

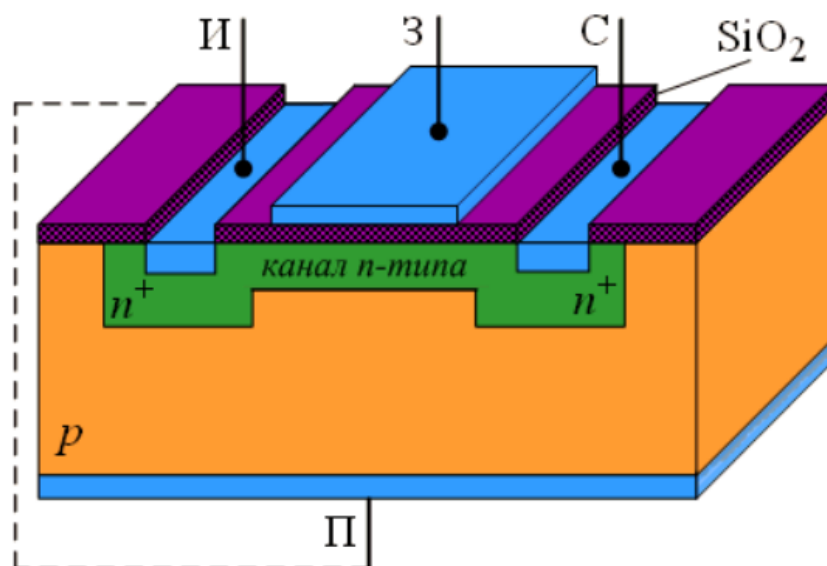
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
QARSHI MUHANDISLIK IQTISODIYOT INSTITUTI

“TEXNOLOGIK JARAYONLARNI AVTOMATLASHTIRISH VA
BOSHQARISH” KAFEDRASI



“Elektron asboblari va integral sxemalar” fanidan

MA'RUZALAR MATNI



Qarshi-2022

“Elektron asboblari va integral sxemalar” fanidan ma’ruza matni / Qarshi muhandislik – iqtisodiyot instituti / katta o’qituvchi S.Xusanov,: Qarshi, 2022.-96 bet.

Tuzuvchilar:	katta o’qituvchi Xusanov S.N. va assistenti Xudayqulov Sh. - “Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va boshqarish” kafedrası
Taqrizchilar:	Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti “Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va boshqarish” kafedrası katta o’qituvchisi, F.D.Jo’rayev TIQMI Qarshi filiali “Umumtexnika” fanlari kafedrası dots. O.Shukurova

“Elektron asboblari va integral sxemalar” o’quv fanidan ma’ruzalar matnida yarimo’tkazgichli elektronika qurilmalarining elementlari ko’rib chiqilgan. Diodlar, tranzistorlarning sinflanishi, volt - amper va boshqa xarakteristikallari, asosiy ulanish sxemalari va ularni turli ishchi rejimlarida aniq bir qurilmalarda qo’llanilish xossalari keltirilgan.

Ma’ruzalar matnida tegishli yo’nalishlarda ta’lim olayotgan talabalar uchun mo’ljallangan.

Ma’ruza matni bajarish uchun uslubiy ko’rsatma “Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va boshqarish” kafedrasining 2022 yil ____ ____dagi ____-sonli, Elektronika va Avtomatika fakulteti Uslubiy komissiyasining 2022 yil ____ ____dagi ____dagi ____-sonli, Institut Uslubiy Kengashining 2022 yil ____ ____dagi ____dagi ____-sonli yig’ilishlarida ko’rib chiqilib tasdiqlangan va o’quv jarayonida foydalanishga tavsiya etilgan.

MUNDARIJA		
Kirish		4
<i>1-MA'RUZA</i>	Tiristorlar	6
<i>2-MA'RUZA</i>	Tiristorlarning qo'llanilishi	9
<i>3- MA'RUZA</i>	Fotodiod va quyosh elementlari	15
<i>4-MA'RUZA</i>	Yorug'lik chiqaruvchi diod	18
<i>5-MA'RUZA</i>	Yarimo'tkazgichli lazerlar	25
<i>6-MA'RUZA</i>	Maydonli tranzistorlar. $P-n$ o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistor	34
<i>7-MA'RUZA</i>	MOYA maydonli tranzistor.	39
<i>8-MA'RUZA</i>	IGBT tranzistorlari	43
<i>9-MA'RUZA</i>	IMS elementlarini izolyatsiyalash. Sxema ichida elektr izolyatsiyalash usullari. Teskari kuchlanish berilgan $p-n$ o'tish bilan izolyatsiyalash	48
<i>10-MA'RUZA</i>	Integral sxemaning faol elementlari: Bipolyar tarnzistor. Integral sxemaning foal elementlari. Integral sxemaning passiv elementlari.....	55
<i>11-MA'RUZA</i>	MDYA – transistor.....	61
<i>12-MA'RUZA</i>	Raqamli texnika asoslari. Mantiqiy IMS parametrlari.....	65
<i>13-MA'RUZA</i>	Nanoelektronika.....	69
<i>14-MA'RUZA</i>	Funksional elektronika rivojlanishinining asosiy yo'nalishlari.....	72
<i>15-MA'RUZA</i>	Optoelktronika.....	76
Ayrim so'zlar izohlari (Glossariy).....		83
“Elektron asboblari va integral sxemalar” fanidan elektron zanjirlarning shartli belgilanishi.....		88
Adabiyotlar		96

Кириш

Elektronika – zamonaviy texnikaning o'lchash va nazorat qilish, avtomatlashtirilgan boshqaruv va rostlash, releli himoya va avtomatika sohalarida, elektr energiyani ishlab chiqarish va uni o'zgartirishda, axborotni yig'ish, qayta ishlash va uzatish jarayonlarida eng universal va samarali vositadir.

Elektronika sohasidagi bilimlarga ega bo'lishni toqozo etuvchi mutaxassisliklar doirasi kengayib bormoqda.

Elektronikaning roli hozirgi paytda yanada ortganligini axborot signallarini qayta ishlash uchun mikroprotsessorli texnikaning va elektr energiyani o'zgartirish uchun kuchli yarim o'tkazgich asboblarning keng qo'llanilishi bilan izohlash mumkin.

Elektron qurilmalar va asboblarning takomillashish darajasi ko'rsatkichi sifatida 1sm^3 hajmdagi elementlar soni (joylashish zichligi) olingan. Elektron qurilmaning asosiy elementi lampalardan iborat bo'lan paytlarda, ularning zichligi $0,3\text{ el/sm}^3$ ga teng. Buni agar zamonaviy EHM bilan taqqoslasak, uning hajmi bir necha ming kub metr bo'lib, uni oziqlantirish uchun esa katta quvvatli energiya manbai zarur bo'lar edi.

40-yillarning ohirida yarim o'tkazgich elementlar (diodlar va tranzistorlar)ning yaratilishi elektron qurilmalarni loyihalashning modullar ko'rinishidagi yangi yo'nalishiga asos bo'ldi. Modul-elementar yacheyka bo'lib, uning o'lchamlari, elementlarni yig'ish va montaj qilish standart ko'rinishda bo'ladi. Bunda elementlar zichligi $2,5\text{ el/sm}^3$ gacha ortgan.

Yarim o'tkazgich asboblari, rezistorlar, kondensatorlar va boshqa elementlarning keyingi takomillashuvi, ularning o'lchamlari kichrayishi mikromodullarni yaratish imkonini berdi. Bunda elementlar zichligi 10 el/sm^3 dan oshdi. Mikromodullar tranzistorli elektronikaning davrini nihoyasiga yetkazdi va integral elektronika yoki mikroelektronika davrini boshladi.

Sxemotexnika nuqtai nazaridan integral elektronika tranzistorli elektronikadan deyarli fark qilmasada, elementlar o'lchamlari juda kichik (tahminan 0,5-1 mkm).

Integral sxemalarni tayyorlash texnologiyasi elementlar zichligini keskin oshirdi va u 1sm^3 da minga yaqin elementni tashkil etdi.

Temir yo'l transporti elektr ta'minoti tizimida va elektr harakat tarkibida elektron yarim o'tkazgich asboblari asosida yaratilgan elektr energiya o'zgartgichlar, avtomatika, telemexanika, releli himoya qurilmalari va hisoblash texnikasi qo'llaniladi. Ulardan foydalanish samarasi texnik xodimlar malakasiga bog'liq. Demak elektr temir yo'llar uchun malakali mutaxassislar tayyorlashda yarim o'tkazgich asboblari xususiyatlarini, ularning xarakteristikalarini, ishlash asoslari va qo'llash shartlarini o'rganish zarur talablardan biri hisoblanadi.

Mazkur ma'ruza matnda yarim o'tkazgichlar elektr o'tkazuvchanligi, elektron-kovak o'tish nazariyasi asoslari, kuchli elektronikaning turli yarim o'tkazgich asboblari ishlash asosi, parametrlari, xarakteristikalarini, konstruksiyalari va ulanish sxemalari bayon etilgan.

Bunday asboblari qatoriga an'anaviy diodlar, bipolyar va maydonli tranzistorlar, oddiy (berkilmas) tiristorlar bilan birga yaqinda yaratilgan berkiluvchi tiristorlar (berkiluvchi ikki operatsiyali tiristor GTO – Gate Turn-Off Thyristor va tezkor ulanuvchi berkiluvchi tiristor GCT – Gate Commutated Turn-Off Thyristor va tiristor IGCT – Integrated Gate Commutated Turn-Off Thyristor) va metall-oksid-yarim o'tkazgich (metall-dielektrik-yarim o'tkazgich) strukturasi orkali boshqariluvchi izolyatsiyalangan tadbali bipolyar tranzistorlar (IGBT – Insulated Gate Bipolar Transistor) kiradi.

1-Ma'ruza: Tiristorlar

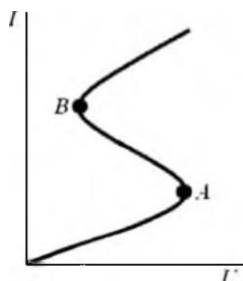
Reja:

1. Umumiy ma'lumotlar.
2. Tiristor tuzilishi va ishlash prinsipi.

1. Umumiy ma'lumotlar

VAXida manfiy differensial qarshilik mavjud bo'lgan, uch va undan ortiq **p-n** o'tishlarga ega ko'p qatlamli yarimo'tkazgich asbob **tiristor** deb ataladi.

Tiristorning VAXida tok ortishi bilan kuchlanish kamayadigan AB soha mavjud (1.1-rasm).



1.1-rasm. Tiristorning S - simon VAXi.

Tiristor ishlaganda ikkita muvozanat holatda bolishi mumkin. Berk holatda tiristor katta qarshilikka ega va undan kichik tok oqadi. Ochiq holatda tiristor qarshiligi kichik va undan katta tok oqadi. Shundnn yarimo'tkazgich asbobning nomi (tira — eshik) qo'yilgan. Tiristorlar radiolokatsiyada, radioaloqa qurilmalarida, avtomatikada manfiy o'tkazuvchanlikka ega yarimo'tkazgich asbob sifatida hamda tok boshqaruvchi kalitlar, energiya o'zgartgichlarning bo'sag'aviy elementlari sifatida yoki boshlang'ich holatda energiya iste'mol qilmaydigan asbob - triggerlar sifatida keng ishlatiladi.

Tiristorlar chiqishlari soniga qarab diodli (**dinistor**), triodli (**trinistor**) va **tetrodli tiristorlarga** bo'linadi va to'rt qatlamli **p-n-p-n** tuzilmadan mos ravishda chiqarilgan ikki, uch va to'rt chiqishga ega bo'ladi. Tuzilma chekkasidagi **p** qatlam **anod** (A), **n** qatlam esa **katod** (K) deb nomlanadi. Anod va katod orasidagi **n-** va p-

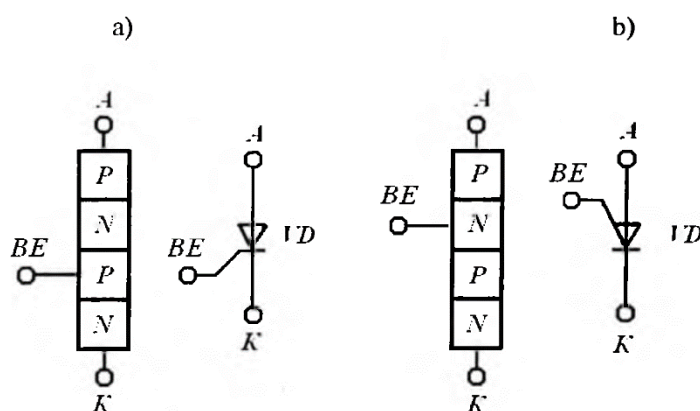
sohalar **baza** deb ataladi, ularga o'rnatilgan elektrodlar esa **boshqaruvchi elektrodlar** deb ataladi

Diodli va triodli tiristorlar tokni faqat bir tomonlama o'tkazadi. Bu o'z navbatida, tiristorlarning o'zgaruvchan tokni boshqarish imkoniyatini cheklaydi. O'zgaruvchan tok zanjirlarida ikki tomonlama kalit sifatida **simistor** (simmetrik tiristor) ishlatiladi. Simistor **triak** deb ham ataladi. Simistor **p-n-p-n-p** tuzilmaga va bir yoki ikki boshqaruvchi elektrodga ega.

2. Tiristor tuzilishi va ishlash prinsipi

Tiristor dinistorga o'xshash tuzilmaga ega bo'lib, baza sohalaridan biri boshqaruvchi bo'ladi. Agar bazalardan biriga boshqaruvchi tok berilsa, mos tranzistoming uzatish koeffitsienti ortadi va tiristor ulanadi.

Boshqaruvchi elektrod (BE) joylashgan sohasiga mos ravishda tiristorlar katod bilan va anod bilan boshqaruvchilariga ajratiladi. BE laming joylashishi va tiristorlarning shartli belgilanishi 1.2-rasmda keltirilgan.

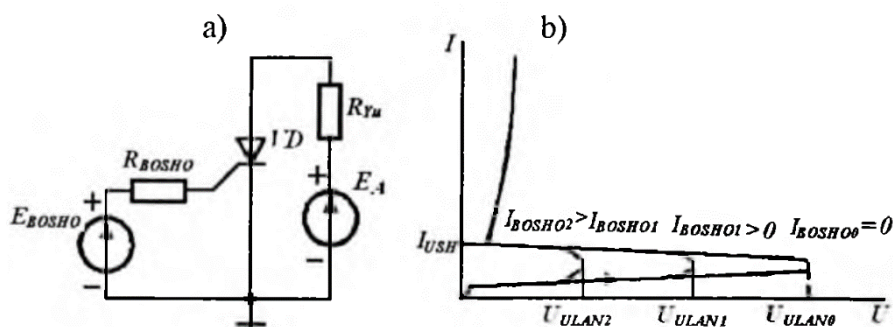


1.2-rasm. Katod (a) va anod (b) orqali boshqariluvchi tiristor tuzilmasi va shartli belgilanishi.

BE ga signal berilganda yopiluvchi tiristorlar ham mavjud. Bunday tiristorlarning BE toki tiristor uzilayotganda asosiy kommutatsiyalanayotgan tokka qiymat jihatdan yaqinlashgani uchun chegaralangan hollarda qo'llaniladi.

Tiristorning ulanish sxemasi va VAXsi 1.3-rasmda keltirilgan. Tiristorning dinistordan farqi shunda-ki, ulanish kuchlanishi BE zanjiridagi tokni o'zgartirib

rostlanadi. Shunday qilib, tiristor ulanish kuchlanishi boshqariladigan dinistorga ekvivalent



1.3-rasm. Tiristorning ulanish sxemasi (a) va VAXi (b).

Tiristor ulangandan so'ng BE boshqarish xususiyatini yo'qotadi, natijada u yordamida tiristorni o'chirib bo'lmaydi. Tiristorning o'chirish sxemalari dinistornikidek.

Dinistor va tiristorlarning asosiy statik parametrlari quyidagilardan iborat:

- ruxsat etilgan teskari kuchlanish U_{TES} ,
- berilgan to'g'ri tokda ochiq holatdagi asbobdagi kuchlanish pasayishi $U_{TO'G'}$;
- ruxsat etilgan to'g'ri tok I_{YUK}

Dinistor va tiristorlar asosan o'zgarmas va o'zgaruvchan toklarni qayta ulovchi sxemalarda elektron kalit sifatida qo'llaniladi.

Nazorat uchun savollar

1. Tiristorlarning vazifalari nimadan iborat?
2. Tiristorning tuzilishi va ishlash asosini tushuntiring.
3. Tiristorning volt - amper xarakteristikasi kandy qismlardan iborat?
4. Tiristorning ish rejimlarini grafik usulda qanday aniqlanadi ?

2-Ma'ruza: Tiristorlarning qo'llanilishi

Reja:

1. Tiristor orqali boshqariluvchi to'g'rilagichlarni prinsipial sxemasi.
2. Ishlash prinsipi va vaqt diagrammasi

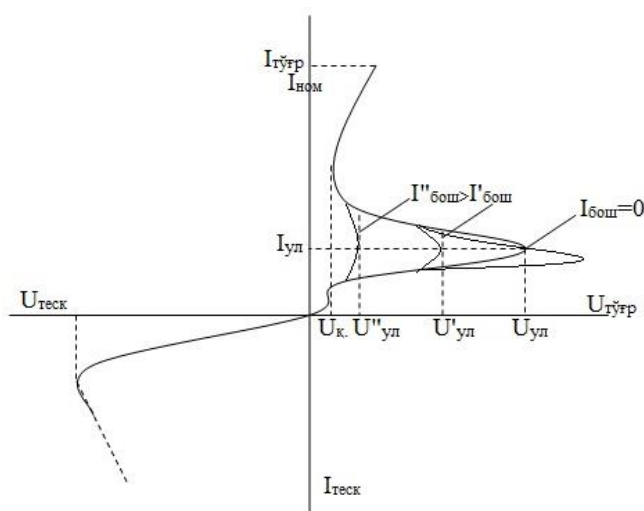
Tayanch so'zlar: tiristor, prinsipial sxema, vaqt diagrammasi, ulanish vaqti, boshqariluvchi qurilma.

Ko'p xollarda to'g'rilagichlardan o'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmas kuchlanishga aylantirish bilan bir qatorda o'zgarmas kuchlanishni ravon o'zgartirish talab qilinadi. Bunday o'zgartirish to'g'rilagichni o'zgaruvchan kuchlanish qismida xam amalga oshirish mumkin va o'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmas kuchlanishga aylantirilayotgan jarayonda xam amalga oshirish mumkin. To'g'rilagichni o'zgaruvchan kuchlanish qismida transformatorlar, avtotransformatorlar orqali amalga oshiriladi.

O'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmas kuchlanishga aylantirish jarayonida kuchlanishni ravon o'zgartirish tiristor orqali amalga oshirish ancha tejamkor usul hisoblanadi. Tiristor to'rt qatlamli yarim o'tkazgichli asbob bo'lib, uchta ketma – ket to'siq zonali p – n o'tishdan iborat. Tiristor ventil xususiyatga ega, ya'ni elektr tokini bir tomonga o'tkazuvchi xususiyatga ega bo'lib ikkita turg'un holatda ishlaydi: yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan holatda (tiristor ochiq) va past o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan holatda (tiristor yopiq) ishlaydi.

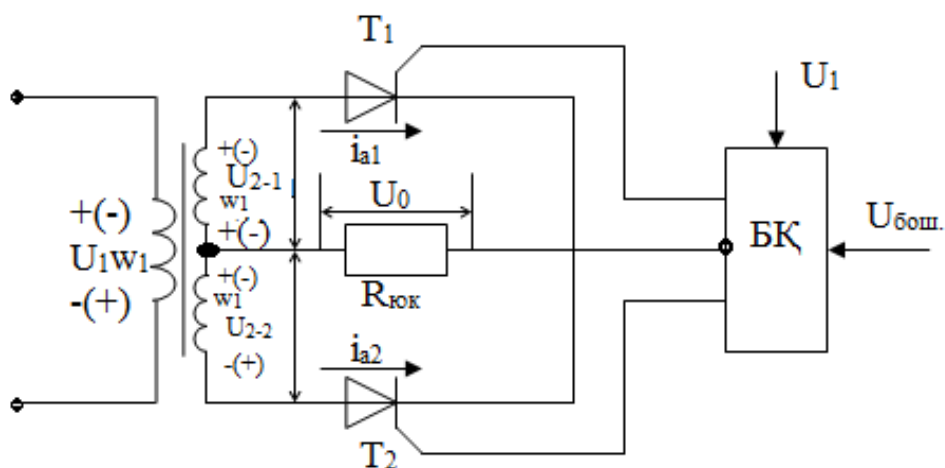
Tiristorning yopiq xolatdan ochiq xolatga o'tishi uchun tashqaridan qo'shimcha energiya berish kerak. Bunday energiyaga elektr energiyasi (kuchlanish yoki tok) va yorug'lik energiyasi kiradi. Bu energiyalar boshqariluvchi elektrod orqali tiristorning chapdan hisoblaganda uchinchi qatlamiga katodga nisbatan musbat potensial beriladi. Bu potensial o'rtadagi to'siq zonani kompensatsiyalab asosiy zaryad tashuvchilarning to'siqdan ertaroq o'tishiga va zanjirdan tok oqimini oqishiga olib keladi. Tiristorni yopiq holatdan ochiq xolatga o'tishi juda tez bo'ladi, ya'ni 15 – 20 mksekundda ochiladi. Tiristorning birdaniga

ochilishi va undan tok o'tishi natijasida qurilmaga xavf tug'dirmaslik uchun tiristorga induktiv g'altak ketma – ket ulanadi. Tiristorning ulanish kuchlanishi boshqaruvchi elektrodga berilayotgan tokning amplitudasiga bog'liq 2.1 – rasmda tiristorning volt – amper xarakteristikasi $I_{bosh}=0$ bo'lganda va $I_{bosh}>0$ bo'lganda berilgan.



2.1- rasm.

Bir taktli ikki fazali tiristor orqali boshqariluvchi to'g'rilagichning (2.2 – rasm) ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz. Ikki yarim davrli nol chiqishli to'g'rilagichning D_1 va D_2 ventillarini tiristor T_1 va T_2 bilan almashtiriladi. Boshqaruvchi qurilma (BQ) ning chiqishi tiristorning boshqaruvchi elektrodiga (BE) ulanib boshqaruvchi tok beriladi va to'g'rilanayotgan kuchlanish impuls toki bilan fazalari mos tushadi.

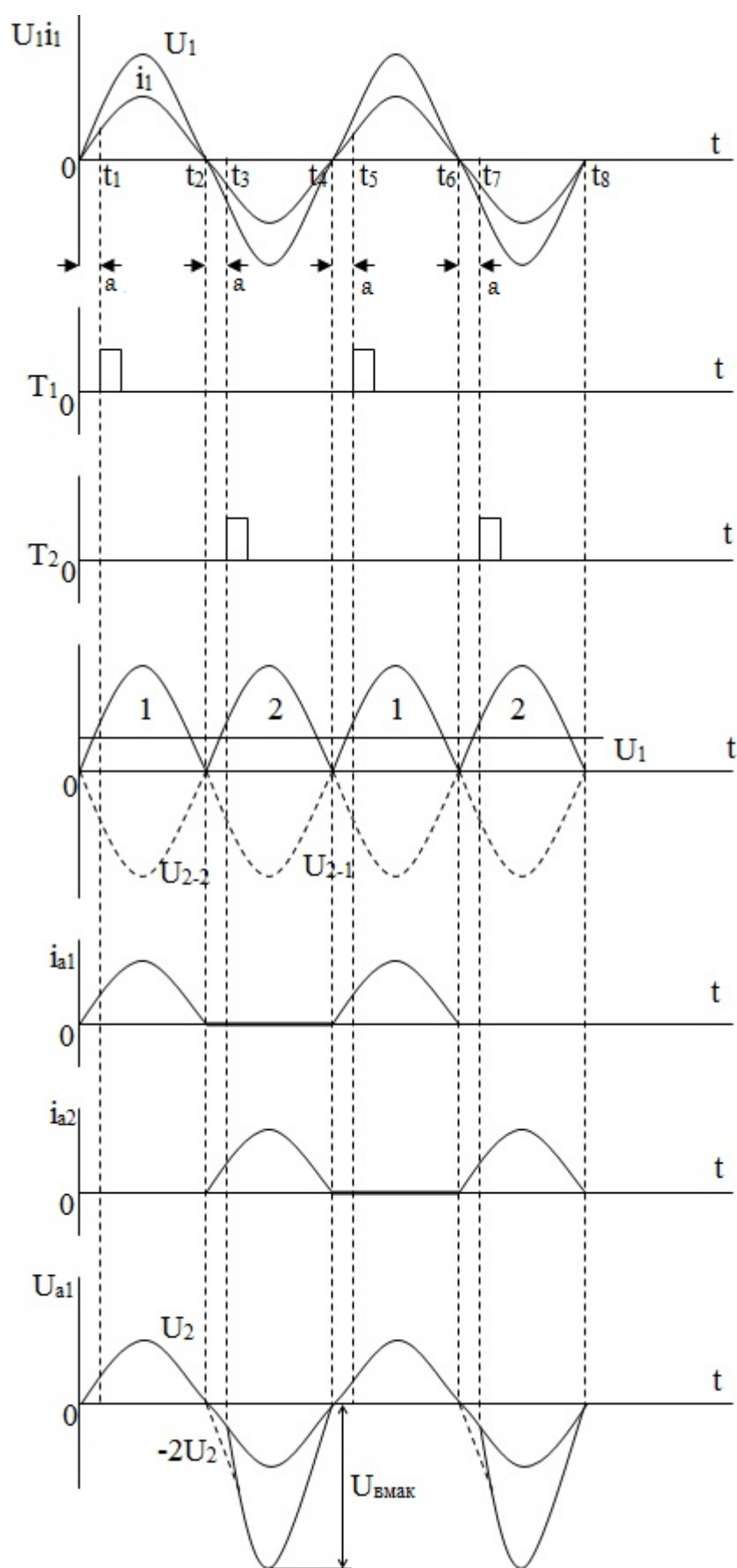


2.2- rasm.

Tiristorlarga transformatorning ikkilamchi cho'lg'amidagi kuchlanishlar yig'indisi o'rnashgan bo'ladi. T_1 ga kuchlanishning to'g'ri yo'nalishi T_2 ga teskari yo'nalishi to'g'ri keladi. Ochiq teristordagi kuchlanish $(U_{2-1} - U_{2-2})/2 = U_2$ ga teng bo'ladi.

I_6 tokning fazasi BQ orqali U_{2a} va U_{2b} larga nisbatan siljiriladi. Tiristor T_1 va T_2 ga to'g'ri kuchlanish va I_6 tok impuls berilganda tiristorlar ochiladi. Tiristorning kechikib ochilish burchagi ventil B_1 va B_2 ochilish vaqti bilan tiristorning kechikibroq ochilgan vaqti orasidagi faza burchagi xisoblanadi va α bilan belgilanadi. Agarda $\alpha > 0$ bo'lsa, BE ga kelayotgan impuls toki I_b ventilning ishga tushish vaqtidan kechikkanligini ko'rsatadi, ya'ni $t=0$ dan $t_1 = \alpha$ gacha tiristor ochilmaydi va undan tok o'tmaydi yuklama R_{yuk} dagi kuchlanish nolga teng bo'ladi (2.3 – rasmi)

$t_1 = \alpha$ bo'lganda tiristor T_1 ochiladi (I_6 yordamida) va U_0 birdaniga o'sib U_2 ra teng bo'ladi. tiristor T_1 dan oqadigan tok $i_{a1} = \frac{U_0}{R_{yuk}}$ ga teng bo'ladi. T_1 yopiq bo'lgan holatda tiristordagi kuchlanish U_{a1} ga teng bo'ladi. Manbadan kelayotgan kuchlanish $t_2 = \pi$ bo'lganda tiristor T_1 ning toki ham nolga teng bo'ladi va tiristor yopiladi.



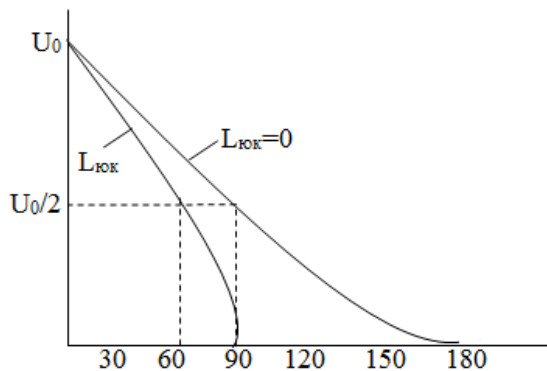
2.3- расм

$t_2 = \pi$ bo'lganda manba kuchlanishining yo'nalishi teskariga o'zgaradi va t_2 - t_3 oralig'ida ikkala tiristor xam yopiq xolda bo'ladi. T_1 tiristorga teskari T_2 тиристору to'g'ri kuchlanish to'g'ri keladi va U_2 bilan aniqlanadi.

$t_3 = \pi + \alpha$ nuqtasida T_2 ga БК orqali tiristorni ochuvchi I_6 toki beriladi va T_2 ochiladi. Kuchlanish $U_0 = U_{2-2} = U_2$ ga teng bo'ladi. Tiristor T_2 dan va yuklamadan oqqan tok $i_0 = ia_2 = \frac{U_0}{R_{\text{юк}}}$ ga teng bo'ladi. $t_3 - t_4$ oralig'ida T_2 tiristor ochiladi va tok o'tadi. T_1 tiristor esa teskari kuchlanish $2U_2$ ta'sirida bo'ladi. Yopiq tiristorning teskari kuchlanishining maksimal qiymati $U_{B \max} = 2\sqrt{2} \cdot U_2$ ga teng bo'ladi. U_2 – ta'sir etuvchi kuchlanish.

Bu jarayon keyingi yarim davrlarda ham shunday davom etadi. Transformatorning ikkilamchi cho'lg'amidagi tok tiristorlar T_1 T_2 dan oqadigan tokka o'xshagan bo'ladi. transformatorning birlamchi cho'lg'amidan oqadigan i_1 tok, transformatorning ikkilamchi chulg'amidan oqadigan tok bilan transformatsiya koeffitsiyenti $n = \frac{W_1}{W_2}$ orqali bog'langan bo'lib, α oralig'ida bo'shliq paydo bo'ladi. Uning birinchi garmonikasi manba kuchlanishidan faza bo'yicha orqada qoladi. O'rganilgan fizik jarayondan shuni xulosa qilish mumkinki α ni o'zgartirish natijasida chiqish kuchlanishini siljitish mumkin.

Agarda $\alpha = 0$ bo'lsa, chiqish kuchlanishi boshqarilmaydigan to'g'rilagichning chiqish kuchlanishiga teng bo'ladi, ya'ni $U_0 = 0,9 U_2$ (maksimal qiymatga).



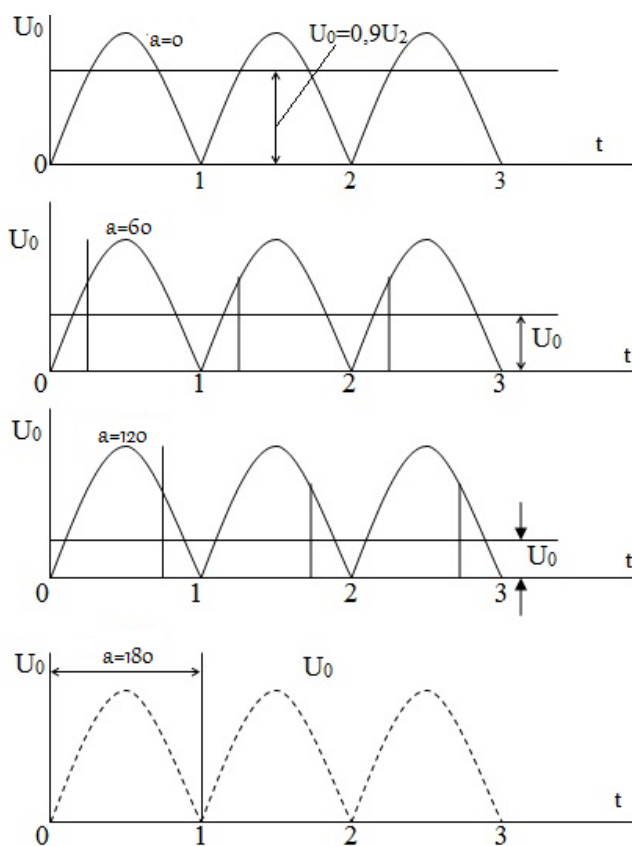
2.4- rasm.

Agarda $\alpha = \pi$ ga teng bo'lsa, $U_0=0$ ga teng bo'ladi.

Shunday qilib, boshqariluvchi ventilli to'g'rilagichlarda $\alpha = 0$ dan to 180° gacha o'zgarganda, U_0 maksimal qiymatdan nolgacha kamayadi. Chiqishdagi kuchlanish U_0 bilan α orasidagi bog'lanish siljish xarakteristikasi deyiladi.

2.4 – rasmda boshqariluvchi vintelli to'g'rilagichning ($L_{yuk}=0$ da va yuklama induktiv xarakterga ega bo'lganda) siljish xarakteristikasi keltirilgan.

2.5 – rasmda aktiv yuklamali bir fazali to'g'rilagichning chiqish kuchlanishi va boshqaruvchi burchak α ning turli qiymatlardagi xarakteristikasi keltirilgan.



2.5-rasm

Nazorat savollari

1. Tiristor nechta yarim o'tkazgichli kristalni birlashuvidan tashkil topgan?
2. Tiristor qanday xususiyatga ega?
3. Tiristorni yarim o'tkazgichli dioddan qanday afzalligi bor?
4. Tiristor qayerda ishlatiladi?

3-Ma'ruza: Fotodiod va quyosh elementlari

Reja:

1. Fotodiod va quyosh elementlari.
2. Nazorat savollari

Tayanch so'zlar: fotogalvanik element, parallel ulash, quyosh batareyasi, foto e.d.s., fototok.

Elektr energiyasini noan'anaviy usulda ishlab chiqarish rivojlanib bormoqda, chunki yoqilg'ini isrof qilmasdan elektr energiyasini olish istiqboli porloq usul hisoblanadi.

Shamoldan foydalanib elektr energiyasini olish. Organik moddalardan moddalarning kimyoviy reaksiyasi natijasida hayvon chiqindilaridanva quyosh nuridan foydalanib elektr energiyasini olish mumkin.

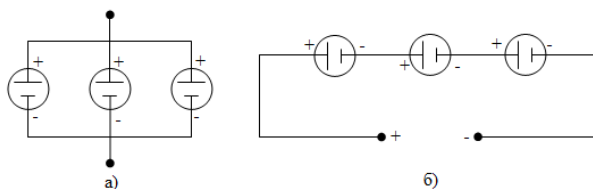
Bularning ichida quyosh nuridan foydalanib energiya olish qulay usuldir.

Quyosh nuri keng diapazon chastotali elektromagnit energiyasi bo'lib, ko'z bilan ko'rinadigan to'lqin uzunligi $\lambda = 0,38 \div 0,78 \text{ mkm}$.

Quyosh nurini elektr energiyasiga o'zgartirib beradigan elementlarga fotogalvanik elementlar deyiladi. Fotogalvanik elementlarning materiali selen, kremniy va rasenid galliy hisoblanadi. Selen va kremniydan tayyorlangan fotogalvanik elementdan 0,45÷0,6 B gacha, arsenid galliydan tayyorlangan fotogalfanik elementdan 0,87 B gacha chiqish kuchlanishi olish mumkin.

Fotogalvanik element quyidagicha tayyorlanadi: ikkita yupqa kremniy plastinkasining birida asosiy zaryad tashuvchilar elektronlar (n), asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar kovaklar (p), ikkinchi plastinkada asosiy zaryad tashuvchilar kovaklar (p), asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar elektronlar (n) bo'ladi. Bularni bir – biriga yopishtirsak, o'rta qismida diffuziya natijasida asosiy zaryad tashuvchilari n bo'lgan ristallning chegara qismida musbat qatlam, asosiy zaryad tashuvchilar p bo'lgan kristallning chegara qismida manfiy qatlam hosil bo'ladi, ya'ni kristallarning chegara qismida p – n qatlam hosil bo'ladi.

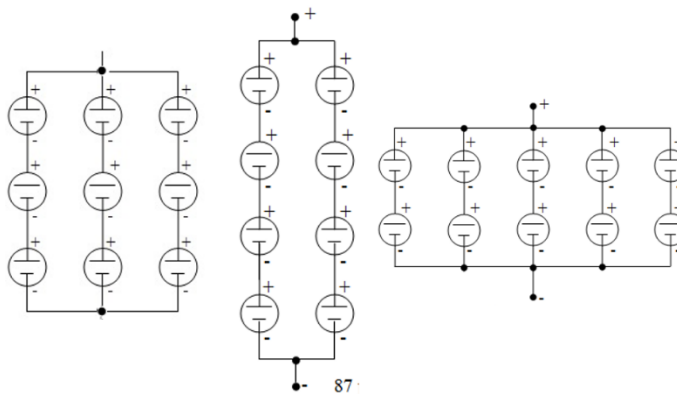
Yorug'lik nuri plastinkaga 90^0 burchak ostida tushsa, n oblastidagi kovaklar r ga, r oblastidagi elektronlar n ga o'tadi. Natijada kristallarda bir xil ishorali zaryadlarning konsentratsiyasi oshadi va potentsiallar farqi hosil bo'lib, E.Y.K.ning oshishiga olib keladi. Kristallarning tashqi qismi orqali zanjir hosil qilinib qarshilik ulansa, zanjirdan fototok I_f oqadi. Fotogalvanik elementning chiqishidagi tok yuzaga tushayotgan yorug'lik nurining quyuqligiga va kristall yuzasining kattalashuviga to'g'ri proporsional. Ammo fotogalvanik yuzasining kattaligiga bog'liq emas. Ko'pincha fotogalvanik elementning chiqishidagi kuchlanish 0,45 V ga teng bo'ladi. Quyosh batareyasidan chiqadigan kuchlanishni oshirish uchun otogalvanik elementlarni bir nechtasini ketma – ket ulash lozim (3.1 – rasm)



3.1- rasm

Tokni oshirish uchun fotogalvanik elementlar parallel ulanadi. Fotogalvanik elementlarning bir nechtasini ketma – ket ulanganda birinchi fotogalvanik elementning manfiy qutbi bilan ulanadi. Fotogalvanik element parallel ulanganda elementlarning qutblari os ravishda ulanadi.

Agar quyosh batareyasida bir vaqtda tok va kuchlanishni oshirish kerak bo'lsa, yuklama uchun kerakli tok va kuchlanish fotogalvanik elementlarni ketma – ket va parallel ulab hosil qilinadi (3.2 – rasm)



3.2-rasm. a,b,v

3.2, b – rasmdagi prinsipial sxema uchun: kuchlanish $U_a=1,35$ V, tok kuchi $I_\phi=0,1$ A bo'lsa, quvvat $P=0,135$ Vt ga teng

3.2, a – rasmdagi prinsipial sxema uchun: kuchlanish $U_a=0,45$ B, tok kuchi $I_\phi=0,3$ A bo'lsa, quvvat $P=0,135$ Vt ga teng

3.2, v – rasmdagi prinsipial sxema uchun: kuchlanish $U_a=1,35$ V, tok kuchi $I_\phi=0,3$ A bo'lsa, quvvat $P=0,405$ Vt ga teng

Quyidagi sxemalarda quyosh elementlaridan $U=1,8$ V, $I=0,2$ A parametrli elektr manba va $U=0,9$ V, $I=0,5$ A elektr manba olish keltirilgan.

Fotogalvanik elementlar bulutli kunlarda va qorong'u tushganda elektr toki ishlab chiqarmaydi. Shuning uchun ularni elektr manba akkumulyatorlari bilan parallel ulab ishlatish maqsadga muvofiqdir. Fotogalvanik element elektr energiyasini ishlab chiqarmayotganda akkumulyator batareyasi ishlaydi va yuklamani elektr energiyasi bilan ta'minlaydi.

Fotogalvanik element energiyasi ishlab chiqarayotgan holatda yuklamali elektr energiyasi bilan ta'minlash bilan bir qatorda, akkumulyatorni ham zaryadlashi mumkin. Buning uchun fotogalvanik batareya, akkumulyator va yuklama parallel ulanadi. Quyosh batareyasini ishlatish qulay, xavfsiz, ekologik toza, biroq fotogalvanik elementlarni tayyorlash texnologik jixatdan qimmatroq xisoblanadi. Ammo vaqt o'tishi bilan albatta o'zini oqlaydi, chunki O'zbekiston sharoitida quyoshli kunlar juda ko'p. Shuning uchun million donalab fotogalvanik elementlar ishlab chiqaradigan sanoat korxonasini qurish va ishga tushirish maqsadga muvofiq.

Nazorat savollari

1. Qanday qilib quyosh batareyasining quvvatini oshirish mumkin?
2. Fotogalvanik elementni parallel ulaganda qaysi elektr parametri oshadi?
3. Fotogalvanik elementni ketma – ket ulaganda qaysi elektr parametri oshadi?

4-Ma'ruza: Yorug'lik chiqaruvchi diod

Reja:

1. Yorug'lik diodi (YOD).
2. Sirtidan nurlantiruvchi va yonidan nurlantiruvchi yorug'lik diodlari.
3. Yorug'lik diodlarining tavsif va parametrlari.

Yorug'lik diodini tayyorlashda yorug'likni oson nurlantiradigan, *GaAs*, *GaAlAs*, *InGaAsP*, *GaP*, *SiC* kabi to'g'ri zonali yarim o'tkazgich materiallardan foydalaniladi. Agar 3-4 turdagi elementlardan foydalanilsa, komponentlarning o'zaro nisbatiga mos holda taqiqlangan zona Yeq energiyasi o'zgaradi. Bu bilan turli to'lqin uzunliklarini nurlantiruvchi manbalarni yaratishga imkon tug'iladi. Komponentlarning o'zaro nisbatini o'zgarishidan sindirish koeffitsiyenti ham o'zgaradi.

Uch elementli kimyoviy birikmalar quyidagicha tasvirlanishi mumkin:

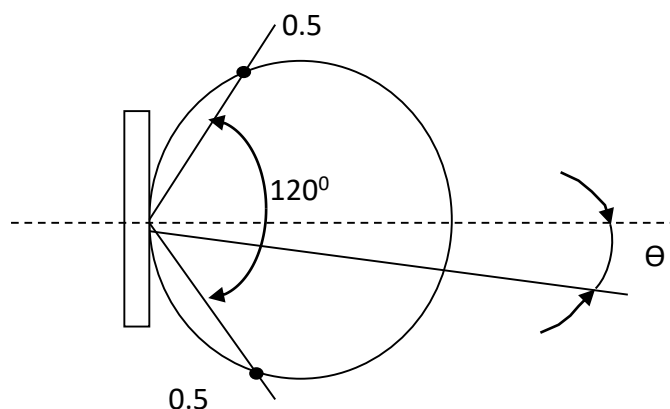


bu yerda x – komponent qism (molyar massa).

p-n o'tishli turli materiallardan tuzilgan bunday yarim o'tkazgichlar geterotuzilish yoki geteroo'tish deyiladi.

- YOD larning parametrlari:
- nurlanishning to'lqin uzunligi λ ,
- nurlanish spektrining kengligi $\Delta\lambda$,
- nurlanish quvvati P_{nur} ,
- noasosiy zaryad tashuvchilarning yashash vaqti τ va
- nurlanish quvvatining yo'nalganlik diagrammasi Θ .

YOD yo'nalganlik diagrammasi kengligi yuza tekisligida 1200 ni tashkil etadi (4.1-rasm)



4.1-pacm. Yorug'lik diodining yo'nalganlik diagrammasi.

Optik tolaga kiritish mumkin bo'lgan maksimal quvvat P_c , sonli aperturadan aniqlanadi va quyidagi formuladan xisoblanadi:

$$P_c = P_o (NA)^2$$

P_o - manba uchun to'liq nurlanish quvvati.

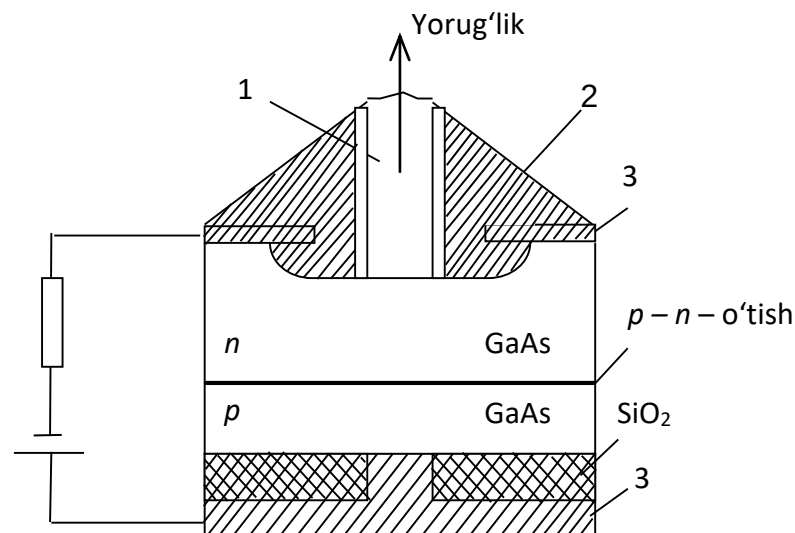
YODdan optik tolaga kiritiladigan quvvat, uning sonli aperturasi kvadratiga proporsional. NA qiymati 0,15...0,24 oraliqda tanlanadi. Agar $NA=0,2$ ga teng bo'lsa, unda tolaga kiritish samaradorligi 4% dan oshmaydi, bu quvvatni 14 dBga yo'qotilishiga mos keladi.

Shu tariqa YODdan foydalanish nurlanishni tolaga samarali kiritish muammosini yuzaga keltiradi. Bu muammo nurlanishni tolaga kiritishni yuqori koeffitsiyentini ta'minlovchi maxsus yorug'lik diodlarini qayta ishlash, shuningdek mikrolinzalarni qo'llash yordamida hal qilinadi.

YODni asosiy ikki turi mavjud:

1. *Sirtan nurlantiruvchi YOD,*
2. *Yonidan nurlantiruvchi YOD.*

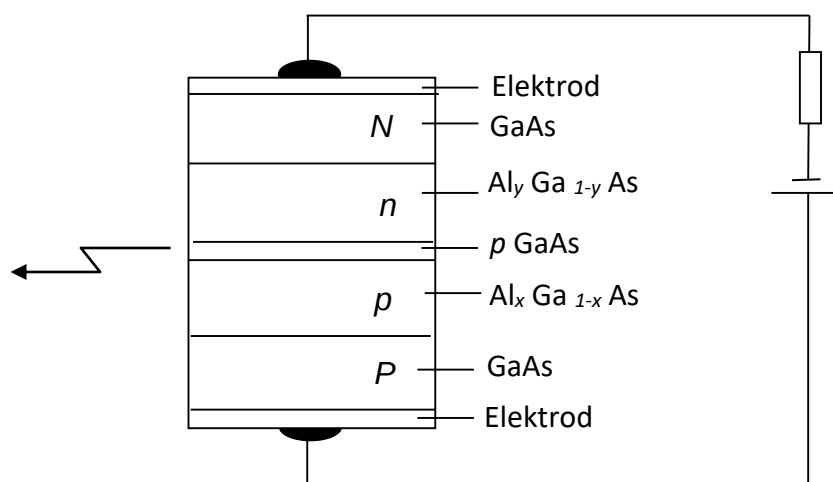
OA tizimlarida qo'llaniladigan GaAs asosidagi sirtan nurlantiruvchi YODning odatiy tuzilishi ko'rsatilgan 4.2-rasmda ko'rsatilgan.



4.2-pacm. Sirtidan nurlantiruvchi YOD tuzilishi: 1-optik tola; 2-yopishtiruvchi tarkib; 3-elektrod.

Optik tola bilan fizik moslashuv va yorug'likni kuchli yutilishini oldini olish uchun GaAs li soxaga chuqurcha o'yiladi. Nurlanuvchi sirt yuzasi nisbatan kichik o'lchamli ($d \approx 50$ mkm) bo'lib, optik tola diametriga mos ravishda tanlanadi. Nurni optik tolaga kiritishdagi yo'qotishlar moslashtiruvchi qurilma qo'llanilmagan xolda tolani NA sonli aperturasiga bog'liq bo'ladi va 14...20 dB ni tashkil etadi. Moslashtiruvchi qurilmalarni qo'llash bu yo'qotishlarni kamaytirishga imkon beradi.

Yonidan nurlantiruvchi YOD tuzilishi 4.3-rasmda ko'rsatilgan. Yonidan nurlantiruvchi(yonidan nurlantiruvchi) YOD larda ikkitalik geterotuzilish ishlatiladi.

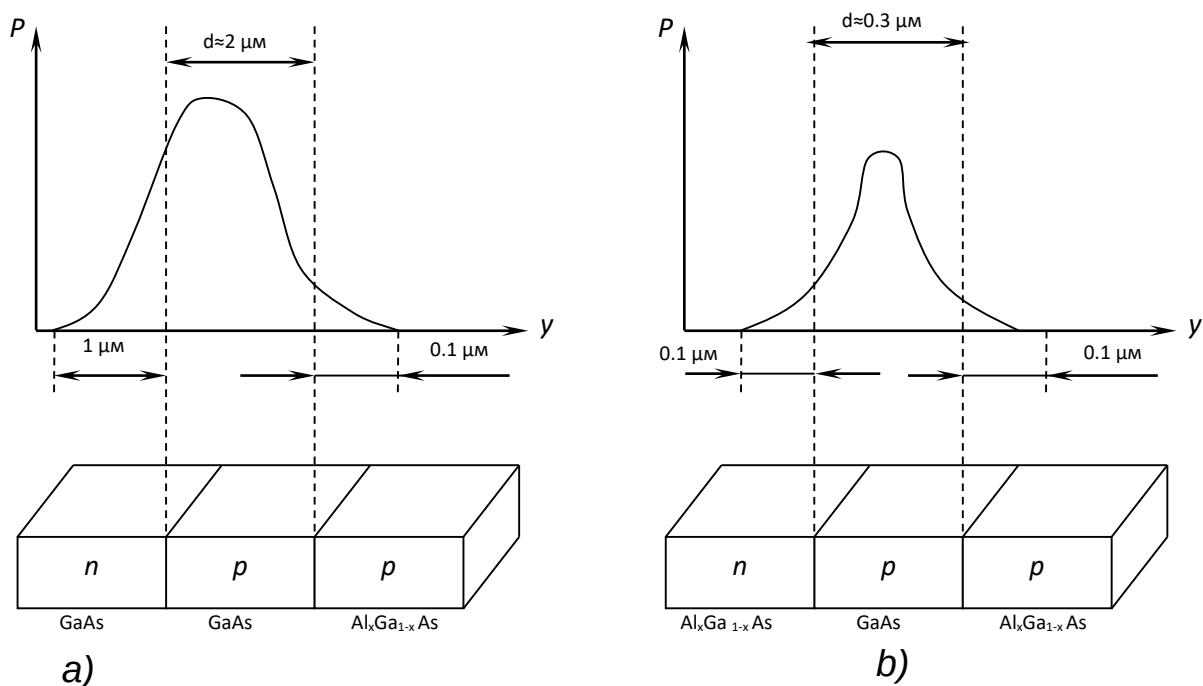


4.3-rasm. Yonidan nurlantiruvchi YOD ning tuzilishi.

4.4 a va b rasmlarda mos ravishda bir tomonlama chegarali geterotuzilish BGT va ikki tomonlama chegarali geterotuzilish IGT ko'rsatilgan. BGTli YOD larda to'g'ri siljitish ta'sirida elektronlar p-n o'tish orqali injeksiyalanadi, so'ng p(GaAs) - p($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$) o'tishni potensial baryeri bilan tutib qolinadi.

Nurlanish rekombinatsiyasi ko'pincha d qalinlikli aktiv soxada ro'y beradi.

IGT ancha yuqori xususiyatlarga ega. Bunday tuzilishda aktiv nurlanish rekombinatsiyasi (4.4-rasm) o'ng va chapdagi potensial baryerlar evaziga p-soxada (GaAs) kuzatiladi va nurlanishni amalda d soha doirasida yuzaga kelishiga yordam beradi.



4.4-rasm. Bir (a) va ikki tomonlama (b) chegarali geterotuzilishlar.

Yonidan nurlantiruvchi BGT va IGTlarni ishlatish nurlanishni yuzada tarqalishini kamaytiradi. Normal p-n o'tishda taxminan 300 gacha kamaytiradi.

Sirtidan nurlantiruvchi YOD larga nisbatan yonidan nurlantiruvchi YOD larni nurlanish quvvati 2-5 marta kichik bo'ladi. Biroq, yonidan nurlantiruvchi

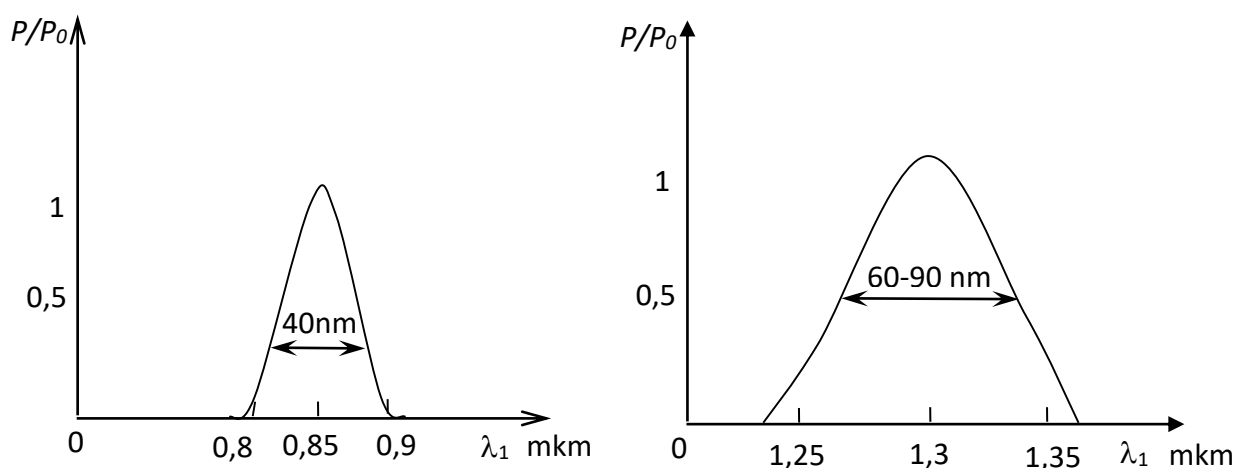
YOD da yo'nalganlik diagrammasining torligi evaziga nurni optik tolaga kiritishda yo'qotishlar kam bo'ladi va NA ga bog'liq ravishda 10...16 dB ni tashkil etadi.

YOD larda nurlanish quvvati 0,01...0,1 mVt ga teng.

Yorug'lik diodi quyidagi asosiy xarakteristikalar bilan tafsivlanadi:

- volt – amper xarakteristikasi;
- vatt – amper xarakteristikasi;
- spektral xarakteristikasi.

4.5-rasmda YOD ning nurlanishining spektral xarakteristikasi berilgan. Sirtan nurlantiruvchi YOD da $\lambda=0,85$ mkm da nurlanish spektri kengligi $\Delta\lambda=40$ nm ga, nurlantiruvchi kesimli YOD da $\lambda=1,3$ mkm da nurlanish spektri kengligi $\Delta\lambda=90$ nm ga teng.



4.5-rasm. Sirtan nurlantiruvchi va yonidan nurlantiruvchi YOD ning nurlanish spektrlari.

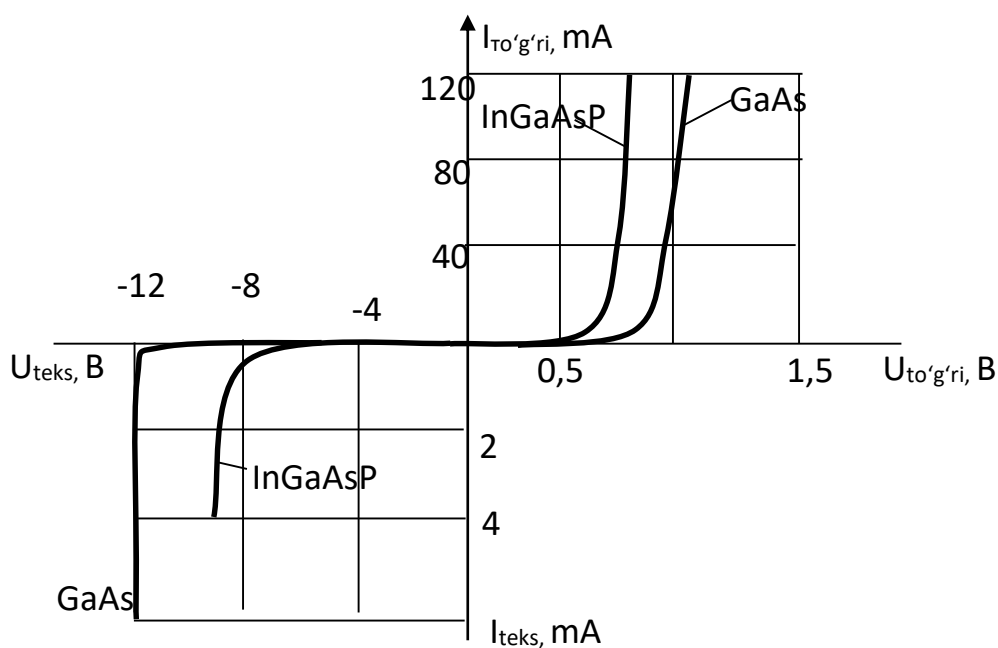
YOD ni eng muhim parametrlari bu uning ishonchliligi va xizmat qilish muddatlaridir. Yorug'lik diodlaridan uzoq vaqt foydalanish natijasida nurlanish quvvati kamayadi. Xarorat 10-20⁰ S ga oshsa, xizmat muddati ikki barobar qisqaradi. Aloqa tizimlarida foydalanish uchun xizmat muddati yer aloqa liniyalari uchun 10⁵ soatni va suv osti aloqa liniyalari uchun 10⁶ soatni tashkil etishi kerak.

YOD lar uchta tiniqlik oynalari 850, 1310 va 1550 nm da ishlatish uchun ishlab chiqariladi. Lekin, ular ko'proq 850 va 1310 nm da qo'llaniladi. YOD larni ishlab chiqarish lazer diodlariga qaraganda arzon.

YOD larning asosiy parametrlari

Parametrlari	Birligi	850 nm	1310 nm	1310 nm	1550 nm
Nurlanish spektrining kengligi	nm	40	50	40	60
Chiqishdagi quvvat	mkVt	50	60	20	40
Optik tola yuzagining diametri	mkm	50	50	9	9
Sonli apertura	b/r	0,2	0,2	0,16	0,16

Tuzilishininig taqqosiy soddaligi, yuqori ishonchliligi va nurlanish tavsiflarining temperaturaga kuchsiz bog'liqligi, nurlanish spektrining kengligi (60 nm gacha), nurlantiruvchi chastota oralig'ining torligi (100-200 MGs) va tezkor emasligi sababli YOD lar asosan past tezlikli tizimlarda axborotlarni yaqin masofaga uzatishda qo'llaniladi.



4.6-rasm. Yorug'lik diodining volt – amper xarakteristikasi

Nazorat savollari

1. YOD ning qanday turlarini bilasizlar va ularning farqi nimada?
2. Yorug'lik diodi va uning ish prinsipini tavsiflang.
3. Sirtidan nurlantiruvchi YODning tuzilishi va xususiyatlarini tavsiflang.
4. Yonidan nurlantiruvchi YOD ning tuzilishi va xususiyatlarini tavsiflang.
5. Yorug'lik diodi qanday xarakteristikalar bilan tavsiflanadi?
6. Yorug'lik diodining volt-amper xarakteristikasini tavsiflang.
7. Yorug'lik diodining vatt-amper xarakteristikasini tavsiflang.
8. Yorug'lik diodining spektral xarakteristikasini tavsiflang.
9. Yorug'lik diodining yo'nalganlik diagrammasini tavsiflang. Yorug'lik nurining yo'nalganlik diagrammasini yaxshilash uchun qanday choralar ko'riladi?
10. Yorug'lik diodi nurlanish samaradorligini oshirish va nurlanish quvvatini kichik yuzada mujassamlashtirish uchun qanday usullardan foydalaniladi?
11. Nima sababli geterotuzilishlar qo'llaniladi?
12. Yorug'lik diodining degradatsiya jarayoniga tavsif bering. Bu jarayon qaysi omillar tufayli yuz beradi?
13. Yorug'lik diodining asosiy parametrlarini sanab ko'rsating va ularni qisqacha tavsiflang.
14. Yorug'lik diodining afzalliklari va kamchiliklari nimada? Ularga qisqacha tavsif bering.

5-Ma'ruza: Yarimo'tkazgichli lazerlar

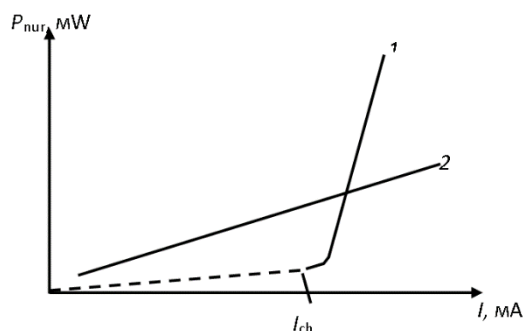
Reja:

1. Lazer diodi (LD), uning tavsif va parametrlari.
2. Lazer diodining turlari: ko'p modali va bir modali lazerlar.
3. Nurlanish manbalarining qiyosiy tavsifi, ularga tashqi omillarning ta'siri.

1. Lazer diodi (LD), uning tavsif va parametrlari

Lazer diodlar (LD) odatda uzoq masofali va yuqori tezlikli (155 Mbit/s dan yuqori) optik tizimlarida qo'llaniladi.

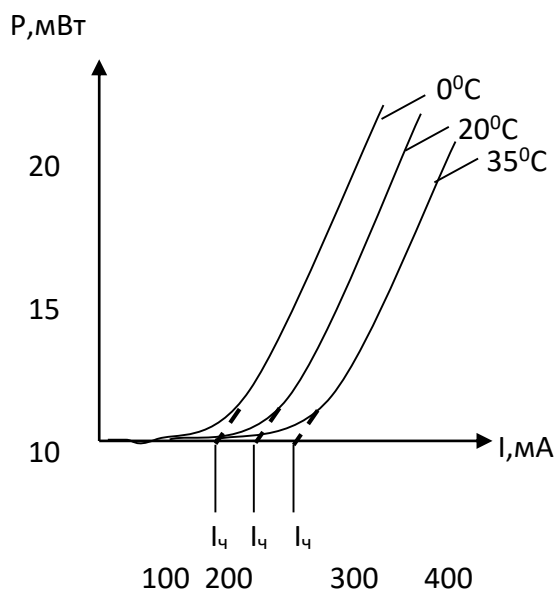
LDlarning tavsiflari. LDlar nurlanish quvvati va uni tashqi injeksiya tokiga bog'liqligi, nurlanishni yo'nalganlik diagrammasi Θ va nurlanish spektri, xizmat muddati bilan tavsiflanadi. LD YOD ga qaraganda tashqi injeksiya tokini katta qiymatlarida ishlaydi. Tashqi injeksiya toki I_u oshib, chegaraviy I_{ch} qiymatga yetgach, generatsiya, qachonki tuzilishdagi yiqotishlar kuchayishlarga teng bo'lganda yoki lazer effekti yuzaga keladi, ya'ni induksiya (majburiy) nurlanish hosil bo'ladi. Nurlanish quvvatini tashqi injeksiya tokiga bog'liqligini LDni vatt-amper xarakteristikasidan ko'rish mumkin. 5.1-rasmda LD va YOD larni vatt-amper xarakteristikalari ko'rsatilgan. Kichik tok qiymatlarida LDda kuchsiz spontan nurlanish yuzaga keladi, u samarasiz yorug'lik diodi sifatida ishlaydi. Yuqorida aytib o'tilgandek, tok qiymati chegaraviy tok I_{ch} qiymatidan oshganda nurlanish quvvati P_{nur} keskin oshib, kogerent majburiy nurlanish hosil bo'ladi. LDning nurlanish quvvati 1-100 mVtni tashkil etadi.



5.1-pacm. Vatt-amper xarakteristikalar: 1 - lazer diodi uchun; 2 - yorug'lik diodi uchun.

Lazer chegaralangan pik quvvatli nurlanish manbai hisoblanadi. Bu damlash tokining katta qiymatlarida quvvatning kamayib borishi bilan bog'liq. I_{ch}

Atrof muhit temperaturasi o'zgarsa, vatt – amper xarakteristikasi suriladi (5.2 – rasm).

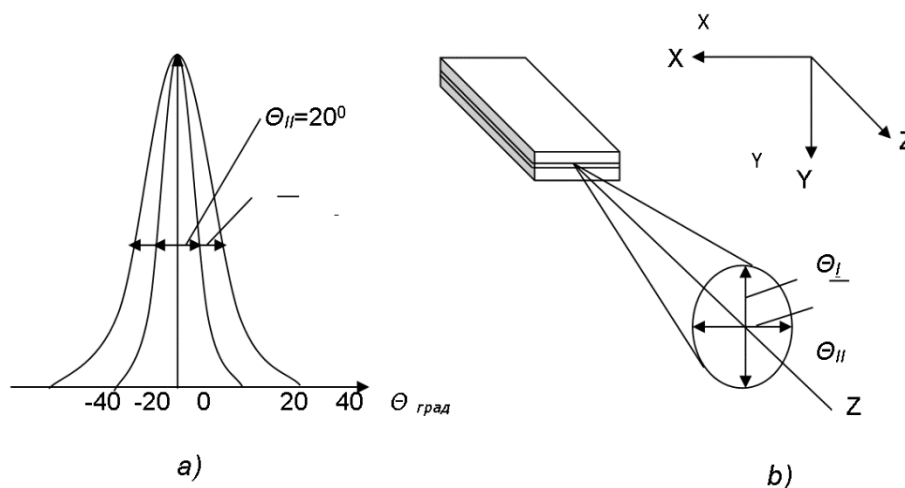


5.2-rasm. Lazer diodning vatt-amper xarakteristikasining temperaturaga bog'liq ravishda yzgarishi.

Bu chegaraviy tok va chiqish quvvati qiymatlarining o'zgarishiga olib keladi.

Bu kamchilikni bartaraf etish uchun kompensatsiyalashning elektr sxemalari, shuningdek mikrosovutgichning ishini boshqaruvchi, termokompensatsiyalash sxemalaridan foydalaniladi.

5.3 – rasmda LD optik nurlanishining yo'nalganlik diagrammasi ko'rsatilgan.



5.3-rasm. Optik nurning lazer dioddagi y'nalganlik diagrammasi: a) parallel va perpendikulyar yuzalardagi nurlanish kengligi; b) yzaro perpendikulyar y'nalishlarda nurlanish quvvatining burchakka bog'liqligi.

Rasmdan ko'rinib turibdiki, lazer nurlanishining diagrammasi nosimmetrik. Quvvatning yarim sathida o'lchanganda uning kengligi o'tishga parallel yuzada 20° dan kichik va perpendikulyar yuzada 40° dan katta (5.3,a-rasm). 5.3,b-rasmda o'zaro perpendikulyar yo'nalishlarda nurlanish quvvatining burchakka bog'liqligi ko'rsatilgan.

Yo'nalganlik diagrammasi ellips konus ko'rinishiga ega. Generatsiyalanadigan nurlanishning yetarli katta yoyilganligi, uni kichik sonli aperaturali optik tolaga samarali kiritishga to'sqinlik qiladi. Buning uchun maxsus moslashtiruvchi qurilmalarni qo'llash talab etiladi.

Magistral aloqa liniyalari kabellari bir modali tolalardan iborat bo'lgani uchun ham LDdan foydalanish kerak. Chunki YOD ga qaraganda LDning nurlanishini yo'nalganlik diagrammasi tor. Bu nurlanishni tolaga kiritishni osonlashtiradi.

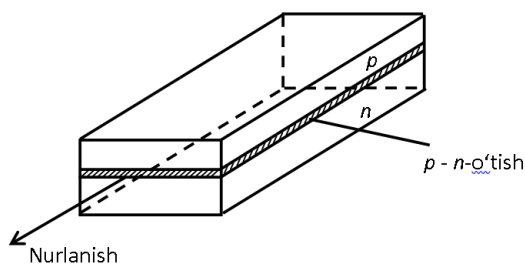
2. Lazer diodining turlari: ko'p modali va bir modali lazerlar.

LDning bir necha turlari mavjud:

- ko'p modali yoki Fabri-Pero rezonatorli lazerlar;
- bir modali lazerlar;
- bir modali taqsimlangan teskari aloqali (DFB) lazerlar;
- taqsimlangan Bregg aks etishli lazerlar;
- tashqi rezonatorli lazerlar.

5.2.1. Ko'p modali yoki Fabri-Pero rezonatorli lazerlar

GaAs yoki InP yarim o'tkazgich turlaridan biri asosida tayyorlangan, kristallning ikki qarama-qarshi ko'ndalang kesimiga perpendikulyar bo'lgan p-n o'tishli oddiy LD tuzilishi 5.4-rasmda tasvirlangan.



5.4-rasm. p-n o'tishli, Fabri-Pero rezonatorli lazer diodi.

Aks ettiruvchi parallel, ko'ndalang yuzalar Fabri-Pero rezonatorlarini tashkil etadi. Tashuvchilar rekombinatsiyasi o'tish tekisligi yaqinida amalga oshadi va Fabri-Pero rezonatorlari hisobiga musbat teskari aloqa hosil qilinadi. Ko'ndalang

yuzalardan aks etish xavoning va yarim o'tkazgichning n sindirish ko'rsatkichlarini farqlanishi bilan tushuntiriladi. Nomaqbul yo'nalishlarda generatsiya yuzaga kelmasligi uchun nurlantirmaydigan yuzalarning g'adir-budirligi ta'minlanib, ularning dag'allashuviga erishiladi.

5.1-расмда ko'rsatilgandek nurlanish manbalarining vatt – amper tavsifida injeksiya toki qiymati chegaraviy qiymatga yetib generatsiya, ya'ni lazer effekti hosil bo'lganda tuzilishda to'liq optik kuchayish to'liq yo'qotishlarga tenglashadi.

To'liq yo'qotishlar uzunlik birligida α koeffitsiyent bilan tavsiflanadigan ichki yo'qotishlardan va ko'zgudan aks etish koeffitsiyentlari p_1 va p_2 bilan aniqlanadigan, rezonator oxirlaridagi yo'qotishlardan iborat. Rezonatorning L uzunligida generatsiyaning yuzaga kelishi uchun, muhit uzunlik birligida quyidagi shart bilan aniqlanadigan S kuchayishga ega bo'lishi kerak:

$$S = \alpha + \frac{20}{L} \lg \frac{1}{\sqrt{p_1 p_2}}.$$

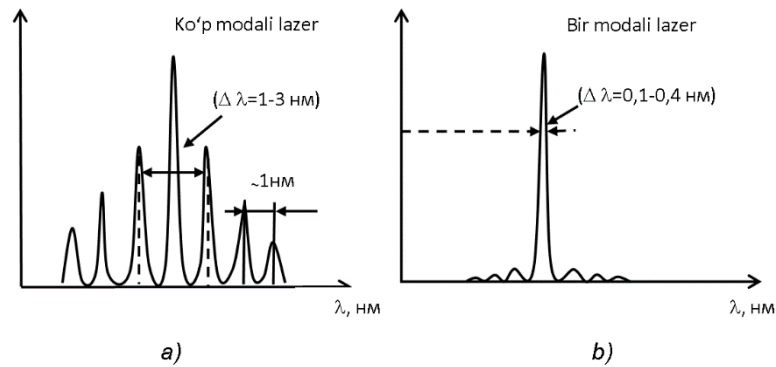
Odatda GaAs asosidagi injeksion lazer uchun $p_1=p_2=0,3$.

Tok zichligining juda kattaligi kristallning ortiq qizib ketishiga va uning tezda buzilishiga olib keladi. Kristall temperaturasi suyuq azot temperaturasigacha kamaytirilganda lazer uzoq muddat xizmat qilishi mumkin.

Tok zichligining tashqi sovitishni talab etmay, kamayishi va boshqa tavsiflarni yaxshilanishi ko'p qatlamli yarim o'tkazgichlar – geterotuzilishlar hisobiga erishilgan. IGT li LDda Ich qiymatini $1...2 \text{ A/sm}^2$ gacha kamayishiga erishiladi.

Fabri-Pero rezonatorli LDlar ko'p modali lazerlar ham deyiladi. Chunki ular bir necha modalarni nurlantiradi (5.5,a-rasm).

5.5,a-rasmdagi katta amplitudali moda – bu to'lqin uzunligining asosiy modasi, kichik amplitudali modalar – yon modalari hisoblanadi. Yon modalar orasi taxminan 1 nm ga teng. Lazer nurlanish modulyatsiyasida nafaqat asosiy moda, shuningdek yon modalar ham modulyatsiyalanadi. Bunday lazerlarda optik nurlanishning to'liq spektr kengligini yarmi $4\text{-}5 \text{ nm}$ ga teng.



5.5-rasm. Lazer diodlarning nurlanish spektrlari: a) - ko'p modali LD nurlanish spektri; b) - bir modali LD nurlanish spektri.

Spektrning kengligi dispersiyani oshishiga olib keladi. Fabri-Pero rezonatorli, ko'p modali lazerlar juda yuqori texnik tavsiflarga ega emas. Lekin tuzilishi sodda bo'lgani uchun narx-samaradorlik nuqtai nazaridan, bunday lazerlar juda yuqori tezliklar talab etilmaydigan OA tizimlarida qo'llaniladi.

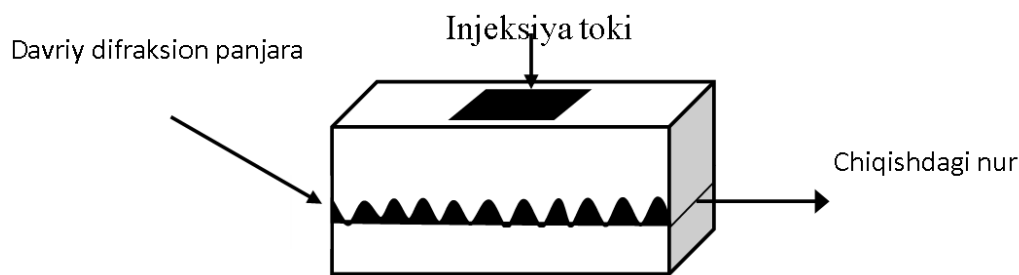
Bir modali lazerlar

Yuqorida aytib o'tilganidek, ko'p modali lazerlarda nurlanish spektrining kengligi dispersiya qiymatini oshishiga olib keladi. Bu kamchilikni bartaraf etish uchun bir modali lazerlardan foydalanish talab etiladi. Bir modali lazerlarda modani o'zini nurlanish spektri tor bo'lib, $\Delta\lambda=0,1-0,4$ nm ni tashkil etadi (5.5,b-rasm). Bundan tashqari, agar bir modali lazer to'g'ri sozlangan bo'lsa, unda birinchi yon moda asosiy modadan juda bo'lmaganda 30 dB ga past bo'lishi mumkin.

Taqsimlangan teskari aloqali yarim o'tkazgich lazerlar

Taqsimlangan teskari aloqali yarim o'tkazgich lazer diodi (TTA-LD, DFB) Fabri-Pero yassi rezonatorining takomillashgan turi bo'lib, ularning ikki qatlami o'rtasida (odatda n-InP va r-InGaAsP qatlamlari o'rtasida) davriy difraksion panjara joylashgan bo'ladi (5.6-rasm).

Bu bilan sindirish ko'rsatkichlarining davriy bir turda emasligi hosil qilinadi, bu esa to'lqin tarqaladigan aktiv soha qalinligini davriy o'zgarishiga olib keladi.



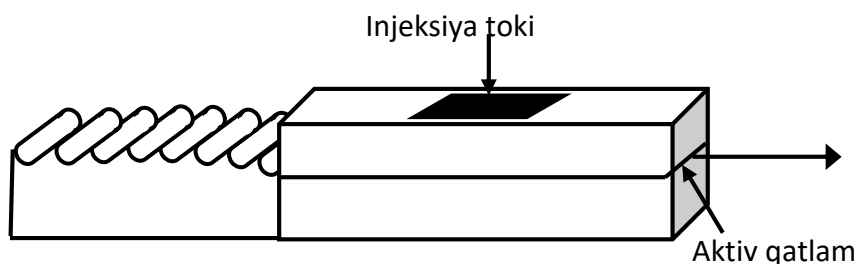
5.6-rasm. Taqsimlangan teskari aloqali yarim o'tkazgich lazer.

Teskari aloqa rezonatorlar yuzasi uzunligi bo'yicha taqsimlangan bo'ladi. Difraksiya panjara qadami bilan aniqlanadigan, qayd etilgan to'lqin uzunliklaridagina teskari aloqa hosil bo'ladi, ya'ni faqatgina panjara davridan qisqa bo'lgan, faqatgina yuqori quvvatli, qisqa spektrli asosiy modalar nurlanadi.

Difraksiya panjara diod ichida joylashgan bu turdagi lazerlarni ishlab chiqarish texnologiyasi murakkabdir.

Taqsimlangan Bregg k'yzguli lazerlar

Taqsimlangan Bregg k'yzguli lazerlarda (TBK-LD, DBRlazerlar) difraksiya panjara aktiv sohadan tashqarida joylashtiriladi (5.7-rasm) [1].



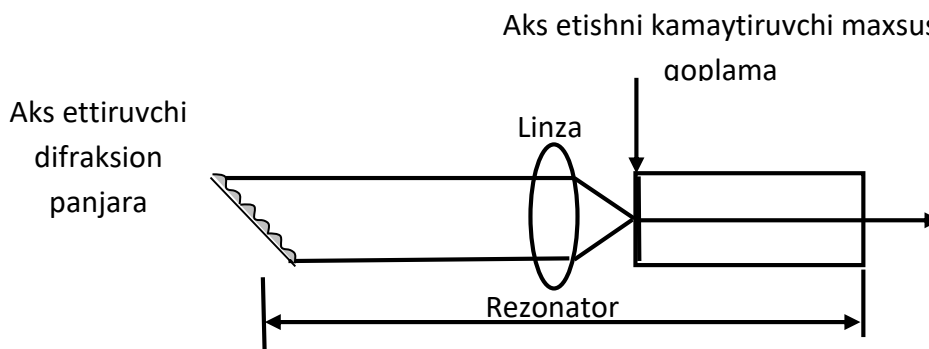
5.7–rasm. Taqsimlangan Bregg k'yzguli lazer.

Taqsimlangan teskari aloqali yarim o'tkazgich lazerlarga nisbatan bunday lazerlarda yagona asosiy modani generatsiyasi odatiy xoldir. Bunday tuzilishli lazerlarda xattoki yuqori tezlikli modulyatsiyada ham modalarni birdan o'zgarishi kuzatilmaydi, aksincha faqatgina bitta asosiy moda hosil bo'ladi. Bu esa taqsimlangan Bregg k'yzguli lazerlarni bir modali optik tolalarda va kanallari to'lqin uzunligi bo'yicha zichlashtirilgan uzatish tizimlarda nurlanish manbai sifatida ishlatilishiga qulaylik yaratadi.

Tashqi rezonatorli lazerlar

Tashqi rezonatorli lazerlarda bir yoki ikkala ko'ndalang yoni aks ettirishni kamaytiruvchi, maxsus qatlam bilan qoplanadi va mos ravishda yarim o'tkazgich

aktiv sohasini atrofida bitta yoki ikkita ko'zgu qo'yiladi. 5.8-rasmda bitta tashqi rezonatorli lazer ko'rsatilgan.



5.8–rasm. Bitta tashqi rezonatorli lazer.

Aks etishni kamaytiruvchi qoplama aks etish koeffitsiyentini taxminan to'rt tartibga kamaytiradi, aktiv qatlamni boshqa ko'ndalang yoni esa 30% gacha yorug'lik oqimini aks ettiradi. Aks ettiruvchi difraksion panjara ko'zgu va difraksion panjaradan tashkil topgan.

Ko'zgu difraksion panjara vazifasini to'ldiradi. Ko'zgu va aktiv element o'rtasida teskari aloqani yaxshilash uchun linza o'rnatiladi.

Aks ettiruvchi difraksion panjaragacha bo'lgan masofani oshirib yoki kamaytirib, shuningdek panjarani burish hisobiga panjara qadamini o'zgartirish orqali nurlanish to'lqin uzunligini bir tekisda o'zgartirish mumkin. Shuning uchun bunday lazerlar sozlanuvchan lazerlar deyiladi. Bu lazerlarda to'lqin uzunligini 30 nm oraliqqacha o'zgartirish mumkin. Tashqi rezonatorli lazerlar to'lqin uzunligi bo'yicha zichlashtirish apparaturalarini va TOA uchun o'lchov qurilmalarini yaratishda juda kerakli hisoblanadi.

3. Nurlanish manbalarining qiyosiy tavsifi, ularga tashqi omillarning ta'siri

Yuqoridagi bayon etilganlardan ma'lum bo'ldiki, yorug'lik manbalari tolali optik uzatish tizimlarining muhim va ajiralmas funksional qurilmasi bo'lgan uzatuvchi optoelektron modulning asosiy elementi vazifasini o'taydilar. Ular yordamida analog yoki raqamli ko'rinishdagi elektr signallari yorug'lik signallariga o'zgartirilib, ularni optik tolaga uzatiladi.

Tolali optik uzatish tizimlarida yorug'lik manbalarining bu talablarga javob beradigan ikki turidan – yorug'lik diodlari va lazer diodlaridan foydalaniladi.

Yorug'lik diodlari spontan, nomonoxromatik (turli xil to'lqin uzunligiga ega bo'lgan, turli fazali) nurlanish manbai, LD esa monoxromatik va kogerent (bir xil

to'liq uzunlikli, bir xil fazali, bir xil tarqalish yo'nalishiga ega bo'lgan) nurlanish manbai bo'lib xizmat qiladi.

Yorug'lik diodlari va lazer diodlarini elektr zanjir elementi sifatida tavsiflovchi volt-amper xarakteristikalarini bir xil (eksponensial) ko'rinishga ega bo'lsa-da ishchi kuchlanish va toklarning qiymatlari turli xil oraliqda yotadilar. Yorug'lik diodlari uchun bu qiymatlar mos ravishda 1-2 B, 50-100 mA oralig'ida, lazer diodlari uchun 2÷5 V va bir necha o'ndan bir necha yuz mA gacha oraliqda yotadi.

Yorug'lik diodining volt-amper xarakteristikasi tok kuchining bir necha o'n mA o'zgarishlari oralig'ida to'g'ri chiziqli ko'rinishga, lazer diodining volt-amper xarakteristikasi esa, tok kuchining nisbatan katta qiymatlari oralig'ida (bir necha o'ndan-bir necha yuz mA gacha oraliqda) nochiqli ko'rinishga va bo'sag'a xususiyatiga ega.

Yorug'lik diodlari va lazer diodlarining spektral xarakteristikalarini kengligi keskin farq qiladi. Yorug'lik diodlari uchun bu kenglik 30÷60 nm ni tashkil etsa, lazer diodlarida u 0.1÷0.4 nm (bir modali lazerlar uchun) gacha oraliqda yotadi. Aynan shu xususiyatlariga ko'ra yorug'lik diodidan kelayotgan signallar optik tolada ko'proq, lazer diodlaridan kelayotgan yorug'lik signallari esa kamroq dispersiyaga uchraydilar. Shu sababdan yorug'lik diodlaridan qisqa uzunlikli optik uzatish liniyalarida (15 km gacha), lazer diodlaridan esa katta uzunlikli uzatish liniyalarida foydalaniladi.

Yorug'lik manbalari nurlanish quvvatining fazoviy taqsimotini tavsiflovchi yo'nalganlik diagrammasi bilan ham farq qiladi. Yorug'lik diodlari uchun bu taqsimot bir necha o'n va xatto yuzdan ortiq teles (fazoviy) burchagi ostida yuz bersa, lazer diodlari uchun gradusning bo'laklarini tashkil etadi.

Yorug'lik diodlari va lazer diodlarining tezkorliklariga bog'liq holda yorug'lik diodlaridan nisbatan kichik tezlikli (Mbit/s li), lazer diodlaridan esa, katta tezlikli (Gbit/s li) tolali optik uzatish tizimlarida foydalaniladi.

Xizmat muddati yorug'lik manbalarining muhim ekspluatatsion parametrlaridan biri hisoblanadi. Yorug'lik manbalarining degradatsiyasi ularning asta sekin va katastrofik eskirishiga olib keladi. Bu hol yorug'lik diodlari xizmat muddatini 10^6 – 10^7 soat oraliq, lazer diodlarining xizmat muddatini uzog'i bilan 10^5 soat bilan cheklaydi.

Nazorat savollari

1. Optik signalni uzatuvchi modul (OUzM) ning vazifasi nimadan iborat?
2. Optik signalni uzatuvchi modul (OUzM) ning tuzilishi va bloklari vazifasini tushuntiring.

3. Optik signalni uzatuvchi modul (OUzM) da harorat mo'tadilligini ta'minlash uchun qaysi bloklar qo'llaniladi?
4. Yarim o'tkazgichli yorug'lik diodi va lazer diodi xarakteristika va ish prinsiplari bilan bir-biridan qanday farqlanadi?
5. LDning ish prinsipini tushuntiring.
6. Lazer diodi nurlanishining xususiyatlariga tavsif bering.
7. LDning qanday turlari mavjud, ular qanday xususiyatlarga ega?
8. Lazer diodining vatt-amper xarakteristikalariga tavsif bering.
Tashqi muhit haroratining o'zgarishi lazer diodi nurlanish spektri va quvvatiga qanday ta'sir etadi ?
9. Bir modali va ko'p modali lazer diodlarining spektral xarakteristikalarini tavsiflang. Bu xarakteristikalar yorug'lik diodining spektral xarakteristikasidan qanday farq qiladi?

6-Ma'ruza: Maydonli tranzistorlar. $P-n$ o'tish bilan boshqariladigan
maydoniy tranzistor

Reja:

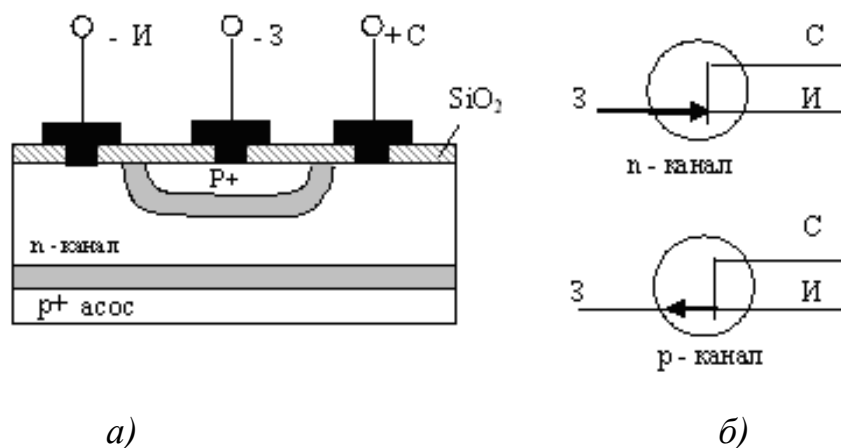
1. Umumiy ma'lumotlar
2. MT statik xarakteristikalar
3. MT asosiy parametrlari

Maydoniy tranzistor (MT) deb, tok kuchi qiymatini boshqarish ychun o'tkazuvchi kanaldagi elektr o'tkazuvchanligikni o'zgartirish hisobiga elektr maydon o'zgarishi bilan boshqariladigan yarim o'tkazgichli aktiv asbobga aytiladi.

Maydoniy tranzistorlar turli elektr signallar va quvvatni kuchaytirish uchun mo'ljallangan. Maydoniy tranzistorlarda bipolyar tranzistorlardan farqli ravishda tok tashkil bo'lishida faqat bir turdagi zaryad tashuvchilar ishtirok etadi: yoki elektronlar, yoki kovaklar. Shuning uchun ular yana **unipolyar** tranzistorlar deb ham ataladi.

Maydoniy tranzistorlarning tuzilishi va kanal o'tkazuvchanligiga ko'ra ikki turi mavjud: $p-n$ o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistor hamda metall – dielektrik – yarim o'tkazgichli (MDYa) tuzilishga ega bo'lgan zatvori izolyatsiyalangan maydoniy tranzistorlar. Ular MDYa- tranzistorlar deb ham ataladilar.

$P-n$ o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistor. 6.1 – rasmda n -kanalli $p-n$ o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistorning tuzilishining qirqimi (a) va uning shartli belgisi (b) keltirilgan.



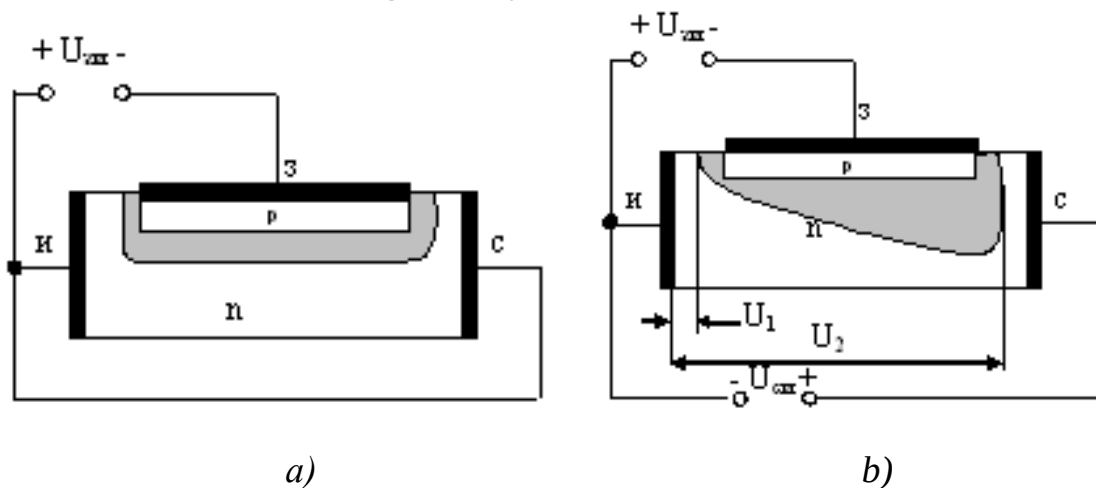
6.1 – rasm.

n -turdagi soha **kanal** deb ataladi. Kanalga zaryad tashuvchilar kiritiladigan kontakt **istok (И)**; zaryad tashuvchilar chiqib ketadigan kontakt **stok (C)** deb

ataladi. **Zatvor (3)** boshqaruvchi elektrod hisoblanadi. Zatvor va istok oralig'iga kuchlanish berilganda yuzaga keladigan elektr maydoni kanal o'tkazuvchanligini, natijada kanaldan oqib o'tayotgan tokni o'zgartiradi. Zatvor sifatida kanalga nisbatan o'tkazuvchanligi teskari turdagi soha qo'llaniladi. Ishchi rejimda u teskari ulangan bo'lib kanal bilan $p-n$ o'tish hosil qiladi.

Kanalning o'tkazuvchanligi uning qarshiligi bilan aniqlanadi $R = \rho \frac{l}{S}$, bu yerda ρ - kanal materialining solishtirma qarshiligi, l - uzunligi, S - kanalning ko'ndalang kesim yuzasi. Tashqi kuchlanish mavjud bo'lmaganda kanal uzunligi bo'ylab zatvor ostidagi kanalning ko'ndalang kesim yuzasi bir xil bo'ladi. Berilgan qutblanishda zatvor va istok oralig'iga tashqi kuchlanish berilsa U_{3H} $p-n$ o'tish teskari yo'nalishda siljiydi, kanal tomonga kengayadi, natijada kanal uzunligi bo'ylab kanalning ko'ndalang kesim yuzasi bir tekis torayadi. Kanal qarshiligi ortadi, lekin chiqish toki $I_C = 0$ bo'ladi, chunki $U_{CH}=0$ (6.2 a - rasm).

Agar istok va stok oralig'iga kuchlanish manbai ulansa, u holda kanal bo'ylab istokdan stok tomonga elektronlar dreyfi boshlanadi, ya'ni kanal orqali stok toki I_S oqib o'ta boshlaydi. Kuchlanish manbai U_{CH} ning ulanishi $p-n$ o'tish kengligiga ham ta'sir ko'rsatadi, chunki o'tish kuchlanishi kanal uzunligi bo'ylab turlicha bo'ladi. Kanal potentsiali uning uzunligi bo'ylab o'zgaradi: istok potentsiali nolga teng bo'lib, stok tomonga ortib boradi, stok potentsiali esa U_{CH} ga teng bo'ladi. $P-n$ o'tishdagi teskari kuchlanish istok yaqinida $|U_{3H}|$ ga, stok yaqinida esa $|U_{3H}| + U_{CH}$ teng bo'ladi. Natijada o'tish kengligi stok tomonda kattaroq bo'lib, kanal kesimi stok tomoga kamayib boradi (6.2. b -rasm).



6.2 –rasm.

Shunday qilib, kanal orqali oqib o'tayotgan tokni U_{3H} kuchlanish qiymatini (kanal kesimini o'zgartiradi) hamda U_{CH} kuchlanish qiymatini (tok va kanal uzunligi bo'ylab kesimni o'zgartiradi) boshqarish mumkin. Istok tomonda kanal kengligi berilgan U_{3H} qiymati bilan, stok tomonda esa $U_{3H} + U_{CH}$ yig'indi qiymati bilan aniqlanadi. U_{CH} qiymati qancha katta bo'lsa, kanalning kengligi va uning qarshiligi shuncha katta bo'ladi.

Kanalning ko'ndalang kesimi nolga teng bo'ladigan vaqtdagi zatvor kuchlanishi **berkilish kuchlanishi** $U_{3H.BEPK}$ deb ataladi.

$|U_{3H}| + U_{CH.T\ddot{Y}\ddot{H}}$ kuchlanish berkilish kuchlanishiga $U_{3H.BEPK}$ ga teng bo'ladigan vaqtdagi stok kuchlanishi **to'yinish kuchlanishi** $U_{CH.T\ddot{Y}\ddot{H}}$ deb ataladi.

Bu yerdan

$$U_{CH.T\ddot{Y}\ddot{H}} = |U_{3H.BEPK}| - |U_{3H}| \quad (6.1)$$

$U_{CH} \leq U_{CH.T\ddot{Y}\ddot{H}}$ vaqtidagi tranzistorning ishchi rejimi **tekis o'zgarish** rejimi, $U_{CH} \geq U_{CH.T\ddot{Y}\ddot{H}}$ vaqtidagi tranzistorning ishchi rejimi esa **to'yinish** rejimi deb ataladi. To'yinish rejimida U_{CH} kuchlanish qiymatining ortishiga qaramay I_C tokining ortishi deyarli to'xtaydi. Bu holat bir vaqtning o'zida zatvordagi U_{3H} kuchlanishining ham ortishi bilan tushuntiriladi. Bu vaqtda kanal torayadi va I_C tokini kamayishiga olib keladi. Natijada I_C dreyfrli o'zgarmaydi.

Biror uch elektrodli asbob kabi, maydoniy tranzistorlarni uch xil sxemada ulash mumkin: umumiy istok (UI), umumiy stok (US) va umumiy zatvor (UZ). UI sxema keng tarqalgan sxema hisoblanadi.

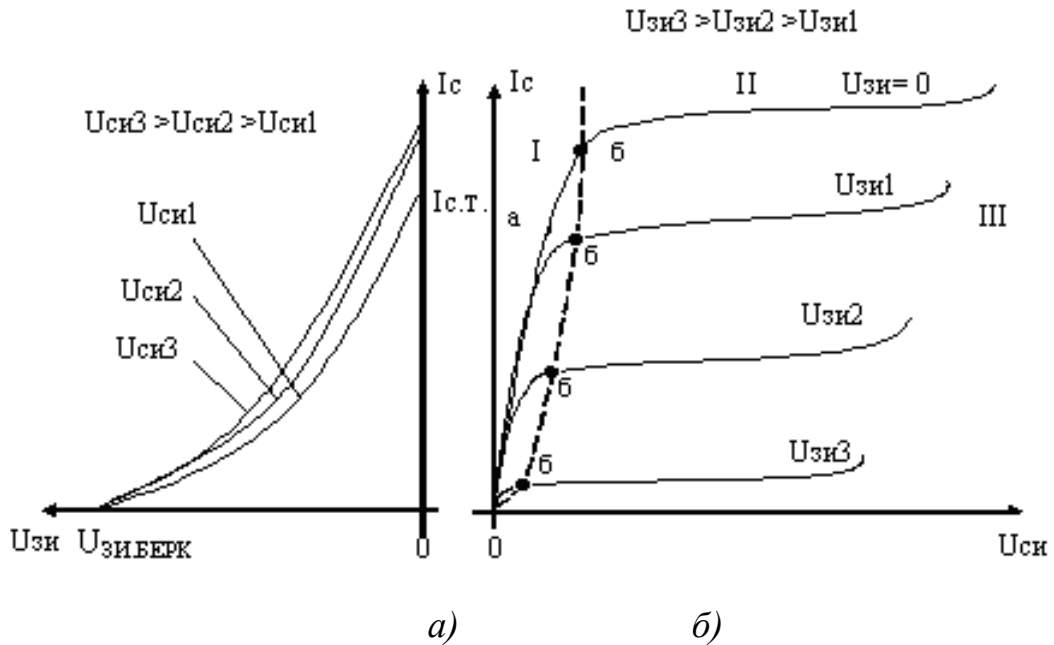
MT statik xarakteristikalari

Zatvordagi kuchlanish U_{3H} yordamida stok toki I_C ni boshqarish **stok – zatvor** xarakteristikasidan aniqlanadi. Bu xarakteristika tranzistorning **uzatish** xarakteristikasi deb ham ataladi. 6.3 a-rasmda $U_{CH} = \text{const}$ bo'lgandagi stok zatvor xarakteristikalar oilasi $I_C = f(U_{3H})$ keltirilgan.

Stok – zatvor xarakteristikadan ko'rinib turibdiki, $U_{3H} = 0$ bo'lganda tranzistor orqali maksimal tok oqib o'tadi. U_{3H} qiymati ortishi bilan kanal kesimi tusha boshlaydi va ma'lum $U_{3H.BEPK}$ qiymatga yetganda nolga teng bo'lib qoladi va stok toki I_C deyarli nolga teng bo'lib qoladi. Tranzistor berkiladi. U_{CH} ortishi bilan xarakteristika tikkalasha boradi, bu holat kanal uzunligining uncha katta bo'lmagan kamayishi bilan tushuntiriladi. Stok – zatvor xarakteristika tenglamasi quyidagi qo'rinishga ega bo'ladi:

$$I_C = I_{C.T\ddot{y}\ddot{y}} \left(1 - \frac{U_{3H}}{U_{3H.BEPK}}\right)^2. \quad (6.2)$$

6.3 *b*–rasmida maydoniy tranzistorning chiqish (stok) xarakteris-tikalari keltirilgan. **Stok xarakteristika** - bu ma’lum $U_{3H} = const$ qiymatlaridagi $I_C = f(U_{CH})$ bog’liqlik. U_{CH} ortishi bilan I_C deyarli to’g’ri chiziqli o’zgaradi (tekis o’zgarish rejimi) va $U_{CH} = U_{CH.T\ddot{y}\ddot{y}}$ qiymatiga yetganda (*b* nuqta) I_C ortishi to’xtaydi.



6.3 – rasm.

MT asosiy parametrlari

Maydoniy tranzistorlarning asosiy parametrlaridan biri bo’lib **xarakteristika tikligi** hisoblanadi

$$S = \frac{dI_C}{dU_{3H}} \quad (\text{mA/B}),$$

va uni quyidagi ifodadan aniqlash mumkin

$$S = S_{\max} \left(1 - \frac{U_{3H}}{U_{3H.BEPK}}\right), \quad (6.3)$$

bu yerda $S_{max} - U_{3H}=0$ bo'lgandagi maksimal tiklik. (6.2) (6.3) ifodalardan ko'rinib turibdiki, U_{3H} ortishi bilan stok toki va maydoniy tranzistor xarakteristika tikligi kamayadi.

Statik xarakteristikalaridan maydoniy tranzistorning boshqa parametrlarini ham aniqlash mumkin.

Tranzistorning ***differensial (ichki) qarshiligi*** istok va stok oralig'idagi kanal qarshiligini ifodalaydi

$$R_i = \frac{dU_{CH}}{dI_C} \quad U_{3H} = \text{const bo'lganda} \quad (6.4)$$

To'yinish rejimida (VAX ning tekis qismida) R_i bir necha MOmni tashkil etadi va U_{CH} ga bog'liq emas.

Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti tranzistorning kuchaytirish xususiyatini ifodalaydi:

$$\mu = - \frac{dU_{CH}}{dU_{3H}} \quad I_C = \text{const bo'lganda} \quad (6.5)$$

Bu koeffitsiyent stokdagi kuchlanish stok tokiga zatvordagi kuchlanishga nisbatan qanchalik ta'sir ko'rsatishini ifodalaydi. "Manfiy" ishora kuchlanish o'zgarishi yo'nalishlarining qarama-qarshiligini bildiradi. Har doim ham bu koeffitsiyentni xarakteristikadan aniqlab bo'lmaganligi sababli, bu kattalikni quyidagicha hisoblash mumkin:

$$\mu = SR_i . \quad (6.6)$$

Nazorat savollari

1. Maydoniy tranzistor nima va nima sababli ular unipolyar tranzistorlar deb ataladi ?
2. Maydoniy tranzistorlar sinflanishini keltiring.
3. Maydoniy tranzistor kanali, zatvor, stok, istok va asoslari nima ?
4. P-n o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistor ishlash prinsipi nimadan iborat ?

7-Ma'ruza: MOYa maydonli tranzistor.

Reja:

1. Umumiy ma'lumotlar
2. MOYa taranzistorlarining tasniflanishi
3. MOYa taranzistorlarining ishlash xususiyatlari va shartli grafik belgilanishi

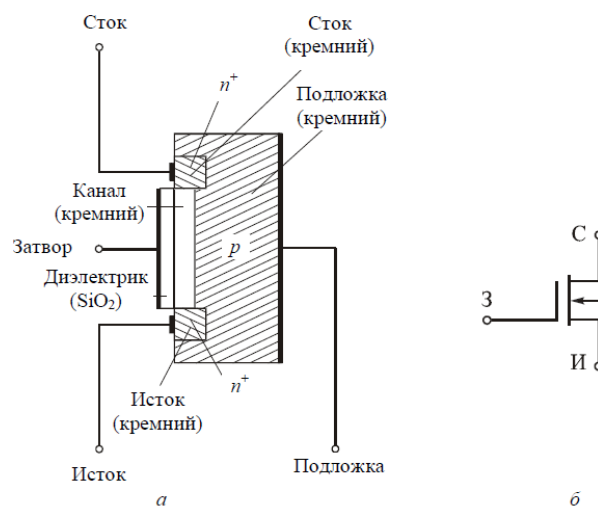
MOYa (metall-oksid-yarim o'tkazgich) tranzistori (MOSFET, *metal-oxide-semiconductor field effect transistor*-qisqartirilgan metall-oksidli yarimo'tkazgichli maydon effektli tranzistorlar) izolyatsiyalangan zatvorli maydonli tranzistordir (kanal zatvordan yupqa dielektrik qatlam bilan ajratilgan). MOSFETning boshqa nomi MOYa unipolyar tranzistordir. Bunday qurilmalarni qo'llashning asosiy yo'nalishlari eski va zamonaviy tizim muhandisligida elektron kalit va elektron signallarni kuchaytirgichning funktsiyalari hisoblanadi. MDYa tranzistorlari ("metall-dielektrik-yarim o'tkazgich" so'zlaridan) yoki izolyatsiyalangan zatvor tranzistorlari (chunki bunday tranzistorlarda zatvor kanaldan yupqa qatlam bilan ajratilgan). dielektrik.

Istok - zaryad tashuvchilar manbai. Bu bipolyar qurilmadagi emitentning analogidir.

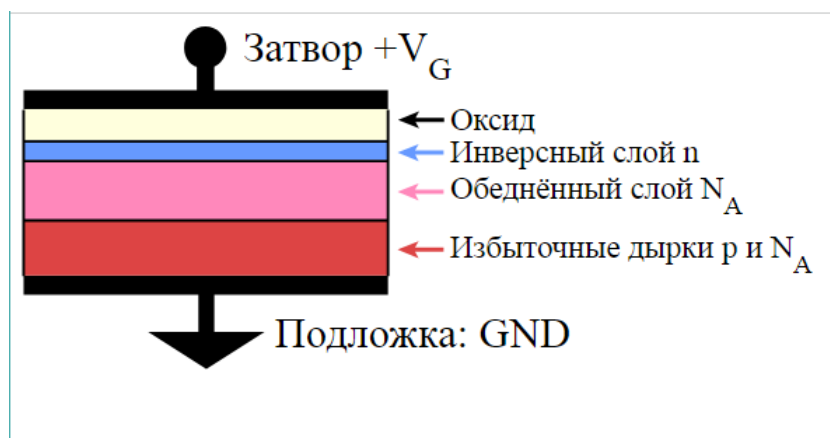
Stok- manbadan zaryad tashuvchilarni qabul qilish uchun xizmat qiladi. Bipolyar tranzistor kollektorining analogi.

Zatvor-nazorat elektrodi vazifasini bajaradi. Bipolyar qurilmada analog – baza.

Asosiy xususiyati - ko'p zatvorli tranzistorlar. Ular raqamli texnologiyada mantiqiy elementlarni tashkil qilish yoki EEPROM xotira elementlari sifatida ishlatiladi.



Tok bilan boshqariladigan bipolyar tranzistorlardan farqli o'laroq, MOYa tranzistorlari kuchlanish bilan boshqariladi, chunki zatvor stok va istokdan izolyatsiya qilingan va bu tranzistorlar juda yuqori kirish qqarshiligiga ega.



Tasniflanishi. MOYa tranzistorlari o'zlarining (yoki o'rnatilgan) (inglizcha depletion mode transistor) va induksiyalangan (yoki teskari) kanali (inglizcha enhancement mode transistor) mavjud. O'rnatilgan kanalga ega qurilmalarda, nol zatvor-istok kuchlanishida, tranzistor kanali ochiq (ya'ni, stok va istok o'rtasida tok o'tkazadi); kanalni yopish uchun siz zatvorga ma'lum bir qutblangan kuchlanishini qo'llashingiz kerak. Induksiyalangan kanalga ega qurilmalarning kanali nol zatvor-istok kuchlanishida yopiq (tok o'tkazmaydi); kanalni ochish uchun siz zatvorga manbaga nisbatan ma'lum bir qutblangan kuchlanishini qo'llashingiz kerak. Raqamli va energetikada odatda faqat induksiyalangan kanalga ega tranzistorlar qo'llaniladi. Analog texnologiyada ikkala turdagi asboblarda ham qo'llaniladi.

O'tkazuvchanlik turi. Kanalning yarim o'tkazgich materiali P yoki N tipidagi elektr o'tkazuvchanligini olish uchun aralashmalar bilan qo'shilishi mumkin. Zatvorga ma'lum bir potentsialni qo'llash orqali, Zatvor ostidagi kanal uchastkasining o'tkazuvchanlik holatini o'zgartirish mumkin. Agar bir vaqtning o'zida kanalni ozchilik tashuvchilari bilan boyitgan holda uning asosiy zaryad tashuvchilari kanaldan siqib chiqsa, bu rejim **boyitish rejimi** deb ataladi. Bunday holda, kanalning o'tkazuvchanligi ortadi. Zatvorga manbaga nisbatan qarama-qarshi ishorali potentsiali qo'llanilganda, kanal ozchilik tashuvchilardan tugaydi va uning o'tkazuvchanligi pasayadi (bu **kamayish rejimi** deb ataladi, bu faqat o'rnatilgan kanalga ega tranzistorlar uchun xosdir).

N-kanalli maydonli tranzistorlar uchun zatvorga qo'llaniladigan musbat qutbli (manbaga nisbatan) kuchlanish va ayni paytda bu tranzistorni ochish uchun chegara kuchlanishidan oshib boradi. Shunga ko'ra, p-kanalli maydonli

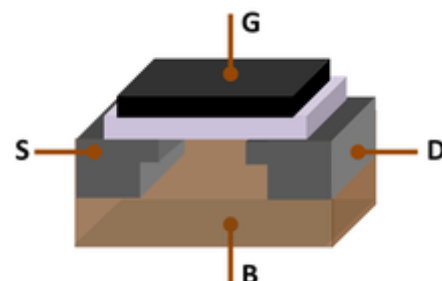
tranzistorlar uchun manfiy qutbli kuchlanishi zatvorga qo'llaniladigan manba kuchlanishiga nisbatan teskari bo'ladi va uning chegara kuchlanishidan oshadi.

MOYa qurilmalarining aksariyati tranzistorning istok strukturasi yarimo'tkazgichli tuzilmasiga (ko'pincha kristalning o'ziga) elektr bilan bog'langan tarzda ishlab chiqariladi. Ushbu ulanish bilan stok va istok o'rtasida zararli diod deb ataladigan narsa hosil bo'ladi. Ushbu diodaning zararli ta'sirini kamaytirish muhim texnologik qiyinchiliklar bilan bog'liq, shuning uchun ta'sirni yengib o'tishni va hatto ba'zi elektron yechimlarda foydalanishga o'tildi.

Maxsus tranzistorlar. Bir necha zatvorga ega bo'lgan tranzistorlar mavjud bo'lib, ular raqamli texnologiyada mantiqiy elementlarni amalga oshirish uchun yoki EEPROMda xotira elementlari sifatida ishlatiladi.

Energetikada elektr kalitlari sifatida ishlatiladigan ba'zi yuqori quvvatli MOYa tranzistor kanalidan o'tadigan tokni boshqarish uchun qo'shimcha chiqish bilan ta'minlangan.

G — Gate (zatvor), S — Source (istok), D — Drain (stok)



MOYa taranzistorlarining ishlash xususiyatlari va shartli grafik belgilanishi.

	Induktsiyalangan kanal	O'rnatilgan kanal
P-kanal		
N-kanal		
Shartli belgilar: Z — zatvor (G — Gate), I — istok (S — Source), S — stok (D — Drain)		

Maydonli tranzistorlar tranzistor zatvoriga uning istokiga nisbatan qo'llaniladigan kuchlanish bilan boshqariladi, shu bilan birga:

$$I_c = I_u;$$

$$I_3 \rightarrow 0.$$

Ushbu kuchlanish U_{3c} o'zgarganda, tranzistorning holati va stok toki I_c o'zgaradi.

$U_{3u} < U_{nop}$, $I_c = 0$ da n-tipli kanalga ega tranzistorlar uchun tranzistor yopiq.

$U_{3u} > U_{nop}$ da tranzistor ochiladi va ishchi nuqtasi maydonli tranzistorning boshqaruvchi (stok-zatvorli) xarakteristikasining chiziqli bo'lmagan qismida joylashgan:

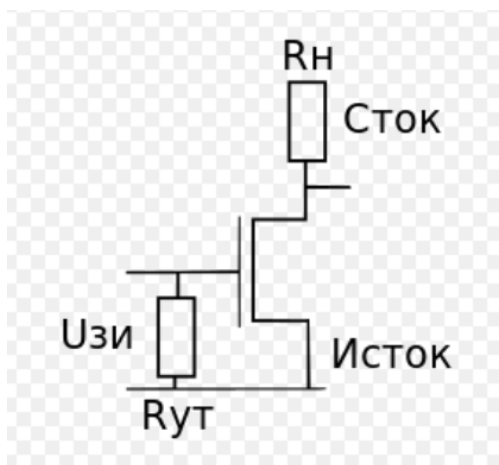
$$I_c = K_n [(U_{3u} - U_{nop})U_{cu} - \frac{U_{cu}^2}{2}];$$

K_n -tranzistorning o'ziga xos kattaliklari;

U_{3c} nazorat kuchlanishining yanada oshishi bilan ishchi nuqtasi stok-zatvor xarakteristikasining chiziqli qismiga o'tadi;

$$I_c = \frac{K_n}{2} [U_{3u} - U_{nop}]^2$$

Xovstayna tenglamasi



Tarnzistorni ishga tushirish tenglamasi

Nazorat savollari

1. MOSFET, *metal-oxide-semiconductor field effect transistor* haqida ma'lumot bering.

2. MOYa maydonli tranzistorlari o'tkazuvchanlik turiga qarab qanday rejmlarda ishlaydi?
3. Xovstayna tenglamasini ko'rsating.

<https://www.ruselectronic.com/polevoj-mop-tranzistor> mana shu saytdan foydalanildi.

8-Ma'ruza: IGBT tranzistorlari

Reja:

- 8.1. IGBT tranzistorlari.
- 8.2. Sxemalarda IGBT (ZIBT) tranzistorlarining shartli belgilanishi.
- 8.3. IGBTning xususiyatlari va qamrovi.

Zamonaviy kuch elektronikasida IGBT deb nomlanuvchi tranzistorlar keng qo'llaniladi.

Ushbu qisqartma chet el terminologiyasidan olingan va o'zbekchada ZIBT- "Zatvori izolyatsiya qilingan bipolyar tranzistor" degan ma'noni anglatadi.

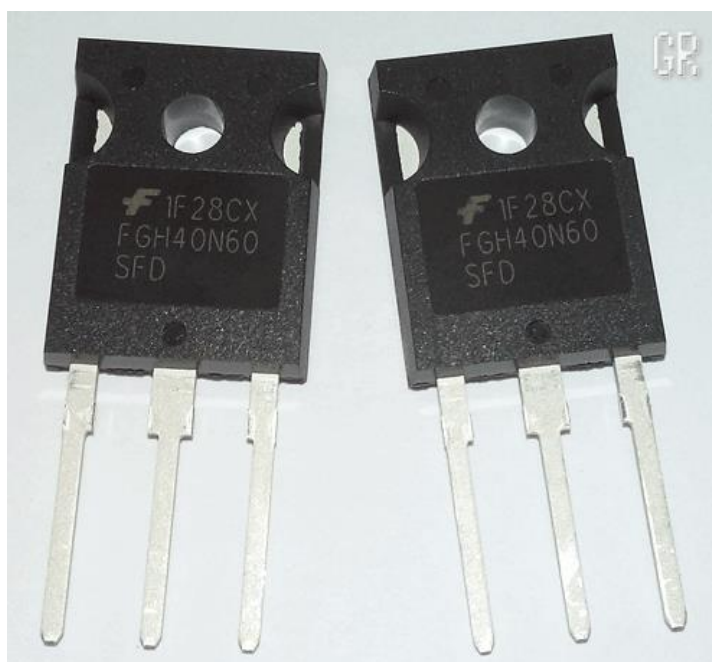


8.1-rasm

Shuning uchun IGBT tranzistorlari BTIZ deb ham ataladi. IGBT - bu kommutatsiya quvvat manbalari, invertorlar, shuningdek, elektr haydovchi boshqaruv tizimlarida o'rnatilgan kuchli elektron kalit sifatida ishlatiladigan

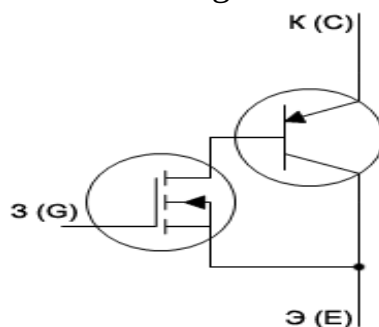
elektron quvvat qurilmasi. IGBT tranzistori maydon tranzistor va bipolyar tranzistorning gibrigidan iborat bo'lgan juda aqlli qurilma. Bu kombinatsiya unga maydon tranzistorning ham, bipolyarning ham ijobiy fazilatlarini meros qilib olishiga olib keldi. Uning ishining mohiyati shundan iboratki, maydon tranzistor kuchli bipolyarni boshqaradi. Natijada, past quvvatda kuchli yukni almashtirish mumkin bo'ladi, chunki boshqaruv signali maydon tranzistor zatvoriga uzatiladi.

Fairchild firmasining zamonaviy IGBT FGH40N60SFD tranzistori shunday ko'rinishga ega. Ularni Resanta markasining payvandlash invertorlarida va boshqa shunga o'xshash qurilmalarda topish mumkin.



8.2-rasm

IGBT ning ichki tuzilishi terminal plyusni boshqaradigan ikkita elektron kirish kalitining kaskadli ulanishidir. Quyidagi rasmda IGBT ning soddalashtirilgan ekvivalent sxemasi ko'rsatilgan.



8.3 –rasm. Soddalashtirilgan IGBT ekvivalent sxemasi

IGBT operatsiyasining butun jarayoni ikki bosqichda ifodalanishi mumkin: musbat kuchlanish qo'llanilishi bilanoq zatvor va manba o'rtasida maydon tranzistor ochiladi, ya'ni manba va drenaj o'rtasida n-kanal hosil bo'ladi. Shu bilan birga, zaryadlar n mintaqasidan p mintaqasiga o'ta boshlaydi, bu bipolyar tranzistorning ochilishiga olib keladi, buning natijasida tok emitterdan kollektorga o'tadi.

IGBTning paydo bo'lish tarixi.

Birinchi marta kuchli maydon tranzistorlar 1983 yilda paydo bo'lgan va ko'p o'tmay 1989 yilda izolyatsiyalangan maydon tranzistor yordamida boshqariladigan bipolyar tranzistor bilan jihozlangan kompozit tranzistor sxemasi taklif qilingan. Sinovlar davomida bipolyar tranzistorni kalit sifatida ishlatganda, asosiy tranzistorda to'yinganlik yo'qligi aniqlandi va bu kalit o'chirilgan taqdirda kechikishni sezilarli darajada kamaytiradi. Biroz vaqt o'tgach, 1985 yilda IGBT taqdim etildi, uning o'ziga xos xususiyati tekis struktura bo'lib, ish kuchlanish diapazoni kattalashdi.

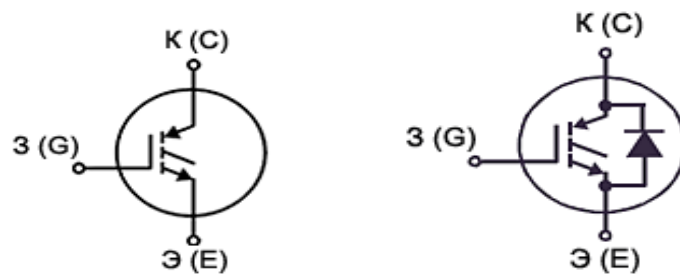
Shunday qilib, yuqori kuchlanish va yuqori toklarda, ochiq holatdagi yo'qotishlar juda kichik. Bunday holda, qurilma bipolyar tranzistor kabi o'xshash kommutatsiya va o'tkazuvchanlik xususiyatlariga ega va nazorat kuchlanish bilan amalga oshiriladi.

Birinchi avlod qurilmalari bir qator kamchiliklarga ega edi: almashtirish sekin edi va ular ishonchliligi bilan farq qilmadi.

Ikkinchi avlod 90-yillarda yorug'likni ko'rdi va uchinchi avlod hozirgi vaqtda ishlab chiqarilmoqda: ular shunga o'xshash kamchiliklarni bartaraf qiladilar, ular yuqori kirish qarshiligiga ega, boshqariladigan quvvat va yoqilgan holatda qoldiq kuchlanish ham past ko'rsatkichga ega bo'ladi. Hozirda IGBT tranzistorlari elektron komponentlar bilan savdo qiluvchi do'konlarida mavjud bo'lib, ular toklarni bir necha o'ndan yuzlab ampergacha o'zgartirishi mumkin (Ike max), va ishchi kuchlanishi (Uke max) bir necha yuzdan ming yoki undan ortiq voltgacha o'zgarishi mumkin.

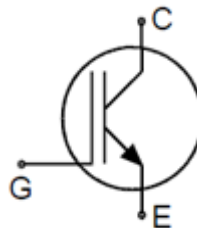
Sxemalarda IGBT (ZIBT) tranzistorlarining shartli belgilanishi.

IGBT (ZIBT) maydon va bipolyar tranzistorning birlashgan tuzilishiga ega bo'lganligi sababli, uning elektrodlarini zatvor - Z (boshqarish elektrodi), emitter (E) va kollektor (K) deb ham ataladi. Chet el talqinida zatvor elektrodi G harfi bilan belgilanadi, emitter elektrodi E, kollektor elektrodi esa C.



8.4-rasm. ZIBT (IGBT) tranzistorining shartli belgilanishi

8.4-rasmda zatvori izolyatsiyalangan bipolyar tranzistorning shartli grafik belgisi ko'rsatilgan. Shuningdek u tashqi tezkor diod bilan ham tasvirlanishi mumkin.



8.5-rasm.

IGBTning xususiyatlari va qamrovi.

IGBTning o'ziga xos sifatleri:

kuchlanish bilan boshqariladi (har qanday maydon tranzistor kabi);

ochiq holatda kam yo'qotishlarga egaligi;

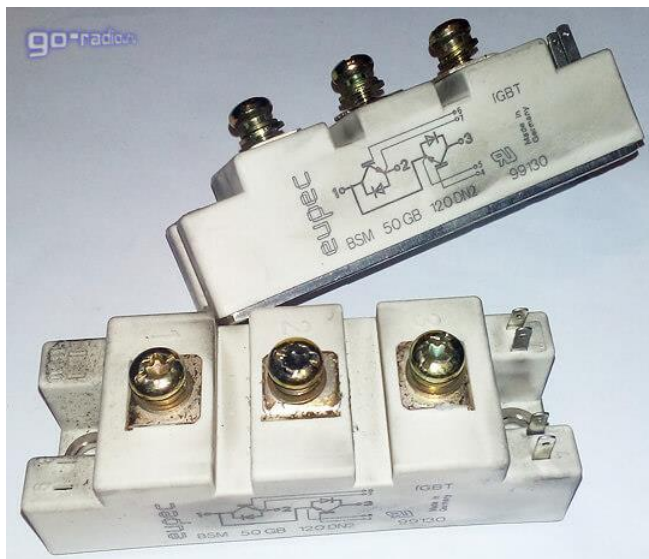
100 ° C dan yuqori haroratlarda ishlashi mumkin;

1000 volt dan yuqori kuchlanish va 5 kilovatt dan ortiq quvvat bilan ishlashga qodir.

Keltirilgan sifatlar IGBT tranzistorlarini invertorlarda, chastota bilan boshqariladigan yuritmalarda va tok impuls regulyatorlarida foydalanishga imkon beradi. Bundan tashqari, ular ko'pincha payvandlash tok manbalarida qo'llaniladi (ko'proq payvandlash qurilmalari invertorlarida), kuchli elektr yuritmalari boshqaruv tizimlarida, ya'ni, masalan, elektrotransportlarda: elektropoyezdlarda, tramvaylarda, trolleybuslarda o'rnatiladi. Ushbu yechim samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi va yuqori silliqlikni (плавность хода) ta'minlaydi. Bundan tashqari, ushbu qurilmalar uzluksiz quvvat manbalarida va yuqori kuchlanishli tarmoqlarda o'rnatiladi. Ularni kir yuvish mashinalarining elektron sxemalarida, tikuvchilik va idishlarni yuvish mashinalari, inverterli konditsionerlar, nasoslar, avtomobillarning elekt yonish tizimlarida, server va telekommunikatsiya uskunalari uchun elektr ta'minoti tizimlarida uchratish mumkin. Ko'rib turganingizdek, IGBT ko'lam juda katta.

IGBT modullari.

IGBT tranzistorlari nafaqat alohida komponentlar ko'rinishida, balki yig'ma va modullar ko'rinishida ham mavjud. Suratda uch fazali dvigatelni boshqarish uchun mo'ljallangan chastota o'zgartirgich kuchli IGBT-tranzistorining ("chastotnik" deb ataladigan) BSM 50GB 120DN2 modeli ko'rsatilgan.



8.6-rasm. IGBT modeli

Chastota o'zgartirgich sxematexnikasi shundan iboratki, u yig'ma yoki moduldan foydalanish uchun texnologik jihatdan yanada rivojlangan, unda bir nechta IGBT tranzistorlari o'rnatilgan. Masalan, ushbu modelda ikkita IGBT tranzistorlari (yarim ko'prik) mavjud. Shuni ta'kidlash kerakki, IGBT va MOSFET tranzistorlari ba'zi hollarda bir-birini o'rnini bosa oladi, lekin yuqori chastotali past kuchlanishli kaskad (bosqich)lar uchun MOSFET tranzistorlaridan, va o'ta yuqori kuchlanish uchun – IGBT tranzistorlardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Masalan, IGBT tranzistorlari o'z vazifalarini 20-50 kilogertsgacha bo'lgan ishchi chastotalarida mukammal bajaradilar. Yuqori chastotalarda bu turdagi tranzistorlar yo'qotishlarni oshiradi. Shuningdek, IGBT tranzistorlarining imkoniyatlari 300-400 voltdan yuqori ish kuchlanishida to'liq namoyon bo'ladi.

Shuning uchun, izolyatsiyalangan zatvorli bipolyar tranzistorlarni sanoat uskunalarida yuqori kuchlanishli va kuchli elektr jihozlarida oson uchratishimiz mumkin.

Nazorat savollari

1. Maydoniy tranzistor nima va nima sababli ular unipolyar tranzistorlar deb ataladi ?
2. Maydoniy tranzistorlar sinflanishini keltiring.

3. Maydoniy tranzistor kanali, zatvor, stok, istok va asoslari nima ?
4. P-n o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistor ishlash prinsipi nimadan iborat ?

<https://go-radio.ru/igbt-transistor.html> mana shu saytdan foydalanildi.

9-Ma'ruza: IMS elementlarini izolyatsiyalash. Sxema ichida elektr izolyatsiyalash usullari. Teskari kuchlanish berilgan p-n o'tish bilan izolyatsiyalash

Reja:

9.1. Elektron-kovak o'tishlarni tayyorlash texnologiyasi.

9.2. Ion legirlash bilan p-n o'tishlar olish.

Turli yarimo'tkazgichli asboblarning ajoyib fizik xossalarini tushunish va ularning loyihalash prinsiplarini egallash uchun texnologik tayyorlash yo'llarini va yarimo'tkazgich tuzilmalarni olish usullarini bilish zarur. Yarimo'tkazgichli asboblarni ishlab chiqarish texnologiyasiga qo'yilgan talablar asboblarning foydalanish tavsiflari va iqtisodiy ko'rsatkichlari: takroriylik oralig'i va tezkorligi, quvati, mustahkamligi, o'lchami, massasi, tayyorlashning qiyinligi va tannarxi bilan aniqlanadi.

Texnologik marshrut. Har xil yarimo'tkazgichli asboblarni tayyorlash usullari turli ko'rinishdadir. Biroq, barcha hollarda yarimo'tkazgich kristall umumiy texnologik amallardan ketma-ket o'tkaziladi. Buning uchun texnologik marshrut tuziladi. Namuna marshrutga ilk yarimo'tkazgich quymaning kirish nazorati, plastinkalarga mexanik va kimyoviy ishlov berish, epitaksial qatlam o'stirish/dielektrik himoyaviy parda olish, bu pardaga fotolitografik ishlov berish, p-n o'tish olish uchun kirishma mahalliy diffuziyasi, omik o'tishlar olish uchun yupqa metall pardalar va integral mikrosxemalarning passiv tarkiblarini o'tqazish, rezistorlar va ulash o'tkazgichlari, plastinkalarni kristallarga ajratish, yig'ish, himoyalash, elektr parametrlarini o'lchash va asboblarni turli rejimlarda chidamliligini sinashlar kiradi.

Ishlab chiqarishda loyihalangan yarimo'tkazgichli asbob namuna marshrut asosida tayyorlanadi.

Elektr o'tish turlari. Ko'pchilik yarimo'tkazgichli asboblarni tuzilmasining asosiy elementi elektr o'tish bo'lib, ularga turli solishtirma qarshilikka, turli o'tkazuvchanlik sohasiga ega bo'lgan yarimo'tkazgichning ikkita sohasida vujudga kelgan o'tish qatlami va metall— yarimo'tkazgich kontakti natijasida ham

vujudga kelgan o'tishlar kiradi. Agar yarimo'tkazgich ikki sohasining biri n -tur, ikkinchisi p -tur bo'lsa, bunday o'tishni elektron-kovak o'tish yoki p - n o'tish deyiladi. Ko'pchilik keng tarqalgan asboblarning xossalari p - n o'tishlarda yuz beradigan jarayonlar bilan aniqlanadi. Masalan, n - tur soha va p -tur sohalarda kirishmalar konsentratsiyasi ancha yuqori bo'lsa, unda p - n o'tish volt- amper tavsifnomasining ko'rinishi oddiy p - n o'tish tavsifnomasidan keskin farq qilib, tavsifnoma N ko'rinishda bo'ladi. Bunday p - n o'tishlardan tayyorlangan diodlarni tunnel diodlari deyiladi.

Elektron-kovak o'tishlar simmetrik va nosimmetrik bo'lishi mumkin. Simmetrik va nosimmetrik bo'lishi tok tashuvchilar konsentratsiyasining p - n sohalarda kirishmalar taqsimoti bilan aniqlanadi. Simmetrik p - n o'tishlarda $n_n + p_p$ shart bajariladi, bu yerda n_n - n turdagi yarimo'tkazgichdagi elektronlar konsentratsiyasi; p_p - p turdagi yarimo'tkazgichdagi kovaklar konsentratsiyasi. Shunday qilib, simmetrik p - n o'tishning ikkiala sohasidagi asosiy tok tashuvchi zaryadlar konsentratsiyasi bir-biriga teng bo'lar ekan. Biroq, amalda nosimmetrik o'tishlardan foydalaniladi. Nosimmetrik o'tishlar ikki xil ko'rinishda hosil bo'lishi mumkin, ya'ni $n_n > p_p$ yoki $p_p > n_n$ bunda farq 100-1000 marta bo'lishi mumkin. Kirishmalar bilan yuqori legirlangan (masalan, $p_p > n_n$ o'tishda p soha) kichik omli soha emitter deyiladi. Kirishmalar bilan kichik legirlangan ($p_p > n_n$ o'tishda n soha) yuqori omli soha baza deyiladi.

Agar nosimmetrik p - n o'tishning p sohasi ancha yuqori o'tkazuvchanlikka, ya'ni kirishmalar ancha yuqori legirlangan bo'lsa, bunday o'tishlarni p^+ - n o'tishlar deyiladi. Xuddi shunday n soha ancha yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lsa n^+ - p o'tish deyiladi.

Elektr o'tishlarni hosil qilish uchun qo'llaniladigan yarimo'tkazgichli material modda xiliga qarab, gomogen va geterogen o'tishlarga bo'linadi. Bir jinsli yarimo'tkazgich materialda hosil qilingan o'tishlarni gomogen o'tish yoki gomoo'tishlar deyiladi. Bunga kremniy, germaniy, galliy arsenidi va boshqalar kiradi. Geteroo'tishlar esa, turli yarimo'tkazgichlar orasida vujudga kelgan o'tish bo'lib, ularga germaniy-kremniy, germaniy- galliy arsenidi va boshqalar kiradi. Yarimo'tkazgich sirtiga metallni o'tqazish bilan olingan o'tishni Shotki o'tish deyiladi. Agar n - va p - sohalar oralig'ida xususiy elektr o'tkazuvchanlik i -soha vujudga keltirilgan bo'lsa, bunday tuzilmalar p - i - n , p^+ - i - n^+ va shunga o'xshash belgilanadi. Bulardan tashqari, yarimo'tkazgichli tuzilmalarga tranzistorlarni p - n - p yoki n - p - n , tiristorlarni n - p - n - p tuzilmalarni va boshqalarni misol qilib ko'rsatish mumkin.

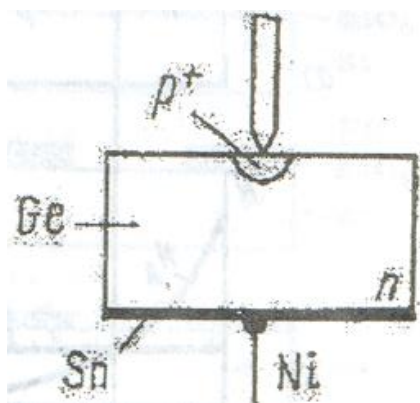
Elektr o'tishlar keskin va tekis p - n o'tishlarga bo'linadi. Keskin o'tishda kirishmalar konsentratsiyasini o'zgarish sohasi qalinligi fazoviy zaryad sohasi qalinligidan yetarli darajada kichik bo'ladi. Soha qalinligi deganda, kirishma konsentratsiyasi gradienti yo'nalishidagi o'lcham tushuniladi. Tekis elektr o'tishlarda kirishma konsentratsiyasining o'zgarish sohasi qalinligi fazoviy zaryad sohasi qalinligiga yaqin bo'ladi.

O'tish maydoniga qarab nuqtaviy va yassi elektron-kovak o'tishlarga ham bo'linadi. Yassi o'tishlar tayyorlanish usullariga qarab qotishmali, diffuzion, ion, planar, epitaksial, planar-epitaksial va shu kabilarga bo'linadi.

Yarimo'tkazgichli asboblarni ishlab chiqarish texnologiyasi juda tez rivojlanib bormoqda. Biz bu yerda yarimo'tkazgichli asboblarni ishlab chiqarish va tayyorlash asoslarini tashkil qiluvchi bosh texnologik usullarga to'xtalamiz.

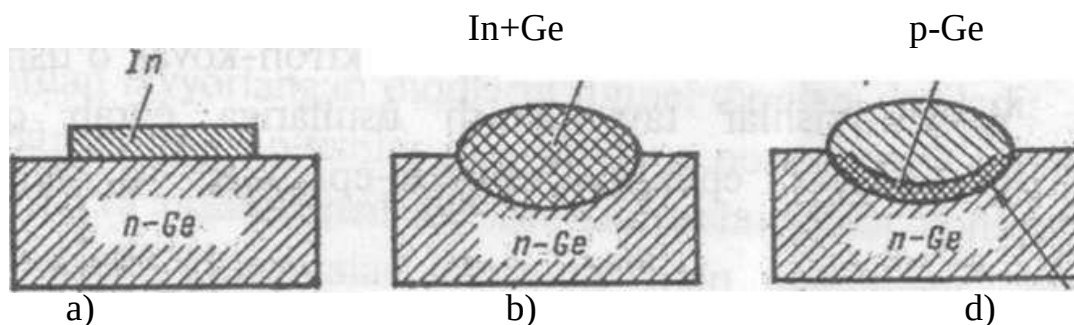
Nuqtaviy o'tishlar. Nuqtaviy p - n o'tishlarni tayyorlash uchun n - turdagi germaniydan foydalaniladi. Oldindan silliqlangan plastinkaga diametri 20—30 mkm bo'lgan berilliy bronzadan qilingan nina—zond mahkamlanadi. Keyin elektrokavsharlash usulida zond orqali qisqa vaqtli imptilsli quwatli tok o'tkaziladi. Kontakt joy zond materialni erishigacha qizdiriladi va mis germaniy ichi tomon diffuziyalanib, zond ostida uncha katta bo'lmagan hajmda p -tur sohani hosil qiladi, chunki mis germaniy uchun akseptor kirishma vazifasini o'taydi (9.1-rasm). Ba'zan p - sohada konsentratsiyani oshirish uchun nina uchiga akseptor kirishma (In yoki Al) o'tqaziladi. Bunda kontaktning o'tkazuvchanligi 100 mA/V ga yetadi.

Nuqtaviy o'tishlarning kontakt maydoni juda kichik bo'lganligi uchun p - n o'tish sig'imi kichik bo'ladi. Shuning uchun ulardan yuqori va o'ta yuqori takroriylikli diodlar tayyorlashda foydalaniladi.



9.1-rasm. Nuqtaviy p - n o'tish tuzilmasining ko'rinishi

Qotishmali p-n o'tishlar. Qotishmali usulni qo'llaganda, silliqlangan va yedirilgan monokristall germaniy n-tur plastinkaga uch valentli kichkina metall parcha indiy o'rnatilib (9.2-rasm, *a*), keyin inert gaz muhitida yoki vakuumda 550-600°C temperaturagacha qizdiriladi. Bunda indiy shu temperaturada eriydi va hosil bo'lgan tomchi germaniyni o'zida eritadi (9.2-rasm, *b*). Ma'lum vaqt o'tgandan so'ng pechka o'chiriladi. Sovuq indiyda germaniyning eruvchanligi kam, shuning uchun sovish natijasida germaniy qayta kristallana boshlaydi va tomchi tubida p-turdagi qayta kristallangan yupqa qatlam hosil bo'ladi.

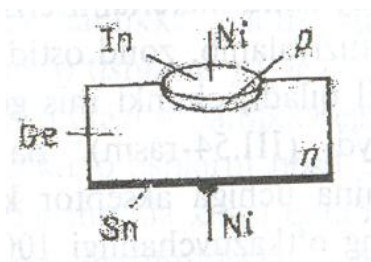


9.2. Qotishmali p-n o'tish tuzilmasining hosil bo'lishi

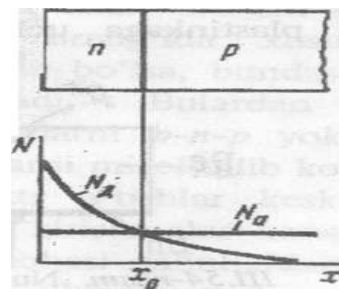
Qayta kristallanish paytida germaniy indiy atomlarini egallab oladi. Sovigan tomchining qolgan qismi yetarli tozalikdagi indiy bo'lib, omik kontakt vazifasini bajaradi. Unga tashqi chiqqich, odatda, ingichka nikel simi kavsharlanadi.

Germaniy pastki qismiga qalay o'tqazilib, u n- germaniy uchun omik kontakt vazifasini o'taydi. Bu yerda ham tashqi chiqqich sifatida nikel simidan foydalanish mumkin. Hosil bo'lgan p-n o'tishlar keskin o'tishlar bo'lib, ularning maydoni nuqtaviy p-n o'tishlarga nisbatan katta bo'lganligi uchun sig'imi ancha katta. Shuning uchun bunday o'tishlar asosan quvvatli diodlar va tranzistorlar tayyorlashda qo'llaniladi.

Diffuzion p-n o'tishlar. Diffuzion p-n o'tishni yaratish uchun yarimo'tkazgichga kirishmalarning gaz ko'rinishida, suyuq va qattiq fazadagi diffuziyasidan foydalaniladi. Usullardan biri gaz muhitda diffuziyani ko'ramiz. Bu holatda yupqa yarimo'tkazgich plastinka, masalan, kremniy n-tur akseptor bug'i bilan to'ldirilgan modda (bor) bug' pechkaga kiritiladi va yuqori temperaturagacha qizdiriladi. Kristallga kirgan kirishma diffuziya chuqurligi texnologik rejimga (temperatura va diffuziya vaqti) bog'liq va oson bajariladi. Diffuziya tugagandan so'ng plastinkaning bir tomoni va to'rt yoqlari boshlang'ich p-turgacha yediriladi va qolgan bir tomonida p-tur diffuzion qatlam qoladi. 9.3-rasmda diffuzion p-n o'tishni hosil bo'lishi, 4-rasmda diffuzion p-n o'tish tuzilmasi ko'rsatilgan.



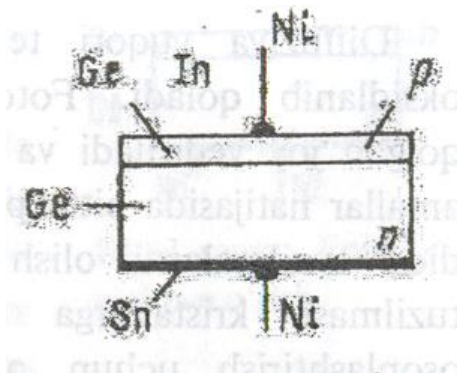
9.3-rasm. Qotishmali p - n o'tish tuzilmasi



9.4-rasm. Diffuzion p - n o'tishning hosil bo'lishi.

Diffuzion usul tekis p - n o'tishlarni olishni ta'minlaydi. Undan tashqari, bu usul bitta plastinkada ko'plab o'tishlarni olish imkonini beradi.

Planar p - n o'tishlar. Bu usulning kelib chiqishi barcha p - n o'tishlar asosidagi diod, tranzistor va kontaktlar tayanch yarimo'tkazgichining kichik qalinlik sirt tekisligida joylashgan. Planar texnologiya (ingilizcha *planar*-yassi so'zidan olingan) diffuzion texnologiyaning rivojlanish mahsulidir. Yarimo'tkazgich sirtida o'tqazilgan himoya qatlam tirqishi orqali kirishma diffuziyasi natijasida olingan o'tish planar o'tish deyiladi. Kremniyda himoya qatlami sifatida kremniyning o'zida vujudga keltirilgan kremniy oksididan foydalaniladi. Planar p - n o'tishning vujudga kelish texnologik jarayoni bosqichlari 9.6-rasmida ko'rsatilgan. Planar texnologiyaning asosini fotolitografiya tashkil qiladi. Oksidlangan monokristall kremniy plastinka sirtiga fotorezist (FR) yupqa qatlam o'tqaziladi (9.6-rasm, a). Fotorezist parda niqob orqali ultrabinafsha nur bilan yoritiladi (9.6-rasm, b). Fotorezist ekspozitsiya- langan joyi polimerlanadi va erimay- digan bo'lib qoladi. Natijada, yedirgich- da yedirilgan polimerlanmagan joyi yuvilib ketadi. Keyin oksid qatlam ochilgan joy yedirigichlar bilan yediriladi, fotorezist bilan himoyalangan joy esa qoladi (9.6- rasm, e). Bu amaldan keyin, taglik kremniy plastinkaga diffuziya o'tqaziladi. Kirishma diffuziyasi faqat tirqish orqali o'tkaziladi. (9.6-rasm, f).



9.5-rasm. diffuzion p - n o'tish tuzilmasi

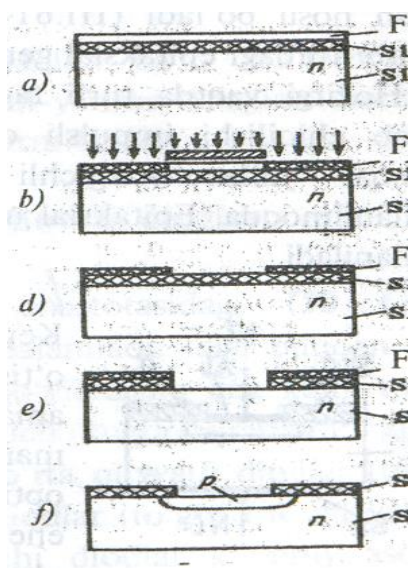
DifTuziya yuqori temperaturada o'tkazilganligi uchun sirt yana oksidlanib qoladi. Fotolitografiyadan foydalangan holda oksidlanib qolgan joy yediriladi va ochilgan joyga metall kontakt o'tqaziladi. Bu amallar natijasida bitta plastinkada bir necha o'n va hatto yuzlab bir xil diod tuzilmalarni olish mumkin. Olingan bu planar $p-n$ o'tishlar tuzilmasi kristallarga kesiladi. Ba'zan, diodlarni yig'ish ishini osonlashtirish uchun plastinka ikkinchi tomoniga omik kontaktlar o'tqazilishi mumkin. Planar $p-n$ o'tish tuzilmasining umumiy ko'rinishi 9.7-rasmda ko'rsatilgan.

Planar texnologiyani germaniyda ham qo'llash mumkin. Bu holatda, kremniy oksid parda germaniy sirtiga kremniy-organik birikmalarni termik bug'latish bilan o'tqaziladi. Planar usulda olingan asboblarning guruhining elektr parametridagi farqlar eng kichik. Chunki, bu asboblarning yarimo'tkazgichli bitta plastinkadan birlik texnologiyada olinadi. Shuning uchun ham planar texnologiya mikroelektronikaning asosini tashkil qiladi.

Epitaksial $p-n$ o'tishlar. Epitaksial usulda elektron-kovak o'tishlarni olish turli tagliklarda yarimo'tkazgichli epitaksial pardalarni o'stirishga asoslangan. Agar o'sgan yarimo'tkazgich epitaksial qatlam o'tkazuvchanligi taglik o'tkazuvchanligiga qarama-qarshi bo'lsa, *uridap-n* o'tish hosil bo'ladi (9.7-rasmda taglik sifatida p -germaniy bo'lib, unga n -turdagi epitaksial germaniy parda o'tqazilgan).

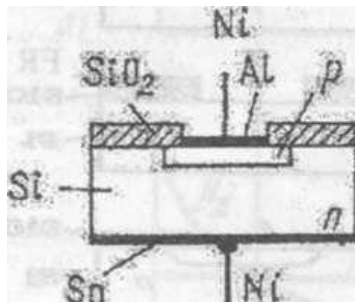
Hozirgi vaqtda turli tagliklarda epitaksial pardalarni o'stirish usuli ishlab chiqilishi impulsli diodlar, yuqori takroriylikli tranzistorlar va boshqa yarimo'tkazgichli asboblarni ishlab chiqarishda keng qo'llanilmoqda. Epitaksial usul integral mikrosxemalar tayyorlashda keng qo'llaniladi.

Ion legirlash bilan $p-n$ o'tishlar olish



9.6-rasm. Planar $p-n$ o'tishning vujudga kelish texnologik jarayoni bosqichlari

Keyingi yillarda ion legirlash usulida p - n o'tishlarni olish samarali o'rganilmoqda va amaliyotda keng qo'llanilmoqda. Ion manbalarda akseptor yoki donor zarrachalar ion optik tizimda oqimni hosil qilib uni 40-800 keV energiyagacha tezlashtirilib yarimo'tkazgich plastinka — nishonga tushiriladi. Ionlarning yarimo'tkazgich plastinka chuqurligiga kirib borishi ularning energiyasiga bog'liq bo'lib, legirlanish darajasi ionlar oqimi bilan nishonni nurlantirish vaqtiga bog'liq.



9.7-rasm. Planar p - n o'tish tuzilmasining umumiy ko'rinishi

Meza-o'tishlar. Birlik texnologik jarayonlarda yarimo'tkazgichli asboblarni katta guruhda tayyorlashda meza-o'tishlar olinadi. Bunda n - turdagi kremniyda diffuzion usulda p -qatlam olinadi (9.7-rasm). Ma'lum chuqurlikda tekis p - n o'tish olingandan keyin niqob orqali ushbu o'tishga lak surkaladi. Yedirish amali bilan niqob olinadi. Shundan keyin plastinka p - n o'tishlarga kesiladi. Alohida olingan element yoki kristallcha stolchaga o'xshab ketganligi uchun bunday tuzilmalarni meza-o'tishlar (ispancha *mesa*- stolcha) deyiladi va bu texnologiyani meza-texnologiya deyiladi. Meza-texnologiya bo'yicha olingan bir guruh o'tishlarning parametrlarida farq kam bo'ladi. Bu texnologiya yaxshi o'rganilgan va yuqori takroriylikli tranzistorlarni ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi.

Nazorat savollari

1. Texnologik marshrutga qisqacha tariff bering.
2. Elektr o'tish turlari qanday hosil bo'ladi?
3. Nuqtaviy o'tishlar qanday hosil bo'ladi?
4. Qotishmali p - n o'tishlar qanday hosil bo'ladi?
5. Diffuzion p - n o'tishlar qanday hosil bo'ladi?
6. Planar p - n o'tishlar qanday hosil bo'ladi?
7. Epitaksial p - n o'tishlar qanday hosil bo'ladi?
8. Ion legirlash bilan p - n o'tishlar olish qanday amalga oshiriladi?
9. Meza-o'tishlar qanday hosil bo'ladi?

10-Ma'ruza. Integral sxemaning faol elementlari: Bipolyar tarnzistor.
Integral sxemaning faol elementlari. Integral sxemaning passiv elementlari.

Reja:

1. Integral mikrosxema (IMS)
2. Pardali va gibrid mikrosxemalar.
3. Ярим ўтазгичли ИМСлар.

Integral mikrosxemalar elektr asboblarning sifat darajasidagi yangi turi bo'lib elektron qurilmalarning asosiy negiz elementi hisoblanadilar.

Integral mikrosxema (IMS) elektr jihatdan o'zaro bog'langan elektr radiomateriallar (tranzistorlar, diodlar, rezistorlar, kondensatorlar va boshqalar) majmui bo'lib, yagona texnologik siklda bajariladi, ya'ni bir vatqning o'zida yagona konstruksiya (asos)da ma'lum axborotni qayta ishlash funksiyasini bajaradi.

IMSlarning asosiy xossasi shundaki, u murakkab funksiyalarni bajarish bilan birga kuchaytirgich, trigger, hisoblagich, xotira qurilmasi va boshqa funksiyalarni ham bajaradi. Xuddi shu funksiyalarni bajarish uchun diskret elementlarda mos keluvchi sxemani yig'ish talab qilinardi.

IMSlar uchun ikki asosiy belgi mavjud: **konstruktiv** va **texnologik**. Konstruktiv belgisi shundaki, IMSning barcha elementlari asosiy asos ichida yoki sirtida joylashadi, elektr jihatdan birlashtirilgan va yagona qobiqqa joylashtirilgan bo'lib, yagona hisoblanadi. IMS elementlarining hammasi yoki bir qismi va elementlararo bog'lanishlar yagona texnologik siklda bajariladi. Shu sababli integral mirosxemalar yuqori ishonchlilikka va kichik tannarxga ega.

Hozirgi kunda yasaliish turi va hosil bo'ladigan tuzilmaga ko'ra IMSlarning uchta prinsipial turi mavjud: **yarim o'tkazgichli**, **pardali** va **gibrid**. Har bir IMS turi konstruksiyasi, mikrosxema tarkibiga kiradigan element va komponentlar sonini ifodalovchi integratsiya darajasi bilan xarakterlanadi.

Element deb biror elektroradioelement (tranzistor, diod, rezistor, kondensator va boshqalar) funksiyasini amalga oshiruvchi IMS qismiga aytiladi va u kristall yoki asosdan ajralmagan konstruksiyada yasaladi.

IMS komponentasi deb uning diskret element funksiyasini bajaradigan, lekin avvaliga mustaqil mahsulot kabi montaj qilinadigan qismiga aytiladi.

Asosiy IMS konstruktiv belgilaridan biri bo'lib **asos turi** hisoblanadi. Bu belgiga ko'ra IMSlar ikki turga bo'linadi: **yarim o'tkazgichli** va **dielektrik**.

Asos sifatida yarim o'tkazgichli materiallar orasida kremniy va galliy arsenidi keng qo'llaniladi. IMSning barcha elementlari yoki elementlarning bir qismi yarim o'tkazgichli monokristall plastina ko'rinishida asos ichida joylashadi.

Dielektrik asosli IMSlarda elementlar uning sirtida joylashadi. Yarim o'tkazgich asosli mikrosxemalarning asosiy afzalligi – elementlarning juda katta integratsiya darajasi hisoblanadi, lekin uning nominal parametrlari diapazoni juda cheklangan bo'lib ular bir - biridan izolyatsiyalanishni talab qiladi. Dielektrik asosli mikrosxemalarning afzalligi – elementlarning juda yaxshi izolyatsiyasi, ularning xossalari barqarorligi, hamda elementlar turi va elektr parametrlari tanlovining kengligi.

Pardali va gibril mikrosxemalar

Pardali IS – bu dielektrik asos sirtiga surtilgan elementlari parda ko'rinishida bajarilgan mikrosxema. Pardalar past bosimda turli materiallardan yupqa paradalar ko'rinishida cho'kmalar hosil qilish yo'li bilan olinadi.

Parda hosil qilish usuli va unga bog'liq bo'lgan qalinligiga ko'ra **yupqa pardali IS** (parda qalinligi 1 – 2 mkm gacha) va **qalin pardali IS** (parda qalinligi 10 – 20 mkm gacha va katta) larga bo'linadi.

Hozirgi kunda barqaror pardali diodlar va tranzistorlar mavjud emas, shu sababli pardali ISlar faqat passiv elementlar (rezistorlar, kondensatorlar va x.z.) dan tashkil topadi.

Gibril IS (yoki GIS) – bu pardali passiv elementlar bilan diskret aktiv elementlar kombinatsiyasidan tashkil topgan, yagona dielektrik asosda joylashgan mikrosxema. Diskret komponentlarni osma elementlar deb atashadi. Qobiqsiz yoki mikrominiatyur metall qobiqli mikrosxemalar gibril IMSlar uchun aktiv elementlar bo'lib hisoblanadilar.

Gibril integral mikrosxemalarning asosiy afzalligi: nisbatan qisqa ishlab chiqish vaqtida analog va raqamli mikrosxemalarning keng turlarini yaratish imkoniyati; keng nomenklaturaga ega bo'lgan passiv elementlar hosil qilish imkoniyati; MDYA – asboblari, diodli va tranzistorli matritsalar va yuqori yaroqli mikrosxemalar chiqishi.

Yarim o'tkazgichli IMSlar

Tranzistorning ishlatilish turiga ko'ra yarim o'tkazgichli IMSlarni **bipolyar** va **MDYA IMS** larga ajratish qabul qilingan. Bundan tashqari, oxirgi vaqtlarda boshqariluvchi o'tishli maydoniy tranzistorlar yasalgan IMSlardan foydalanish katta ahamiyat kasb etmoqda. Bu sinfga galliy arsenidida yasalgan IMSlar, zatvori Shottki diodi ko'rinishida bajarilgan maydoniy tranzistorlar kiradi. Hozirgi kunda

bir vaqtning o'zida ham bipolyar, ham maydoniy tranzistorlar qo'llanilgan IMSlar yaratish tendensiyasi belgilanmoqda.

Ikkala sinfga mansub yarim o'tkazgichli ISlar texnologiyasi yarim o'tkazgich kristallini galma – gal donor va akseptor kiritmalar bilan legirlash (kiritish)ga asoslangan. Natijada sirt ostida turli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yupqa qatlamlar, ya'ni $n-p-n$ yoki $p-n-p$ tuzilmali tranzistorlar hosil bo'ladi. Bir tranzistorning o'lchamlari enigi bir necha mikrometrlarni tashkil etadi. Alohida elementlarning izolyatsiyasi yoki $p-n$ o'tish yordamida, yoki dielektrik parda yordamida amalga oshirilishi mumkin. Tranzistorli tuzilma faqat tranzistorlarni emas, balki boshqa elementlar (diodlar, rezistorlar, kondensatorlar) yasashda ham qo'llaniladi.

Mikroelektronikada bipolyar tranzistorlardan tashqari ko'p emitterli va ko'p kollektorli tranzistorlar ham qo'llaniladi.

Ko'p emitterli tranzistorlar (KET) umumiy baza qatlami bilan birlashtirilgan bir kollektor va bir necha (8-10 gacha va ko'p) emitterdan tashkil topgan. Ular tranzistor – tranzistorli mantiq (TTM) sxemalarni yaratishda qo'llaniladi.

Ko'p kollektorli tranzistor tuzilmasi ham, KET tuzilmasiga o'xshash bo'ladi, lekin integral – injeksion mantiq (I^2M) deb ataluvchi injeksion manbali mantiqiy sxemalar yasashda qo'llaniladi.

Diodlar. Diodlar bitta $p-n$ o'tishga ega. Lekin bipolyar tranzistorli IMSlarda asosiy tuzilma sifatida tranzistor tanlangan, shuning uchun diodlar tranzistorning diod ulanishi yordamida hosil qilinadi. Bunday ulanishlarning beshta varianti mavjud. Agar diod yasash uchun emitter – baza o'tishdagi $p-n$ o'tish qo'llanilsa, u holda kollektor – baza o'tishdagi $p-n$ o'tish uziq bo'lishi kerak.

Rezistorlar. Bipolyar tranzistorli IMSlarda rezistor hosil qilish uchun bipolyar tranzistor tuzilmasining biror sohasi: emitter, kollektor yoki baza qo'llaniladi. Emitter sohalari asosida kichik qarshilikka ega bo'lgan rezistorlar hosil qilinadi. Baza qatlami asosida bajarilgan rezistorlarda ancha katta qarshiliklar olinadi.

Kondensatorlar. Bipolyar tranzistorli IMSlarda teskari yo'nalishda siljigan $p-n$ o'tishlar asosida yasalgan kondensatorlar qo'llaniladi. Kondensatorlarning shakllanishi yagona texnologik siklda tranzistor va rezistorlar tayyorlash bilan bir vaqtning o'zida amalga oshiriladi. Demak ularni yasash uchun qo'shimcha texnologik amallar talab qilinmaydi.

MDYA – tranzistorlar. IMSlarda asosan zatvori izolyatsiyalangan va kanali induksiyalangan MDYA–tranzistorlar qo'llaniladi. Tranzistor kanallari p - va n - turli bo'lishi mumkin. MDYA–tranzistorlar faqat tranzistorlar sifatida emas, balki

kondensatorlar va rezistorlar sifatida ham qo'llaniladi, ya'ni barcha sxema funksiyalari birgina MDYA – tuzilmalarda amalga oshiriladi. Agar dielektrik sifatida SiO₂ qo'llanilsa, u holda bu tranzistorlar MOYA–tranzistorlar deb ataladi. MDYA – tuzilmalarni yaratishda elementlarni bir – biridan izolyatsiya qilish operatsiyasi mavjud emas, chunki qo'shni tranzistorlarning istok va stok sohalari bir–biriga yo'nalgan tomonda ulangan p - n o'tishlar bilan izolyatsiyalangan. Shu sababli MDYA–tranzistorlar bir–biriga juda yaqin joylashishi mumkin, demak katta zichlikni ta'minlaydi.

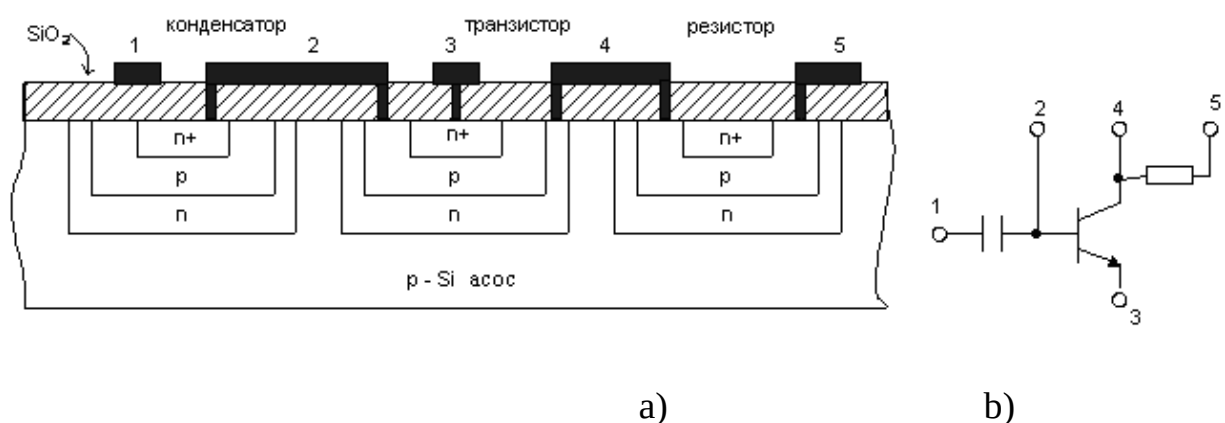
Bipolyar va MDYA IMSlar **planar** yoki **planar – epitaksial** texnologiyada yasaladi.

Planar texnologiyada n - p - n tranzistor tuzilmasini yasashda p -turdagi yarim o'tkazgichli plastinaning alohida sohalariga teshiklari mavjud bo'lgan maxsus maskalar orqali mahalliy legirlash amalga oshiriladi. Maska rolini plastina sirtini egallovchi kremniy ikki oksidi SiO₂ o'ynaydi. Bu pardada maxsus usullar (fotolitografiya) yordamida darcha deb ataluvchi teshiklar shakllanadi. Kiritmalar yoki diffuziya (yuqori temperaturada ularning konsentratsiya gradiyenti ta'sirida kiritma atomlarini yarim o'tkazgichli asosga kiritish), yoki ionli legirlash yordamida amalga oshiriladi. Ionli legirlashda maxsus manbalardan olingan kiritma ionlari tezlashadi va elektr maydonda fokuslanadilar, asosga tushadilar va yarim o'tkazgichning sirt qatlamiga singadilar.

Planar texnologiyada yasalgan yarim o'tkazgichli bipolyar tuzilmali IMS namunasi va uning ekvivalent elektr sxemasi 7.1 a, b - rasmda keltirilgan.

Diametri 76 mmli yagona asosda bir varakayiga usulda bir vaqtning o'zida har biri 10 tadan 2000 ta element (tranzistorlar, rezistorlar, kondensatorlar)dan tashkil topgan 5000 mikrosxema yaratish mumkin. Diametri 120 mm bo'lgan plastinada o'nlab milliontagacha element joylashtirish mumkin.

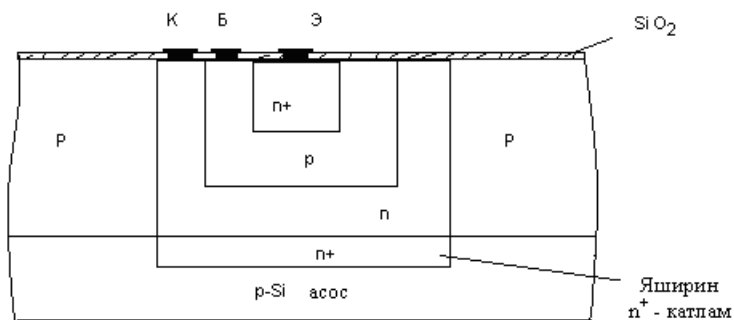
Zamonaviy IMSlar qotishmali planar – epitaksial texnologiyada yasaladi. Bu texnologiya planar texnologiyadan shunisi bilan farq qiladiki, barcha elementlar p -turdagi asosda o'stirilgan n -turdagi kremniy qatlamida hosil qilinadi. Epitaksiya deb kristall tuzilmasi asosnikidan bo'lgan qatlam o'stirishga aytiladi.



10.1 – rasm.

Planar – epitaksial texnologiyada yasalgan tranzistorlar ancha tejamli, hamda planarligiga nisbatan yaxshilangan parametr va xarakteristikalariga ega.

Buning uchun asosga epitaksiyadan avval n^+ - qatlam kiritiladi (10.2 - rasmda). Bu holda tranzistor orqali tok kollektordagi yuqoriomli rezitordan emas, balki kichikomli n^+ - qatlam orqali oqib o'tadi.



10.2 – расм.

Mikroshema turli elementlarini elektr jihatdan birlashtirish uchun metallizatsiyalash qo'llaniladi. Metallizatsiyalash jarayonida oltin, kumush, xrom yoki alyuminiydan yupqa metall pardalar hosil qilinadi. Kremniyli IMSlarda metallizatsiyalash uchun alyuminiydan keng foydalaniladi.

Sxemotexnik belgilariga ko'ra mikroshemalar ikki sinfga bo'linadi.

IMS bajarayotgan asosiy vazifa – elektr signali (tok yoki kuchlanish) ni ko'rinishida berilayotgan axborotni qayta ishlash hisoblanadi. Elektr signallari uzluksiz (analog) yoki diskret (raqamli) shaklda ifodalanishi mumkin.

Shu sababli, analog signallarni qayta ishlaydigan mikroshemalar – **analog integral mikroshemalar** (AIS), raqamli signallarni qayta ishlaydiganlari esa – **raqamli integral sxemalar** (RIS) deb ataladi.

Raqamli sxemalar asosida sodda tranzistorli kalit (ventil) sxemalar yotadi. Kalitlar ikkita turg'un holatni egallashi mumkin: uzilgan va ulangan. Sodda kalitlar asosida ancha murakkab sxemalar yasaladi: mantiqiy, bibarqaror, triggerli (ishga tushuruvchi), shifratorli, komparatorlar va boshqa, asosan hisoblash texnikasida qo'llaniladigan. Ular raqamli shaklda ifodalangan axborotni qabul qilish, saqlash, qayta ishlash va uzatish fuksiyasini bajaradilar.

Integral mikrosxemalarning ***murakkablik darajasi komponent integratsiya darajasi*** kattaligi bilan ifodalanadi. Bu kattalik raqamli IMSlar uchun kristallda joylashishi mumkin bo'lgan mantiqiy ventillar soni bilan belgilanadi.

100 ta dan kam ventilga ega bo'lgan IMSlar kichik integratsiya darajasiga ega bo'lgan IMSlarga kiradi. O'rta darajali ISlar 10^2 , katta ISlar $10^2 \div 10^5$, o'ta katta ISlar $10^5 \div 10^7$ va ultra katta ISlar 10^7 darajadan ortiq ventillardan tashkil topadi. Bunday sinflanish tizimi analog mikrosxemalar uchun ham qabul qilingan.

Nazorat savollari

1. Integral mikrosxema (IMS) nima ?
2. IMS asosiy xususiyati nimada ?
3. IMS elementi va komponentasi deb nimaga aytiladi ?
4. Pardali, gibrid va yarim o'tkazgichli IMSlarning bir – biridan farqi nimada?
5. Nima sababli tranzistorli tuzilma turli IMS elementlari yasashda asosiy hisoblanadi ?
6. Integral mikrosxema elementlarini izolyatsiyasi qanday amalga oshiriladi?
7. Planar va planar – epitaksial texnologiyada yasalgan tranzistorlar bir – biridan nimasi bilan farq qiladi ?
8. Raqamli va analog IMSlarning murakkablik darajasi (integratsiya darajasi) qanday aniqlanadi ?
9. Analog IMSlarda qanday signallar qayta ishlanadi ? Raqamlidachi?

11-Ma'ruza: MDYA – tranzistor

Reja:

1. Kanali induksiyalangan MDYA – tranzistorlar
2. Kanali qurilgan MDYA – tranzistorlar

Kanali induksiyalangan MDYA - tranzistorlar

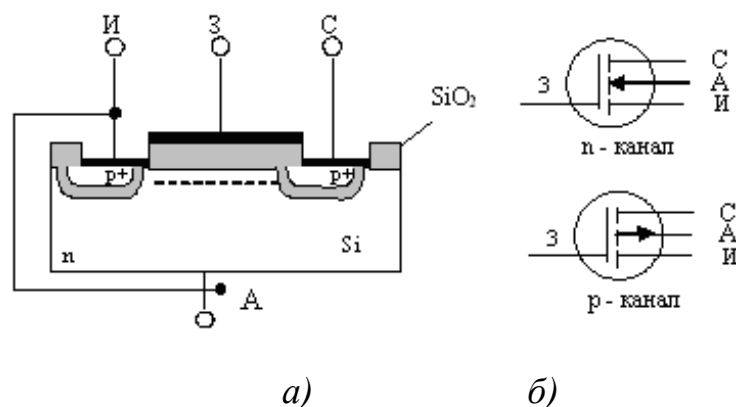
$P - n$ o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistorlardan farqli ravishda MDYa–tranzistorlarda metall zatvor kanal hosil qiluvchi o'tkazgichli sohadan doim dielektrik qatlami yordamida izolyatsiyalangan. Shu sababli MDYa–tranzistorlar zatvori izolyatsiyalangan maydoniy tranzistorlar turiga kiradi. Dielektrik qatlami SiO_2 dielektrik oksidi bo'lganligi sababli, bu tranzistorlar MOYA – tranzistorlar (metall – oksid- yarim o'tkazgichli tuzilma) deb ham ataladilar.

MDYA–tranzistorlarning ishlash prinsipi ko'ndalang elektr maydoni ta'sirida dielektrik bilan chegaralangan yarim o'tkazgichning yuqori qatlamida o'tkazuvchanlikni o'zgartirish effektiga asoslangan. Yarim o'tkazgichning yuqori qatlami tranzistorning tok o'tkazuvchi kanali vazifasini bajaradi.

p – kanali induksiyalangan MDYA - tranzistor tuzilmasi 11.1 a –rasmda va uning shartli belgisi 11.1 b- rasmda keltirilgan.

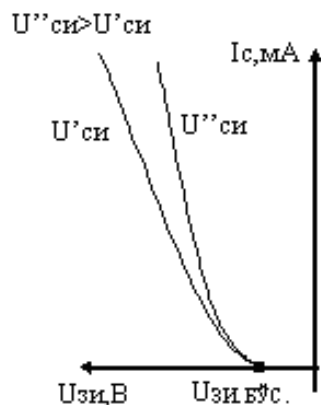
Tranzistor quyidagi chiqishlarga ega: istokdan – I, stokdan – S, zatvordan – Z va asos deb ataluvchi – A kristalldan.

Stok va istoklarning p^+ - sohaları n – turdagi yarim o'tkazgich bilan ikkita $p-n$ o'tish hosil qilganligi sababli, U_{SI} kuchlanishining biror qutblanishida bu o'tishlardan biri teskari yo'nalishda ulanadi va stok toki I_S deyarli nolga teng bo'ladi.

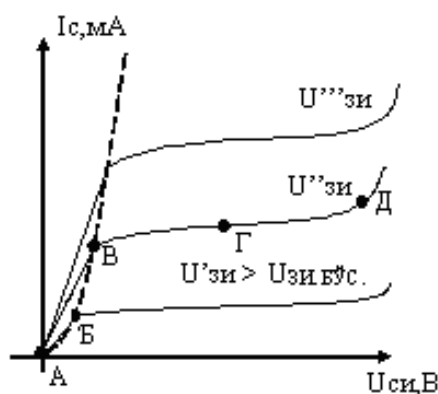


11.1 – rasm.

Tranzistorda tok o'tkazuvchi kanal hosil qilish uchun zatvorga teskari qutbdagi kuchlanish beriladi. Zatvor elektr maydoni SiO₂ dielektrik qatlami orqali yarim o'tkazgichning yuqori qatlamiga kiradi, undagi asosiy zaryad tashuvchilar (elektronlar) ni itarib chiqaradi va asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar (kovaklar) ni o'ziga tortadi. Natijada yuqori qatlam elektronlari kambag'allashib, kovaklar bilan esa boyib boradi. Zatvor kuchlanishi bo'sag'aviy deb ataluvchi ma'lum qiymati U_0 ga yetganda, yuqori qatlamda elektr o'tkazuvchanlik kovak o'tkazuvchanlik bilan almashadi va istok va stokni bir – biri bilan bog'lovchi p -turdagi kanal shakllanadi. $U_{зи} > U_0$ bo'lganda yuqori qatlam kovaklar bilan boyib boradi, bu esa kanal qarshiligini kamayishiga olib keladi. Bu vaqtda stok toki I_s ortadi. 11.2 – rasmda p – kanali induksiyalangan MDYa - tranzistorning stok – zatvor VAXsi keltirilgan.



11.2 – rasm.



11.3 – rasm.

11.3 – rasmda n - kanali induksiyalangan MDYA - tranzistorning chiqish (stok) xarakteristiklar oilasi keltirilgan. Zatvorga ma'lum kuchlanish берилганда $|U_{си}|$ ning ortib borishiga ko'ra stok toki nol qiymatdan avvaliga chiziqli ko'rinishda ortib boradi (VAX ning tikka qismi), keyinchalik esa ortish tezligi kamayadi va yetarlicha katta $|U_{си}|$ qiymatlarida tok o'zgarmas qiymatga intiladi. Tok ortishining to'xtashi stok yaqinidagi kanalning berkilishi bilan bog'liq.

Kanali qurilgan MDYa - tranzistorlar

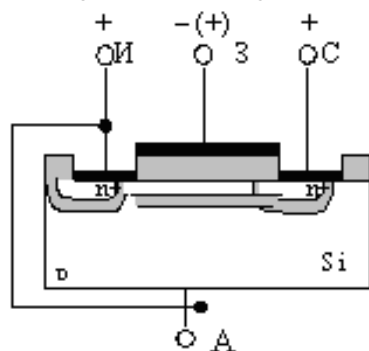
11.4 –rasmda n – turdagi kanali qurilgan MDYa tranzistor tuzilmasi (a) va uning shartli belgisi (b) keltirilgan.

Agar $U_{3H} = 0$ bo'lganda U_{CH} kuchlanish o'rnatilsa, u holda kanal orqali elektronlar hisobiga tok oqib o'tadi. Zatlarga istokka nisbatan manfiy kuchlanish berilsa, kanalda ko'ndalang elektr maydon yuzaga keladi va uning ta'sirida kanaldan elektronlar itarib chiqariladilar. Kanal elektronlar bilan kambag'allashib boradi, uning qarshiligi ortadi va stok toki kamayadi. Zatlardagi manfiy kuchlanish qancha katta bo'lsa, bu tok shuncha kichik bo'ladi. Tranzistorning bunday rejimi *kabag'allashish rejimi* deb ataladi.

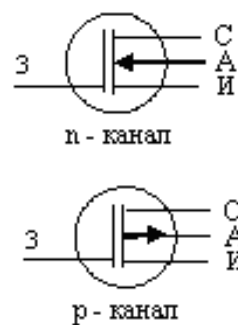
Agar zatlarga musbat kuchlanish ta'sir ettirilsa, hosil bo'lgan elektr maydoni ta'sirida, istok va stok, hamda kristalldan kanalga elektronlar kela boshlaydilar, kanalning o'tkazuvchanligi va shu bilan birga stok toki ortib boradi. Bu rejim *boyish rejimi* deb ataladi.

Ko'rib o'tilgan jarayonlar 11.4 a – rasmda keltirilgan statik stok – zatlarp xarakteristikada: $U_{CH} = \text{const}$ bo'lgandagi $I_C = f(U_{3H})$ bilan ifodalangan.

$U_{3H} > 0$ bo'lganda tranzistor boyish rejimida, $U_{3H} < 0$ bo'lganda esa kambag'allashish rejimida ishlaydi.



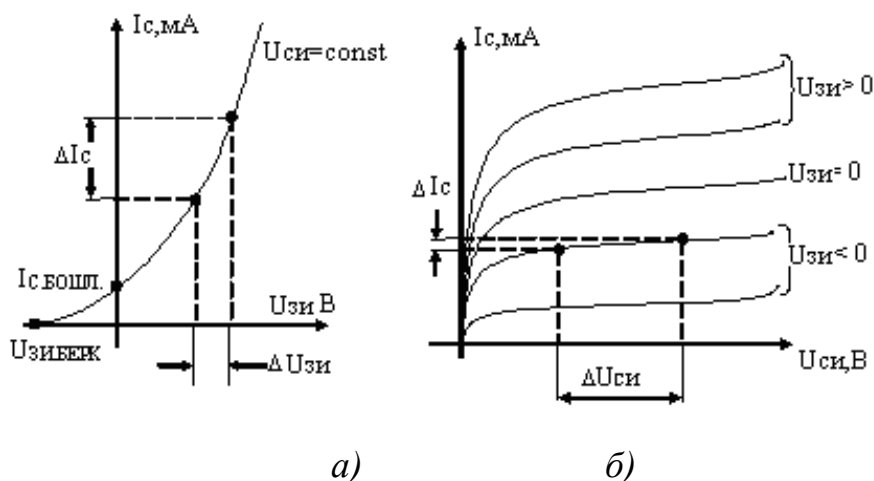
a)



b)

11.4 – rasm.

Boyish rejimida stok xarakteristikalari $U_{ZI} = 0$ da olingan boshlang'ich xarakteristikadan - yuqorida, kambag'allashish rejimida esa – pastda joylashadi (11.5 b- rasm).



11.6 – расм.

S , R_i va μ statik differensial parametrlar xuddi $p-n$ o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistorlardagi $R_i = \frac{dU_{CH}}{dI_C}$ $U_{ЗИ} = const$

$\mu = -\frac{dU_{CH}}{dU_{ЗИ}}$ $I_C = const$ va $\mu = SR_i$ ifodalardan mos ravishda aniqlanadi.

Xarakteristika tikligi va ichki qarshilik barcha turdagi maydoniy tranzistorlardagi kabi qiymatlarga ega bo'ladi. Kirish qarshiligi va elektrodlararo sig'implarga kelsak, MDYa – tranzistorlar $p-n$ o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistorlardagiga nisbatan yaxshi ko'rsatkichlarga ega. $R_{ЗИ}$ kirish qarshiligi bir necha darajaga yuqori bo'lib 10^{12} - 10^{15} Om ni tashkil etadi. Elektrodlararo sig'implar qiymati $C_{ЗИ}$, C_{CH} lar uchun -10 pF dan, C_{3C} uchun -2 pF dan ortmaydi. Bu ko'rsatkichlar tranzistor inersiyasini belgilaydilar.

Nazorat savollari

1. Asosga nisbatan zatvor va istok oralig'idagi kuchlanish o'zgarishida kanal geometriyasi qanday o'zgaradi ?
2. Zatvor va istok oralig'idagi kuchlanish maydoniy tranzistor stok toki qiymatiga qanday ta'sir ko'rsatadi ?
3. Maydoniy tranzistorlarning asosiy ulanish sxemalarini aytib bering.
4. Maydoniy tranzistor qanday rejimlarda ishlashi mumkin?
5. Maydoniy tranzistor asosiy xarakteristikalarini aytib bering.

Reja:

12.1. Raqamli texnika asoslari.

12.2. Mantiqiy IMS parametrlari.

Zamonaviy hisoblash texnikasida axborotni raqamli qayta ishlash usuli muhim rol o'ynaydi. Raqamli yarim o'tkazgichli IMSlar hisoblash texnikasi qurilmalari va tizimining negiz elementi hisoblanadi. Hisoblash mashinalari tomoniday qayta ishlanayotgan berilganlar, natija va boshqa axborotlar faqat ikki qiymat oladigan (ikkilik sanoq tizimi) elektr signallari ko'rinishida ifodalanadi.

Analog axborotni raqamli ko'rinishga aylantirish uchun uni **kvantlaydilar**, ya'ni vaqt bo'yicha uzluksiz signal uning ma'lum nuqtalardagi diskret qiymatlari bilan almashtiriladi. So'ngra berilgan signal oxirgi diskret qiymatiga mos ravishda raqam beriladi. Signal diskret darajalarini raqamlar ketma – ketligi bilan almashtirish jarayoni **kodlash** deb ataladi. Olingan raqamlar ketma – ketligi **signal kodi** deb ataladi.

Ikkilik sanoq tizimida biror son ikki raqam: 0 va 1 orqali ifodalanadi. Raqamlarni ifodalash uchun raqamli tizimlarda tok yoki kuchlanish kabi elektr kattalikni ikki holatdagi signalini qabul qilishga moslashgan elektron sxema bo'lishi talab qilinadi. Kattalikning biri – 0 ga, ikkinchisi – 1 ga mos kelishi kerak. Ikki elektr holatga ega bo'lgan elektr sxemalarni yaratishning nisbatan soddaligi shunga olib keldiki, hozirgi zamonaviy raqamli texnika mana shu ikkilik ifodalanish tizimga asoslangan.

Raqamli qurilmalar ishlash algoritmini ifodalash uchun bul algebrasi yoki mantiq algebrasi qo'llaniladi. Mantiq algebrasi doirasida raqamli sxema kirish, chiqish va ichki qismlariga mos ravishda bul o'zgaruvchilari o'rnatiladi va ular faqat ikki qiymat qabul qilishi mumkin:

$$X=0 \text{ agar } X \neq 1; \quad X=1 \text{ agar } X \neq 0.$$

Bul algebrasi asosiy amallari bo'lib mantiqiy qo'shuv, ko'paytiruv va inkor amallari hisoblanadi.

Mantiqiy qo'shuv. Bu amal YOKI amali yoki dizyunksiya deb ataladi. Ikki o'zgaruvchini mantiqiy qo'shish postulatlari 12.1 – jadvalda keltirilgan.

Bunday jadvallar **haqiqiylik jadvallari** deb ataladi. Shuni ta'kidlash kerakki, bu amal ixtiyoriy o'zgaruvchilar soniga mo'ljallangan. Amal bajarilayotgan o'zgaruvchilar soni, uning belgisidan oldin turgan raqam bilan ko'rsatiladi.

Demak, 12.1 – jadvalda 2 YOKI amali bajarilgan. Mantiqiy qo’shuv YOKI amalini bajaruvchi element (elektron sxema) shartli belgisi 9.1 *a* – rasmda keltirilgan.

12.1 - jadval

X1	X2	$Y=X1+X2$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Mantiqiy qo’paytiruv. Bu amal HAM amali yoki konyunksiya deb ataladi. Mantiqiy ko’paytiruv postulatlar 12.2 – jadvalda keltirilgan. Mantiqiy HAM amalini bajaruvchi element shartli belgisi 12.1 *b* – rasmda ifodalangan.

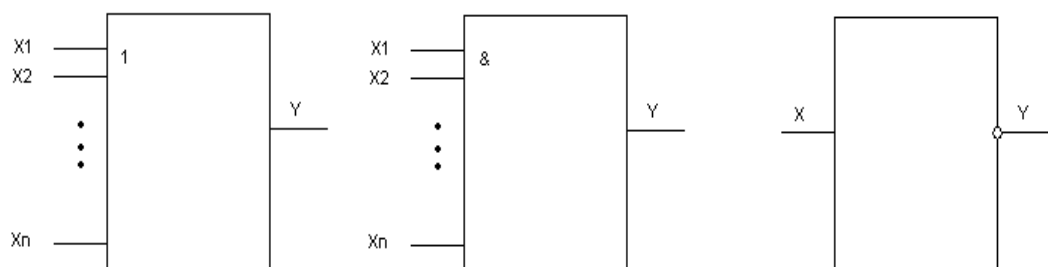
12.2 - jadval

X1	X2	$Y=X1 \cdot X2$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Mantiqiy inkor. Inkor amali inversiya yoki to’ldirish deb ataladi. Inkor postulatlar 9.3 – jadvalda keltirilgan. Inversiya amalini bajaruvchi mantiqiy element shartli belgisi 9.1 *v* – rasmda keltirilgan.

12.3– jadval

X	Y
0	1
1	0



a)

b)

v)

12.1 – rasm.

Elementar mantiqiy HAM, YOKI, EMAS amallarini bajaradigan mantiqiy elementlardan foydalanib ancha murakkab amallarni bajaradigan elementlar va ularga mos keluvchi elektron sxemalar yaratish mumkin.

Turli amallarni bajaradigan elementlar IMSlar ko'rinishida ko'plab ishlab chiqariladi. Mantiqiy IMSlar seriyalarga birlashadilar. Har bir seriya asosida ma'lum bir mantiqiy amalni bajaruvchi elektr sxemadan tashkil topgan negiz element yotadi, masalan HAM-EMAS mantiqiy amali (Sheffer elementi) yoki YOKI-EMAS mantiqiy amali (Pirs elementi). Raqamli integral mikrosxemalar yaratishda turli murakkab mantiqiy amallarni bajaradigan sxemalarni yasashda faqat bitta HAM-EMAS, yoki YOKI-EMAS mantiqiy elementidan foydalanish talab qilinishi bilan ham ajralib turadi.

Mantiqiy IMS parametrlari

Axborotni kodlash usuliga ko'ra mantiqiy elementlar **potensial va impuls** usullariga bo'linadilar.

Mantiqiy elementlarning ko'pchiligi potensial hisoblanadi, ya'ni ularda ikkilik axborot ikkita elektr potensial daraja ko'rinishida ifodalanadi: mantiqiy **0** – past potensial U^0 , mantiqiy **1** – yuqori potensial U^1 . Impuls mantiqiy elementlarda mantiqiy birga - impulsning mavjudligi, mantiqiy nolga – uning mavjud emasligi mos keladi.

IMS potensial mantiqiy elementlari quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi:

- mantiqiy «**0**» va «**1**» kuchlanishlari - U^0 va U^1 ;
- mikrosxema holati teskari holatga o'zgaradigan kirishdagi ma'lum kuchlanish – bo'sag'aviy kuchlanish $U_{BO's}$;
- kirish bo'yicha birlashish ko'effitsiyenti m (kirishlar soni);
- chiqish bo'yicha tarmoqlanish ko'effitsiyenti n (yuklama qobiliyati yoki mazkur IMS chiqishiga ulash mumkin bo'lgan xuddi shunday mirosxemalar soni);
- $U_{KIP} = U^0$ va $U_{KIR} = U^1$ larga mos keluvchi kirish toklari I^0_{KIR} va I^1_{KIR} ;
- xalaqitlarga bardoshligi – yuqori U^1_{XAL} va past U^0_{XAL} kirish kuchlanish darajasi bo'yicha mumkin bo'lgan maksimal xalaqit kuchlanish qiymati;
- manbadan iste'mol qilinayotgan quvvat P ;
- E_M kuchlanish va I_M tok manbalari;

- «0» holatdan «1» holatga, yoki aksincha o'tishdagi qayta ulanish kechikish vaqti;

- qayta ulanishlarning (tezkorlik) o'rtacha kechikish vaqti - $0,5 \cdot (t^0_K + t^1_K)$.

Zamonaviy statik tizimlarning asosiy negiz elementi bo'lib Shottki diodlari qo'llanilgan TTM, I²M, EBM, MDYA – tranzistorlarda (yoki p – kanalli MDYA, yoki n – kanalli MDYA) yasalgan mantiq, komplementar MDYA – tranzistorlarda (KMDYA) yasalgan mantiq elementlari hisoblanadi.

Raqamli integral mikrosxema negiz elementlariga qo'yiladigan asosiy talab – ularning tezkorligi, kichik sochilish quvvati, katta joylashtirish zichligi (yagona kristall sirtida joylashgan elementlar soni) va tayyorlanishni texnologikligi hisoblanadi.

Yuqorida sanab o'tilgan negiz elementlar, u yoki bu, yoki bir necha parametrlariga ko'ra bir – biridan ustun tursa, boshqa parametrlariga ko'ra yomonroq hisoblanadi.

IMS negiz mantiqiy elementi asosi bo'lib, qayta ulagichlar sifatida qo'llaniladigan biror elektron kalit hizmat qilishi mumkin. Qayta ulagichlar sifatida qo'llaniladigan yarim o'tkazgichli asboblarga quyidagi umumiy talablar qo'yiladi: birdan katta bo'lgan kuchaytirish koeffitsiyenti; axborot uzatish tizimining bir tomonlamaligi; kirish va chiqish bo'yicha katta tarmoqlanish koeffitsiyentlari; qayta ulanishlarning katta tezligi; kichik iste'mol quvvati. Elektron kalitlar sifatida kremniyli bipolyar va maydoniy tranzistorlar qo'llaniladi. Maydoniy tranzistorlarda bajarilgan kalitlar kichik sochilish quvvatiga ega bo'lsalar, bir vaqtning o'zida bipolyar tranzistorlarda bajarilgan elektron kalitlarning qo'llanilishi ularning tezkorligini oshirishga imkon yaratadi.

Nazorat savollari

1. Kodlash deb nimaga aytiladi?
2. Signal kodi nimaga aytiladi?
3. Mantiqiy elementlar qanday usullariga bo'linadi?

13-Ma'ruza: Nanoelektronika

Reja:

13.1. Nanoelektronika

13.2. Nanotexnologiya

Nanoelektronika

Nanoelektronika nanotexnologiyalarning ilmiy va texnologik usullaridan foydalanishga asoslanadi.

Nanotexnologiya - alohida atom va molekulalarni boshqarishni (manipulyatsiya), shuningdek buning uchun zarur nazariy va amaliy tekshirishlarni qo'llash asosida nanoobyektlarni ishlab chiqish va ishlab chiqarish bilan shug'ullanuvchi fan va texnika sohasidir.

ISO/TK 229 texnik komitetda nanotexnologiya deganda:

- bir yoki undan ortiq koordinatalarda 100 nm dan kichik o'lchamlarda o'lchamli hodisalarni e'tiborga olish odatda yangi qo'llanishlarga olib keluvchi nmli diapazonda materiallarni tushunish va materialdagi jarayon va xususiyatlarni boshqarish;

- alohida atom va molekula, shuningdek hajmiy materiallar xususiyatlaridan farq qiluvchi nmli materiallardan yangi xususiyatlarni namoyon qiluvchi mukammallashtirilgan materiallar, asboblari va tizimlar hosil qilish uchun foydalanish nazarda tutiladi.

Nanotexnologiyalar obyekti - avvalam bor o'lchamlari 10^{-100} nm bo'lgan "nanozarracha" deb ataluvchi zarralardan iborat. Nanozarrachalar katalizator va adsorbsiyalovchi moddalar sifatida qiziq. Oqsillar, nuklin kislotalar bilan ta'sirlashuvda nanozarrachalar qiziq xususiyatlarga ega. Nanozarrachalar o'z - o'zidan yangi xususiyatlarni namoyon etuvchi ma'lum tizimni hosil qilishi mumkin.

Nanozarrachalarning quyidagi turlari ma'lum:

- o'tkazgichlarni portlatish, plazma sintezi, yupqa pardalarni tiklash va boshqa yo'llar bilan olinuvchi uch o'lchamli obyektlar;

- molekulyar va atom nurli epitaksiya, gaz fazali epitaksiya, ion o'stirish va boshqa usullar bilan hosil qilinuvchi nanoqatlamlar - ikki o'lchamli obyektlar;

- bir o'lchamli obyektlar - viskerlar;

- nol - o'lchamli obyektlar - kvant nuqtalar.

Nanotexnologiya

Nanotexnologiyalar oldidagi eng muhim masalalardan biri tabiatda mavjud biopolimerlarning o'z - o'zini tashkil etishiga o'xshash nanozarralarni o'z - o'zidan tashkillanishidan iborat.

Qo'llanilishi nuqtai - nazaridan, jumladan, nanoelektronikada eng qiziq va istiqbolli nanoobyektlar:

- Uglerodli nanotrubkalar - odatda yarimsferik boshcha bilan tugallanuvchi va diametri bir nm dan bir necha nm gacha uzunligi bir necha sm ni tashkil etuvchi, bir yoki bir necha (ko'p qatlamli nanotrubka) trubka shaklida o'ralgan geksagonal grafit tekisliklar (grafen).

- Fullerenlar - juft sonli uch koordinatali uglerod atomlaridan tuzilgan qavariq tutash ko'pyoqliklar.

- Grafen - uglerod atomlarining monoqatlami. Grafen xona temperaturasida elektronlarning yuqori harakatchanligiga, tuzilishi bo'yicha noyob taqiqlangan zonaga ega va shuning uchun nisbatan arzon kremniyni almashtirish istiqboli mavjud.

- Nanokristallar - turli kristal nanozarrachalar - nanosterjenlar, nanosimlar, nanotrubkalar, nanolentalar, nanoxalqalar, nanoprujinalar va boshqalar, mikro - va optoelektronikada, mikrosensordlarda, fotokatalizda, pyezoo'zgartgichlarda va shunga o'xshashlarda istiqbolli. Barcha nanozarrachalar kristal tuzilishga ega bo'lgani sababli nanokristal va nanozarra sinonimlardir. Nanokristall atamasi bilan nanoobyektning kristalligiga qo'shimcha urg'u beriladi. Shu bilan birgalikda, oxirgi vaqtda nanokristall deb kristalga o'xshash ikki o'lchamli va uch o'lchamli nanozarrachalardan iborat tuzilmalar atala boshlandi, ya'ni ushbu atama yangi ma'noga ega bo'ldi.

- Nanoqurilma, xususan, nanoelektronikada asosiy obyekt - elektron nanoqurilma.

Nanoo'lchamlarga o'tganda modda xususiyati (nanoobyekt xususiyati) o'zgaradi. Birinchidan, moddalar hajmidagi atomlarga nisbatan nanozarrachalar sirtidagi kimyoviy bog'lanishlari to'yinmagan atomlar boshqacha xususiyatga ega bo'ladi. Mikrozarrachalarda sirtqi atomlarning nisbiy zichligi ulushi e'tiborga olmasa bo'ladigan darajada kichik, nanozarrachalarda esa - sezilarli va xatto ko'p bo'ladi. Ikkinchidan, 12 mkm dan kichik o'lchamlarda, elektr o'tkazishning klassik nazariyasi noto'g'ri bo'ladi va nanozarralar o'lchami elektronning erkin yurish yo'li uzunligidan kichik bo'lgani uchun Om qonuni buziladi. Elektronlar xarakati ballistik bo'lib qoladi. Uchinchidan, nanotuzilmalarda elektronlar xarakatining kvant tabiati va nanotuzilmalarning de - Broyl to'lqin uzunligiga yaqin $\lambda = h/(mv)$ kichik o'lchamlari hamda elektronlar harakatining kvant tabiati bilan bog'liq turli kvant - o'lchamli effektlar kuzatiladi.

Mikroelektronika o'zining yarim asrlik tarixi davomida IMSlar elementlari o'lchamlarini kamaytirish yo'lida Mur qonuniga muvofiq rivojlanmoqda. 1999 yilda mikroelektronika texnologik ajratishning 100 nmli dovonini yengib nanoelektronikaga aylandi. Hozirgi vaqtda 45 nmli texnologik jarayon keng tarqalgan. Bu jarayon optik litografiyaga asoslanishini aytib o'tamiz.

Mikroelektron qurilmalar (IMSlar) yaratishning ananaviy, planar jarayon kabi, usullari yaqin 10 yillik ichida iqtisodiy, texnologik va intellektual chegaraga kelib qolishi mumkin, bunda qurilmalar o'lchamlarini kamaytirish va ularni tuzilish murakkabligining oshishi bilan harajatlarning eksponensial oshishi kuzatiladi. Muammoni nanotexnologiyalar usullarini qo'llagan holda yangi sifat darajasida yechishga to'g'ri keladi.

MDYA tranzistorlarda zatvorosti dielektrigi ananaviy ravishda SiO_2 ishlatiladi, 45 nm o'lchamli texnologiyaga o'tilganda dielektrik qalinligi 1 nmdan kichik bo'ladi. Bunda zatvor osti orqali sizilish toki ortadi.

Kristalning 1 sm yuzasida energiya ajralish 1 kVtga yetadi. Yupqa dielektrik orqali tok oqish muammosi SiO_2 ni dielektrik singdiruvchanlik ko'effitsiyenti s katta boshqa dielektrlarga, masalan s -20+25 bo'lgan gafniy yoki sirkoniy oksidlariga almashtirish yo'li bilan xal etiladi.

Kelgusida, tranzistor kanali uzunligi 5 nmgacha kamaytirilganda, tranzistordagi kvant hodisalar uning xarakteristikalariga katta ta'sir ko'rsata boshlaydi va xususan, stok - istok orasidagi tunnellashuv toki 1 sm^2 yuzada ajraladigan energiyani 1 kVt ga yetkazadi.

Planar texnologiyaning zamonaviy protsessorlar, xotira qurilmalari va boshqa raqamli IMSlar hosil qilishdagi yutuqlari o'lchamlari 90 nm, 45 nm va hatto 28 nmni tashkil etuvchi IMSlar ishchi elementlarini hosil qilish imkonini yaratganligi bugungi kunda ko'pchilik tadqiqotchilar tomonidan nanotexnologiyalarning qo'llanilish natijasidek qaralmoqdaligini aytib o'tamiz. Bu mavjud ISO /TK 229 nuqtai - nazaridan to'g'ri. Lekin, planar jarayon birinchi IMSlar paydo bo'lishi bilan, o'tgan asrning 60 - yillarida hech qanday nanotexnologiyalar mavjud bo'lmagan vaqtda paydo bo'ldi va shundan beri prinsipial o'zgargani yo'q.

Nazorat savollari:

1. Nanoelektronika deganda nimani tushunasiz?
2. Nanotexnologiya deganda nimani tushunasiz?
3. ISO/TK 229 texnik komitetda nanotexnologiya deganda deganda nimani tushunasiz?
4. Nanotexnologiyalar obyekti deganda nimani tushunasiz?

14-Ma'ruza: FunkSIONal elektronika rivojlanishining asosiy yo'nalishlari

Reja:

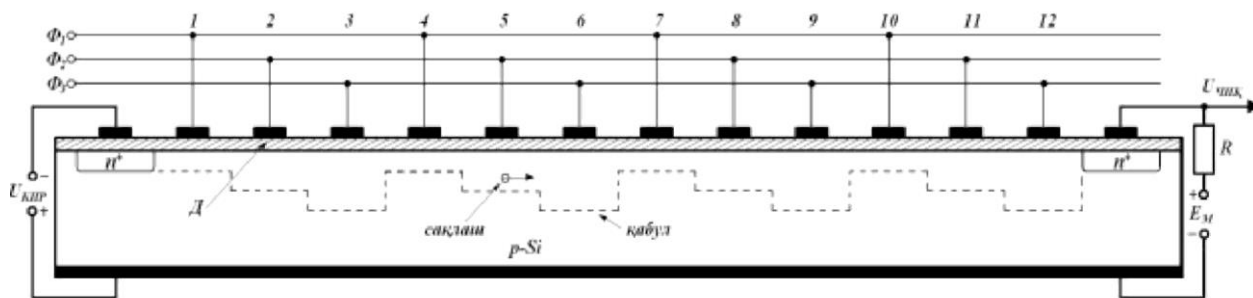
1. FunkSIONal elektronika
2. FunkSIONal elektronika rivojlanishining asosiy yo'nalishlari

IMSlarda komponentli tuzilishdan chetlashish va dinamik bir jinslikmaslilardan foydalanishga asoslangan yo'nalish – **“funktSIONal elektronika”** nomini oldi. FunkSIONal elektronika (FE) rivojlanishining boshlang'ich bosqichida turibdi. FEning ko'p qurilmalari mikroelektronikaning raqamli qurilmalari bilan ishlashga moslashgan. Ular birinchi navbatda yuqori tezkorlik va 10^4 bit sig'imga ega xotira qurilmalaridir.

FunktSIONal elektronikaning eng istiqbolli ba'zi asboblari ishlash prinsiplarini ko'rib chiqamiz.

Zaryad aloqali asbob (ZAA) (14.1 - rasm) yupqa dielektrik qatlam D bilan qoplangan va yuzasiga 12 ta boshqaruvchi metal elektrodlar tizimi joylashtirilgan yarimo'tkazgich kristaldan (masalan r - turli) iborat.

Shunday qilib 12 ta MDYA - tizim hosil qilinadi. Tizimlar soni N elementlar orasidagi masofaga, yozuvchi impuls davomiyligiga bog'liq bo'ladi va $N = 200$ ga yetishi mumkin. Har bir elektrod kengligi 10^{-12} mkm ni, ular orasidagi masofa esa 2^{-4} mkm ni tashkil etishi mumkin.



14-rasm. ZAA turkumidagi uch fazali siljitungchiregistr tizimida zaryad ko'chishi.

Barcha elektrodlanga bo'sag'aviy kuchlanish U_0 berilganda dielektrik bilan yarimo'tkazgich orasida kambag'allashgan soha hosil bo'ladi, bu soha potensial chuqur deb ataladi. Alohida elektroddagi kuchlanish qiymati axborotni saqlash kuchlanishi $u_{SAQ} > U_0$ gacha o'zgartirilganda, ushbu elektrod ostidagi kambag'allashgan soha yarimo'tkazgichning boshqa yuzalariga qaraganda "chuqurroq" bo'ladi. Potensial

chuqurda elektronlarni (paketini) to'plash mumkin. Demak, MDYA - tuzilma ma'lum vaqtgacha potensial chuqurdagi zaryadga mos axborotni eslab qoluvchi element sifatida xizmat qilishi mumkin. Elektron paket dinamik bir jinslikmaslikni tashkil etadi. Elektron paketni saqlash jarayonida ma'lum elektrod (zatvor) ostida termogeneratsiya hisobiga qo'shimcha elektronlar hosil bo'lishi mumkin. Agar zaryad o'zgarishining ruxsat etilgan qiymati 1 % ni tashkil etsa, axborotni saqlash vaqti esa bir necha sekunddan oshmaydi. Shuning uchun ZAA ***dinamik turdagi asbobdir***. Birlamchi to'plangan va ma'lum aniq potensial chuqur bilan bog'liq zaryadlar, yarimo'tkazgich sirti bo'ylab potensial chuqur siljirilgan holda ko'chirilishi mumkin. Buning uchun zatvorlardagi kuchlanishlar aniq ketma - ketlikda o'zgartirilishi mumkin.

Zaryadni ma'lum yo'nalishda ko'chirish uchun har bir elektrod uch fazali boshqarish tizimining Φ^1 , Φ_2 , Φ_3 takt shinalaridan biriga ulanadi. Demak, ZAAning bir elementi uchta MDYA - tuzilmali yacheykadan iborat bo'ladi. Agar ZAA qo'shni elektrodlariga berilgan kuchlanishlar qiymat jihatdan bir-biridan farq qilsa, qo'shni potensial chuqurlar orasida elektr maydon hosil bo'ladi. Ushbu maydon yo'nalishi shunday-ki, elektronlar kattaroq potensialga ega sohaga dreyf harakat qiladi, ya'ni "sayozroq" potensial chuqurdan nisbatan "chuqurroq"qa ko'chadi.

Agar zaryad birinchi elektrod ostida to'plangan bo'lsa-yu, uni ikkinchi elektrod ostiga siljitish zarur bo'lsa, unga kattaroq kuchlanish beriladi, bunda zaryad yuqoriroq kuchlanishli elektrod ostiga ko'chadi. Keyingi taktida yuqoriroq kuchlanish navbatdagi elektrodga beriladi va zaryad unga ko'chadi. Zaryad ko'chirishning uch taktli tizimida 1,4,7,10 va shunga o'xshash elektrodlar F_1 shinaga, 2,5,8,11 elektrodlar F_2 shinaga, 3,6,9,12 va shunga o'xshash elektrodlar esa F_3 shinaga ulanadi.

Zaryadlarning elektrodlararo sirkulyatsiyasi barcha ZAAlar qo'llanishlarning asosi hisoblanadi. Zaryadlarni ko'chirish imkoniyati ZAAlar asosida siljituvchi registrlar va xotira qurilmalar yaratish imkonini beradi. Registr deb ikkilik kod asosida berilgan ko'p razryadli axborotni yozish, saqlash yoki siljitish uchun qo'llaniladigan qurilmaga aytiladi.

Signalning zaryad paketlarini bir necha usullar bilan, masalan, $p - n$ o'tishdan zaryad tashuvchilarni metal elektrodlar ostiga injeksiyalash, MDYA - turdagi tuzilmada yuza bo'ylab ko'chkisimon teshilish yoki metal elektrodlar orasidagi aniq joylar orqali yorug'lik kiritib elektron -kovak juftliklarni generatsiyalash bilan hosil qilish mumkin.

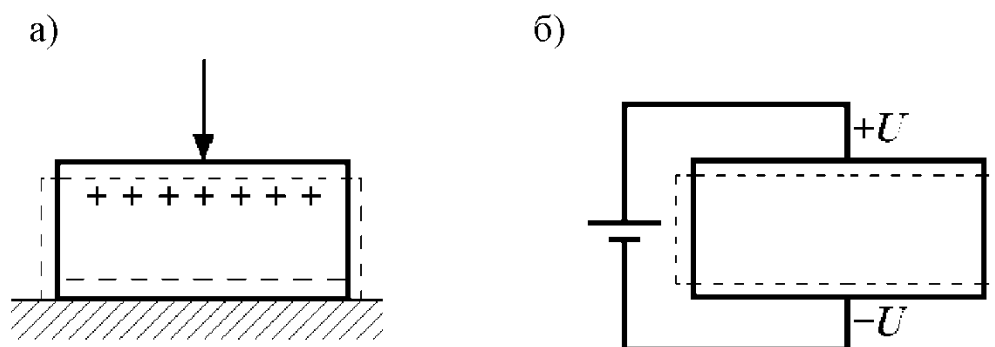
Akustoelektronika asboblari. Akustoelektron asboblarning ishlashi elektr signalni ultratovush to'lqinlarga, uni tovush o'tkazuvchi orqali tarqalishiga va keyinchalik chiqish elektr signalga o'zgartirilishiga asoslanadi.

Shunday qilib, bunday asboblarda kirish bilan chiqish orasida axborot tashuvchi bo'lib ultratovush (akustik) signal deb ataluvchi dinamik bir jinslikmaslik xizmat qiladi. U

10 Gs chastotali tebranishlardan iborat bo'lib, qattiq jismda $1,5 \wedge 5,5$ km/s tovush tezligida tarqaladi. Akustik to'lqin tezligi elektromagnit tebranishlar tarqalish tezligiga nisbatan 5 tartibga kichikligi ko'rinib turibdi. Shuning uchun ushbu xususiyatdan birinchi navbatda kichik o'lchamli kechiktirish liniyalarini ishlab chiqishda foydalanildi.

Akustoelektron asboblarda mikroelektronikada qo'llaniladigan usullar bilan hosil qilinishi va IMSlarga o'xshashligi bilan e'tiborga loyiq.

Ultratovush to'lqinlar pyezoaktiv materiallarda (pyezoelektrlarda) hosil qilinishi mumkin. Shuning uchun ushbu sinf asboblarda uchun ishchi muhit sifatida pyzeoeffekt juda yaqqol naomyon bo'ladigan dielektrik va yarimo'tkazgich kristallar xizmat qiladi. **To'g'ri pyzeoeffekt** деб mexanik kuchlanish natijasida pyezoelektrikning qutblanish hodisasiga aytiladi (14.2, a - rasm). Qutblanish natijasida pyezoelektrikning qarama - qarshi tomonlarida pyezo - EYK deb ataluvchi potentsiallar farqi hosil bo'ladi. **Teskari pyzeoeffekt** deb berilgan tashqi kuchlanish ta'sirida jismning geometrik o'lchamlari o'zgarishiga aytiladi (17.2, b - rasm). Rasmda jismning deformatsiyadan keyingi o'lchamlari punktir chiziq bilan ko'rsatilgan.



14.2-rasm. Tog'ri (a) va teskari (b) p'zeoeffekt

Kuchlanish berilgan joyda elektr maydon kuchlanganligi yo'nalishiga bog'liq xolda pyezoelektrik siqiladi yoki kengayadi. Natijada, tovush o'tkazuvchi deb ataladigan, kristal plastinada ko'ndalang yoki bo'ylama akustik ultratovush chastotasi berilgan kuchlanish chastotasiga teng bo'ladi. Pyezoelektrik ma'lum xususiy mexanik tebranishlar chastotasiga ega bo'lgani sababli, tashqi EYK chastotasi bilan plastina xususiy tebranishlar chastotasi bir - biriga teng bo'lganda (rezonans hodisasi) plastinaning tebranishlari amplitudasi eng katta qiymatga ega bo'ladi.

Akustoelektronika asboblarda chastotasi $1 \wedge 10$ GGS bo'lgan, kvars, litiy niobiti va tantalati hamda CdS, ZnS, ZnO, GaAs, InSb va boshqa yupqa yarimo'tkazgich qatlamlarda generatsiyalanadigan ultratovush to'lqinlar ishlatiladi. Ushbu diapazondagi hajmiy va sirt akustik to'lqinlar (SAT) ishlatiladi. SATlarda

ishlaydigan akustoelektron asboblari keng tarqalgan. Ularga kechiktirish liniyalari, polosali filtrlar, rezonatorlar, turli datchiklar va shunga o'xshashlar kiradi. Bu asboblarda elektr signallarni akustik signalga va aksincha o'zgartirish maxsus o'zgartirgichlar yordamida amalga oshadi. SATlar o'zgartirgichlarining yetti turi mavjud bo'lib, amalda ikki metal elektrodli sinfaz va qoziqsimon joylashgan turlari keng tarqalgan.

SATli filtrlar ko'p kanalli elektr aloqa va kosmik aloqa tizimlari filtrlari sifatida keng ishlatiladi. Ular televizion qabulqilgichlarning tasvir orqali chastota kuchaytirgich bloklarida LC -filtrlarni almashtirmoqda. Hozirgi vaqtda tasvirni tashish chastotasi 38 va 38,9 MGs ni tashkil etuvchi SATli televizion filtrlar seriyali ravishda ishlab chiqarilmoqda.

Zamonaviy SATli filtrlar $A \approx 0,05-50$ % o'tkazish polosasiga ega, o'tkazish polosasidagi so'nish $2 \div 6$ dB, selektivligi 100 dB gacha. Bunday filtrlar 900 MGs gacha chastotalarda ishlaydi.

Magnitoelektronika asboblari. Magnitoelektron asboblarda ferromagnit materiallar ishlatiladi. Ular domen tuzilishga ega, ya'ni butun hajmi ko'p sonli lokal sohalar - domenlardan tashkil topadi. Domenlar to'yinguncha spontan magnitlangan. Ular **polosali, labirintsimon va silindrik** shaklga ega bo'lishi mumkin. Domenning chiziqli o'lchamlari millimetrlarning minglarcha ulushidan o'nlar ulushiga teng. Domenlar o'zaro **chegaradosh devorlar** (Blox devorlari) bilan ajralib turadi. Bu devorlarda bitta domen magnitlanganlik vektoriga nisbatan asta o'zgarishlari sodir bohladi.

Magnitoelektronika asboblari axborot signalini tashuvchi sifatida quyidagi dinamik birjinslimasliklarning biridan foydalaniladi:

- 1) silindrik shakldagi domenlar;
- 2) chiziqli domenlarda vertikal Blox chiziqlar (VBCH). Qo'shni VBChlar orasidagi masofa yetarli kichik, o'lchami 0,5 mkm bo'lgan chiziqli domen devorida 100 bitgacha axborot saqlash mumkin;
- 3) ferromagnit materialni chastotasi kvant o'tishlar chastotasiga teng yorug'lik bilan yoritilganda hosil bo'luvchi rezonanslar va to'lqinlar;
- 4) spin to'lqinlari va boshqalarning kvant tebranishlarini aks ettiruvchi kvazizarrachalar - magnonlar.

Nazorat savollari

1. Qanday turdagi asbob dinamik turdagi asboblari.
2. Akustoelektronika qanday turdagi asboblari.
3. To'g'ri pyezoeffekt deb nimga aytiladi?
4. Teskari pyezoeffekt deb nimga aytiladi?

Reja:

1. Optoelektronika va uning rivojlanishi.
2. Optoelektron asboblarni sinflarga bo'linishi va qo'llanilishi.
3. Optoelektron asboblarni konstruksiyalari.
4. Optoelektron asboblarni parametrlari.
5. Optoelektronlarning yutuqlari va kamchiliklari.

Optoelektronika va uning rivojlanishi.

Optoelektronika – elektronikaning yorug'lik va elektr metodlaridan foydalanilib axboratlarni ishlash, saqlash hamda uzatish masalalari bilan shugyullanadigan bo'limi. Optoelektronika radioelektronika va hisoblash texnikasining taraqqiyot bosqichi sifatida yuzaga keldi.

“Optoelektronika “ tushunchasi 1955-yillarda paydo bolib, birinchi bu so'z bilan optik aloqali elektron sxemalar tushunildi. Keyin 1960 yillarda kogerent nurlanishlarni keng foydalanish imkoniyatini beruvchi lazerni kashf qilinishi optik effektlarni tekshirishni yengillashtirdi va optikani elektronikada foydalanish bo'yicha takliflar soni keskin oshdi. Golografiyani rivojlanishi esa optikani elektronika bilan bog'lanishini kuchaytirib yubordi. Undan tashqari, lazer texnika va yarimo'tkazgichlar texnologiyasini rivojlanishida yangidan – yangi asboblarni yaratilishi va bu yo'nalishlarni sintez qilishga to'g'ri keldi. Keyin informasiyani yuqori darajada to'yinishi hisobiga uni turli ko'rinish va usullarda tez ishliv berish zarurati tug'uli. Bular hammasi optoelektronikani rivojlanishiga stimul bo'ldi.

Optoelektronika yarimo'tkazgich va vakuum elektronikadan o'zining zvenosi (fotonlar aloqasi) borligi bilan farq qiladi. Fotonlar elektr jihatdan neytiral b'lganligidan optik aloqa kanalida elektr va magnit maydonlari tomonidan uyg'otilmaydi. Bu esa axboratlarni buzmasdan tekis uzatish va qabul qilishni ta'minlaydi. Axboratlar yorug'lik nuri yordamida uzatilganda aloqa liniyasida to'planib qolmaydi va sochilmaydi, shuning uchun axborot kechikmay, buzilmay , o'z vaqtida yetkaziladi. Optik tebranishlar chastotasining yuqoriligi (1013- 1015 Gs) axborotlarini ko'p va tez uzatilishini ta'minlaydi.

Optoelektronikaning asosiy elementlari – yorug'lik mabalari (lazerlar, yorug'lik diodlari), optik muhitlar(aktiv va passiv) hamda fotoqabulqilgichlar. Bu elementlardan turli nisbatda va ayrim – ayrim foydalanish mumkin. Optoelektronikani rivojlantirishning ikki yo'li – optik (kogerent optoelektronika)

va elektrooptik (optronika) mavjud. Hisoblash texnikasi sistemasini tuzishning yangi prinsipi va usullari , optik aloqa, axborotlarni eslab qolish va ishlash kogerent optoelektronika bilan bog'liqdir. Optronikaning rivojlanishi yorug'lik manbalari va fotoqabulqilgichlardan to'g'ri foydalanishga asoslangan. Optron sxemalar tuzilishi jihatidan yarimo'tkazgichlarga nisbatan ixcham va oddiy bo'ladi.

U elektr va optik signallarni kuchaytirish va o'zgartirish, almashlab ulash , modulyasiyalash va boshqalarni bajaradi.

Optoelektron asboblarni sinflarga bo'linishi va qo'llanilishi

Optron asboblari deb, u yoki boshqa ko'rinishda o'zaro aloqani oshiruvchi nurlanish manbai va qabul qilgichga (yorug'liknurlagich va fotoqabulqilgich) ega bo'lgan yarimo'tkazgichli asbobga aytiladi.

Har qanday optronlarni ishlash prinsipi quidagilarga asoslangan. Nurlagichda elektr signal energiyasi yorug'likka, fotoqbulqilgichda esa, uni teskarisi yorug'lik signali elektr signaliga o'zgaradi. Amalda tarqalgan optronlar bo'lib, qaysiki unda nurlagichdan fotoqabulqilgichga tomon to'g'ri optik aloqaga ega bo'lganlari bo'lib, bunda elementlar orasidagi hamma ko'rinishidagi elektr aloqalar bo'lmaydi. Optik aloqani mavjudligi kirish (nurlagich) va chiqish (fotoqabulqilgich) orasidagi elektr izolyasiyani ta'minlaydi.

Shunday qilib, bunday asbob elektron zanjirlarda aloqa elementi funksiyasini bajaradi, shu bilan bir vaqtda kirish va chiqish elektr (galvanik) yechimi amalga oshirilgan.

Optoelektron asboblarni qo'llanilishi yetarlicha turli: apparat bloklari aloqasi uchun, qaysiki ular orasida ancha katta potentsiallar farqi bo'ladi; o'lchash qurilmalarini kirish zanjirlarini shundan himoyalash uchun va yuqori kuchlanishli zanjirlarni sozlash, optik, kontaktsiz boshqarish, quvvatli tiristorlar, simistorlarni ishga tushirish, elektromexanik releli qurilmalarni boshqarishlar kiradi.

“Uzun” optronlarni (optik kanal sifatida uzun ingichka optik – tolali asboblari) yaratilishi optron texnika maxsulotlarini qo'llashni mutlaqo yangi yo'nalish – optik tola bo'yicha masofaviy aloqani ochdi.

Optoelektron asboblari sop radiotexnika sxemalar modulyasiyasi, kuchayishni avtomatik boshqarish va boshqalarda qollaniladi. Bu yerda optik kanalga ta'sir natijasida sxemani optimal rejimga o'tkazish uchun, kontaktsiz rejimni sozlash va shunga o'xshashlardan foydalaniladi.

Optronlarni asosiy turlarini shartli – grafik belgilashlar 1- rasmda berilgan

1-rasm. Optron elektron juftlar: a–diodli-diodli, б–diod- tranzistorli, в–diod – tranzistor asosli, г–diod juftli gibril mikrosxemali

Optoelektron asboblari quyidagi belgilari bo'yicha siniflarga bo'linadi.

Foydalaniladigan nurlagichni turiga qarab optronlar:

Miniatyur qizdirgich lampochkalar asosidagi nurlagichlar. Bunday qizdirgichli optronlar inerson, va hozirgi vaqtda amalda foydalanilmaydi, biroq rezistorli optronlarda qo'llanilmoqda.

Neon nurlagichvli lampochkalarda, qaysiki gaz neon – argon aralashma gazini elektr razryadini nurlanishidan foydalaniladi. Bunday nurlagichlar nurlanishini uncha yuqori emasligi, mexanik ta'sirga chidamsiz, o'lchami katta, integral texnologiyaga mos kelmasligi. Shunga qaramasdan, optronlarni alohida turlari qo'llanilmoqda.

Elektrolyuminesentli nurlagich yacheykalar. Elektrolyuminesentli yacheykalar elektr energiyasini yorug'likka aylantirish faolligi yuqori emasligi, ishlash mudati kichikligi, boshqarishni murakkabligiga ega. Bu nurlagichlarni asosiy afzalligi - fotorezistorlar bilan konstruktiv – texnologik mos kelishi, bunga asosan ko'pfuksiyali va ko'pelementli optron strukturalarni yaratish mumkinligidir. Hozirgi vaqtda qollanilishi chegaralangan holatda turibdi.

Yorug'likdiodli va lazer diodli nurlagichlar. Foydalanilayotgan optronlardan ancha asosiysi unversial nurlagichlardan yorug'likdiod – yarimo'tkazgichli injeksion yorug'liknurllovchi dioddir. Bu uni bir qancha afzalliklari: elektr energiyasini optokka aylantirishda FIK yuqori qiymatliligi; nurlanish spektri qisqa, turli yorug'likdiodlarini spectral diapazoni kengligini yopilishi; nurlanishni yo'nalishligi; yuqori tezkorlik; ta'minot kuchlanish va toklarni qiymat kichik; tranzistorlar va integral sxemalar bilan bir – biriga mos kelishi; to'g'ri tokni o'zgartirish yo'li bilan nurlanish quvvatini modulyasiyalashni soddaligi; impuls va uzluksiz rejimda ishlash mumkinligi; kirish toklarini keng oralig'ida vat- amper xarakteristikasini chiziqliligi; yuqori mustaxkamliligi va uzoq mudat ishlashi; o'lchami kichikligi; mikroelektron maxsulotlar bilan texnologik mosligi kiradi.

Optronlar foydalaniladigan fotoqabulqilgichni turiga qarab:

Fotorezistorlar asoslangagi optronlar, qaysiki xususiyati yoritish natijasida berilgan murakab qonun bilan o'zgaradi, bu esa matematik modellashtirish va qadama - qadam funksional optoelektronikani yaratish imkonini beradi. Biroq, fotorezistorli optronlar inversion.

Fotodiod asosidagi optronlar;

Fototranzistorlar asosidagi optronlar;

Fototiristorlar asosidagi optronlar.

Oxirgi uchtasi eng ko'p universal fotoqabul qilgichlar bo'lib, ochiq p-n-o'tishli ishlovchi. Ko'pgina hollarda ularni kremniy asosida tayorlanadi, va ularni maksimal spectral sezgirliigi $\lambda = 0,7 \dots 0,9$ mkm yaqinida bo'ladi.

Optronlar optik kanaldan foydalanish turi bo'yicha bo'linadi:

Ochiq optik kanalli optronlar. Bunday optronlarda nurlagich va fotoqabulqilgich havoli oraliq bilab ajratilgan. Ular aylanuvchi vallarni aylabish sonini, holat datchigi sifatida harakatlanuvchi mexanik sistemani sinxronlash boshqalarda uchun keng qo'llaniladi. Ochiq kanali optronlar o'z navbatida qaytarishda va o'tkazishda ishlovchi optronlarga bo'linadi

Yopiq optik kanali optronlar. Bunda optik kanal har qanday tashqi tasirlardan himoyalangan. Bunday optronlar elektr zanjirlarini kirish va chiqishlarni galvanik bog'lanish uchun qo'llaniladi. Agarda chiqish zabjirlarida quvvatli kuch asboblari (tiristorlar, simistorlar, MOSFET maydon tranzistorlari) foydalanilsa, bunday optronlar qattiq jisimli relelar deyiladi. Hozirgi vaqtda bunday relelar elektromagnit relelarni alternative bo'lib, ularni texnologiyasi uzluksiz takomilashmoqda.

“Uzun” optik kanalli optronlar. Bunday optronlarda nurlagich va fotoqabulqilgich bir biridan ma'lum uzoq masofada joylashtirilishi mumkin. Bunda nurlagich va fotoqabulqilgichni bog'lovchi optik kanal yorug'lik tola hisoblanadi. Bunday optoelektron asboblari EHM ning uyali tarmoqlarida informatsiyani uzatish uchun keng qollanilmoqda.

Optik kanali spektral diapazoni bo'yicha optronlar quyidagilarga bo'linadi:

Optik nurlanishni to'lqin uzunligi 0,4 dan 0,75 mkm li ko'zga ko'rinadigan diapazonli optronlar.

Optik nurlanishni to'lqin uzunligi 0,8 dan 1,2 mkm li IQ – diafazonga yaqin optronlar. Bunday ko'rinishdagi nurlanishlar aniqsa ochiq kanali optoelektron asboblari uchun samarali.

Optronlar konstruktiv – texnologik belgisi bo'yicha quyidagilarga bo'linadi:

Elementar optoparalar, qaysiki bita nurlagich va bitta elementar fotoqabulqilgichdan iborat. Foydaniladigan fotoqabulqilgichni turiga qarab, ular rezistivli, diodli, tiristorli, tranzistorli va boshqalar bo'lishi mumkin.

Optoelektron integral mikrosxemalar, qaysiki unda elementar optronlarda qo'shimcha elektron qurilmalar: kuchaytirgichlar, komparatorlar, matiqiy sxemalar va boshqalar bo'ladi.

Maxsus ko'rinishdagi optronlar: differensial optronlar, qaysiki birqancha nurlagichlar va fotoqabulqilgichlar bo'ladi; optoelektron datchiklar bo'ladi.

Optoelektron asboblarni konstruksiyalari

Optronlarni konstruktiv – texnologik tayorlash funksional, bahosi va boshqa parametrlarini hisobga olgan holda olib boriladi. Asosiy talab effektiv optik aloqani

va ta'minot ma'nba va qabul qiluvchi orasidagi elektr izolyasiyani ta'minlashdir. Optoparalarni tipik konstruksiyalari 2 – rasmda ko'rsatilgan. Hozirgi payitda qo'llanilayotgan optoparalar gibridd qurilmalar bo'lib, konstruktiv kamchiliklarga kiradi.

Shu bilan birga monolit optojuftlar ishlab chiqarilmoqdaki, yaxlit texnologik jarayonda integral tayorlanadigan qattiq jisimli nurlovchi va qabul qiluchi strukturalarni bolmoqda.

Biroq hozirgacha monolit optronlarni birortasini varianti barcha zaruriy parametrlari: uzoq mudat ishlashi, mustaxkamligi va tashqi faktorlarga chidamliligi bilan yaqinlashishga erishilgani yoq.

Asosiy yechilmagan masalalardan foydalaniladigan materiallarni bir - biriga mos kelmasligi bo'lib qolmoqda. Har qanday optoelektron mikrosxemasining asosiy elementi optron juft hisoblanib (2 - rasm,a, b), yorug'lik nuri 1, boshqariluvchi kirish signali 2, yorug'lik manbai bilan bo'g'langan va fotoqabul qilgich 3 dan iborat. Optron juftlikni parametrlarga o'zgarmas tok bo'yicha qarshilikni yechilishi, tok uzatish koeffisienti (qabulqilich fototokini nurlagich tokiga nisbati), almashtirgich vaqti va o'tish sig'imidab iborat.

Optoelektron juftliklar bazasida turli vazifalarni bajruvchi optoelektron mikrosxemalar yaratilmoqda. 2-rasm.Optron juftlikni sxemasi va texnologik tayorlanishi: 1 – yorug'lik manbai; 2 – immersiionn muxit; 3 – fotoqabul qilgich.

Optoelektron asboblarni parametrlari

Sodda optron to'rt qutbli asbobdan iborat bo'lganligi uchun uchta: kirish,uzatish va chiqish xarakteristikalariga ega.

Kirish xarakteristika nurlagichni VAX si ifodalaydi. Chiqish – fotopriyomnikka mos xarakteristika(optron kirishiga berilgan tokda). Uzatish xarakteristika – chiqish toki I_{2oT} ni kirish tokiga bog'ligi (ununiy holda nochiziqli).

Tok bo'yicha statik uzatish koeffisienti $K_I = I_2 / I_1$. Ko'pchilik optronlar uchun K_I passport parametri hisoblanadi (diodlilar uchun 0,5 % to tranzistorlilar uchun 100% gacha).

Optronni yig'indi tezkorligi ko'pincha almashinish vaqti $t_{\text{al}} = t_1 + t_2$ bilan xarakterlanadi, bunda t_1 va t_2 – vaqtlar optron chiqishida signalni o'sishi va qaytishi. Optronni tezkorligi turli turdagi optronlar uchun birhil bo'lmay, ish rejimiga bog'liq va dan gacha bo'ladi. Tezkorlik yana chegara chastota bilan xarakterlanadi, qaysiki fcheg 5kHz dan 10 MHz oralig'ida yotadi.

Izolyasiya parametrlari: kirish va chiqish orasidagi statik maksimal ruxsat etilgan kuchlanish (o'zgaruvchan signal bilan ishlaganda). Izolyasiyani yuqori qarshiligi – $R_{\text{iz}} \sim O_m$ – tok bo'yicha teskari aloqani yoqatadi. Biroq, o'tish sig'imi C_{ot} ni (optronni kirish va chiqish orasida) mavjudligi o'zgaruvchan tok bo'yicha aloqadadandir, ya'ni Δt vaqt ichida chiqishda ΔV_2 kuchlanishni sakrashi sig'imli tok $I \approx C_{\text{ot}} \cdot g' \cdot \Delta V_2 / \Delta t$ ni hosil bo'lishiga olib keladi. O'tish sig'imini qiymati odatda ~ 1 pF tashkil qiladi.

Optoelektronlarning yutuqlari va kamchiliklari

Optoelektronlarning kirish va chiqishlari orasida o'zaro elektr bog'lanishlar hamda yorug'lik va qabul qilgichlar orasida o'zaro teskari bog'lanishini yo'qligi;

- tebranish chastotasining diapazoni keng;

- optik qismga ta'sir etish yo'li bilan chiqish signalini boshqarish imkoniyati borligi;

- optik kanali xalaqitdan yuqori darajada himoyalanganligi;

- boshqa yarimo'tkazgich va mikroelektron qurilmalar bilan REA larni mos kelishlik imkoniyati.

Optoelektronlarning kamchiliklari: - nisbatan katta quvvat talab etishi;

- radiatsiya va haroratga nisbatan yuqori turg'unlikka ega bo'lmaslik;

- sezilarlari darajada eskirishi;

- yuqori darajada xususiy shovqinga ega bo'lishligi;

- mukammal qulay texnologiyani o'rniga gibrit texnologiyani zarurligi.

Yuqoridagi hamma kamchiliklar optron texnikasi rivojlanishi jarayonida yo'qotilib bormoqda.

Hozirgi zamon optoelektronikasida asosan qattiq jismlarning lyuminesensiyasidan (sovuq nurlanish) foydalaniladi. Nurlanish uchun zaruriy lyuminesensiya energiya har qanday issiqliksiz (fotonlar yoki elektronlar bilan .nurlatish, elektr maydon ta'sirida va boshqalar) usulda berilishi mumkin. Mos ravishda fotolyuminisensiya, elektrolyuminesensiya va lyuminisensiya boshqa turlari bilan farqlanadi. Odatda, lyuminisensiya uy temperaturasida va undan past temperaturalarda, qaysiki bunda issiq nurlanish juda oz va barcha ko'zga ko'rinadigan nurlanish lyuminesensiyadan

iboratdir. Umumiy holda tegishli temperaturadagi nurlanish issiqlik va lyuminesensiyadan iborat, shuning uchun C.I. Vavilovni aniqlashi bo'yicha lyuminesensiya deb, tegishli temperaturada issiqlik nurlanishlardan ortiqchalariga aytiladi va qo'zg'otish to'xtatilgandan so'ng davomiylidi yorug'lik to'lqin davridan ($t_c \approx s$) katta. Odatda lyuminesirlovchi moddalarda (lyuminoforda) bu ushlab turish reaksiyasi qo'zg'lishni o'chishidan t_c ancha katta va lyuminaforda energiyani o'zgarish jarayonini berib, lyuminesensiya uchun xarakterli bo'ladi.

Nazorat savollari

1. "Optoelektronika" tushunchasi nima?
2. Optoelektronikaning asosiy elementlari nima?
3. Optron asboblari deb nimaga aytiladi?
4. funksional optoelektronikani tushunchasiga izoh bering.

Ayrim soʻzlar izohlari (Glossariy)

Yarim oʻtkazgich materiallar- oʻtkazuvchanligi izolyatorlar oʻtkazuvchanligidan yaxshi, oʻtkazgichlar oʻtkazuvchanligidan yomon boʻlgan barcha materiallar;

Sof yarim oʻtkazgich materiallarga quyidagilar kiradi:

uglerod (s), germaniy /(Ge) va kremniy (Si)

Valentlik-bu atomning oʻziga elektronni qoʻshib olish yoki uni oʻzidan berish qobiliyati koʻrsatkichi.

Kristallar - oʻzlarining valent elektronlaridan kovalent bogʻlanishlar xosil qilish yoʻli orqali birgalikda foydalanuvchi atomlardan tashkil topadi.

Yarim oʻtkazgich materiallarning qarshiligi manfiy temperatura koeffitsiyentiga ega: temperatura ortishi bilan ularning qarshiligi kamayadi.

Issiqlik yarim oʻtkazgich materiallarda muammoni yuzaga keltiradi, yaʼni elektronlarning kovalent bogʻlanishini uzish imkonini beradi.

Temperatura ortganda yarim oʻtkazgich materialdagi elektronlar bir atomdan boshqasiga siljiydi (dreyflanadi)

Kovak - valent qobiqda elektronning boʻlmasligidir.

Sof yarim oʻtkazgich materialga berilgan potentsiallar farqi musbat chiqishga qarab harakatlanuvchi elektronlar oqimini va manfiy chiqishga qarab harakatlanuvchi kovaklar oqimini hosil qiladi.

Yarim oʻtkazgich materiallarda tok elektronlar va kovaklarning maʼlum yoʻnalishlardagi harakatlaridan yuzaga keladi.

Legirlash - bu yarim oʻtkazgich materialga aralashma qoʻshish jarayoni.

Uch valentli materiallar-uch valentli elektronlarga ega atomlardan iborat va p-tipdagi yarim oʻtkazgichlar tayyorlash uchun qoʻllaniladi.

Besh valentli materiallar-besh valentli elektronlarga ega atomlardan iborat va n -tipdagi yarim oʻtkazgichlar tayyorlash uchun qoʻllaniladi.

Yarim oʻtkazgichlarning n -tipida elektronlar asosiy, kovaklar asosiy boʻlmagan zaryad tashuvchilardir.

Yarim oʻtkazgichlarning p-tipida kovaklar asosiy, elektronlar asosiy boʻlmagan zaryad tashuvchilardir

Yarim oʻtkazgichlarning n va p-tiplari sof yarim oʻtkazgichlarga qaraganda ancha yuqori oʻtkazuvchanlikga ega boʻladi.

Diod n - va r-tipdagi yarim oʻtkazgichlarni birgalikda biriktirilgan holda yaratiladi.

O'tish sohasiga yaqin qismi kambag'allashgan qatlam deyiladi. Elektronlar o'tish orqali n-tipdagi materialdan r-tipdagi materialga siljiydi va shuning uchun o'tishga yaqin qismda elektron va kovaklar konsentratsiyalari kamayadi.

Kambag'allashgan qatlam o'lchami o'tishning har ikkala tomonidagi zaryad bilan chegaralangan.

O'tish yaqinidagi zaryadlar potensial baryer (to'siq) deb ataluvchi potentsiallar farqini hosil qiladi.

Potensial to'siq germaniy uchun 0,3 volt va kremniy uchun 0,7 voltni tashkil etadi.

Tashqi kuchlanish qiymati potensial to'siq qiymatidan katta bo'lgandagina diod orqali tok oqishi mumkin.

To'g'ri yo'nalishda siljishli diod tok o'tkazadi. Bunda tok manbasining musbat qisqichi r-tipdagi materialga, uning manfiy qisqichi esa n-tipdagi materialga ulanadi.

Teskari yo'nalishda siljishli diod orqali kichik qiymatda sizish toki o'tadi.

Diod tokni faqat bir tomonlama o'tkazuvchi qurilmadir.

Diod pasportida diodning maksimal to'g'ri toki va ruxsat etilgan teskari kuchlanishning maksimal qiymatlari ko'rsatiladi.

Diod katodi n-tipdagi materialdan, anodi r-tipdagi materiallardan iborat.

Diodlar p-n o'tishni o'stirish, eritish va diffuziya usullari bilan tayyorlanadi.

Hozirgi paytda diodlarni tayyorlash diffuziya usuli bilan amalga oshiriladi.

Diodlarning markalanishida agar 3 amperdan kichik toklarga mo'ljallangan bo'lsa, katodni bildiruvchi oq yoki kumush rang bo'yoq korpusda katod tomonini ko'rsatuvchi belgi sifatida surkab qo'yiladi.

Diodni tekshirib ko'rish uning to'g'ri va teskari qarshiliklarini ommetr yordamida taqqoslash orqali amalga oshiriladi. Diod to'g'ri yo'nalishli siljigan bo'lsa, uning qarshiligi kam, teskari yo'nalishli siljigan bo'lsa, uning qarshiligi yuqori bo'ladi.

Stabilitronlar teshilish kuchlanishi (maksimal teskari kuchlanish) dan katta bo'lgan kuchlanishlarda ishlash uchun mo'ljallangan.

Stabilitronning teshilish kuchlanishi diodning solishtirma qarshiligi bilan aniqlanadi.

Stabilitronlar muayan stabilizatsiya kuchlanishi bilan ishlab chiqariladi.

Stabilitron sochuvchi quvvat temperaturaga va chiqishlar uzunligiga bog'liq.

Stabilizatsiya kuchlanishi 5 volt va undan yuqori bo'lgan stabilitronlar stabilizatsiya kuchlanishining musbat temperatura koeffitsiyentlariga ega.

Stabilizatsiya kuchlanishi 4 voltdan kam bo'lgan stabilitronlar stabilizatsiya kuchlanishining manfiy temperatura koeffitsiyentiga ega.

Stabilitronlar kuchlanishni stabilizatsiyalash yoki rostlash uchun qo'llaniladi.

Stabilitronlar asosidagi rostlagichlar kirish kuchlanishi yoki kirish toki o'zgarishiga qaramasdan chiqish kuchlanishi doimiy bo'lishini ta'minlaydi.

Stabilitronlarni ommetr yordamida zanjiri uzilganligiga, qisqa tutashuv yoki sizish toki mavjudligiga tekshirish mumkin.

Tranzistor-uch qatlamdan iborat bo'lgan qurilma bo'lib, quvvat va kuchlanishni kuchaytirish uchun qo'llaniladi.

Tranzistorlar n-p-n va p-n-p konfiguratsiyali bo'ladi

Tranzistorning o'rta sohasi baza, ikki chet sohalari-emitter va kollektor deb ataladi.

Tranzistorlar o'tkazuvchanlik tipi (n-p-n yoki p-n-p), materiali (kremniy yoki germaniy), quvvati (kichik yoki katta), qo'llanish usuli (qayta ulovchi yoki chastotali) bo'yicha sinflanadi.

Tranzistorlarning shartli belgilari xarflar va raqamlarni o'z ichiga olgan elementlardan iborat.

Tranzistor korpuslari himoya, issiqlikni chiqarish va tranzistorlarni sxemaga ulash uchun xizmat qiladi.

To'g'ri kuchlanish berilganda tranzistorning emitter-baza o'tishi siljishi to'g'ri yo'nalishda, kollektor-baza o'tish siljishi teskari yo'nalishda bo'ladi.

Tranzistorning r-n-p tipida siljitish manbalari n-p-n tipdagi siljitish manbalariga qarama-qarshi qutblarda bo'ladi.

Germaniyli tranzistorning ichki potensial to'sig'i 0,3 volt, kremniyli uchun 0,7 volt.

Kollektor-baza o'tishga qo'yilgan teskari siljish kuchlanishi эмиттер-база o'tishga qo'yilgan to'g'ri siljish kuchlanishidan katta.

Tranzistorni ommetr yordamida tekshirishda har bir o'tish to'g'ri siljishda kichik qarshilikni, teskari o'tish chog'ida yuqori qarshilikni ko'rsatadi.

Tranzistorlarni tekshirish uchun maxsus asboblari tranzistorlarni ham zanjirda, ham zanjirdan tashqari bo'lganda tekshirish imkonini beradi.

Maydonli tranzistor signalni boshqarish uchun kanaldan foydalaniladi (oddiy tranzistorlarda r-n o'tishlardan foydalaniladi).

Maydonli tranzistorlarning uchta chiqishi zatvor (**tamba**), istok (**kirish**) va stok (**chiqish**) larga ulangan.

Kirish signali zatvor (**tamba**) va istok (**kirish**) orasiga beriladi va maydon tranzistor signal kattaligini boshqarishi mumkin.

Maydonli tranzistorlar juda katta kirish qarshiligiga ega.

Tiristorlarga kremniyli boshqaruv ventili (KBV), triak va diaklar kiradi.

KBV boshqaruv elektrodidagi musbat signal yordamida bitta yo'nalishdagi tokni boshqaradi.

KBV o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida tokni boshqarish uchun qo'llanilishi mumkin.

Triaklar-bu ikki tomonlama yo'nalishli triodli tiristor.

Triaklar boshqaruv elektrodidagi musbat yoki manfiy signal yordamida ixtiyoriy yo'nalishda oqib o'tuvchi tokni boshqarishi mumkin.

Triaklarning ishga tushirish xarakteristikasi nosimmetrik bo'lganligi uchun ularni ishga tushirish uchun diaklar zarur.

Diaklar-bu ikki tomonlama ishga tushiruvchi diodlardir.

Diaklar asosan triaklar uchun ishga tushiruvchi sifatida qo'llaniladi.

Tiristorlar tranzistorlarni tekshirish uchun maxsus asboblardan va ommetrlar yordamida tekshirilishi mumkin.

Integral mikrosxemalarning keng qo'llanilishi omillari:

ular murakkab zanjirlar sifatida yuqori ishonchlikka ega;

o'ta kichik o'lcham va vaznga ega;

tayyorlash texnologiyasi tejimli;

mammolarning yangi va yaxshi yechimlarini ta'minlaydi.

Integral mikrosxemalar tok va kuchlanishning katta qiymatlarida ishlay olmaydilar.

Integral mikrosxemalar elementlari diodlar, tranzistorlar, rezistorlar va kondensatorlar bo'lishi mumkin.

Integral mikrosxemalarni ta'mirlab bo'lmaydi, ularni faqat almashtirish mumkin.

Integral mikrosxemalarni tayyorlash uchun monolit, yupqa plenkali, qalin plenkali va gibrad usullardan foydalaniladi.

Integral mikrosxemalarning eng ko'p tarqalgan korpusi DIR (chiqishlari ikki qatorli joylashgan) tipdagi korpusdir.

Integral mikrosxema korpuslari keramika yoki plastmassadan tayyorlanadi, ammo plastmassa korpuslar ko‘proq qo‘llaniladi.

Yorug‘lik bilan o‘zaro ta’sirlanuvchi yarim o‘tkazgich qurilmalar yorug‘lik qayd qiluvchi qurilmalarga, yorug‘likni o‘zgartiruvchi va yorug‘lik chiqaruvchi qurilmalarga bo‘linadi.

Yorug‘lik-inson ko‘zi bilan ilg‘anuvchi elektromagnit nurlanishdir.

Yorug‘lik sezgir qurilmalarga foto qarshiliklar, quyosh elementlari, fotodiodlar va fototranzistorlar kiradi.

Yorug‘lik nurlatgichlarga yorug‘lik diodlari (yorug‘lik nurlatuvchi diodlar) kiradi;

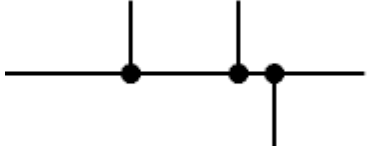
Optojuftlik yorug‘lik sezgir qurilma va yorug‘lik nurlatuvchi qurilmalardan iborat.

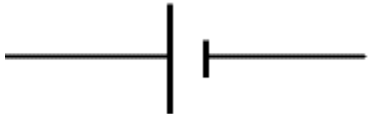
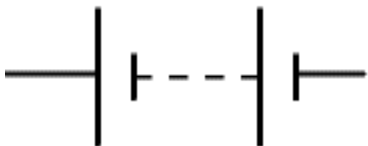
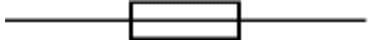
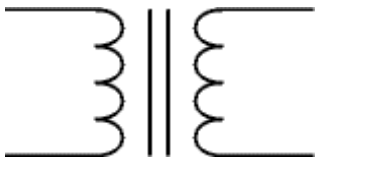
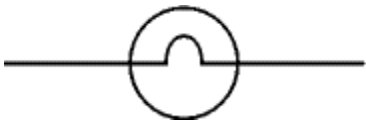
“Elektron asboblari va integral sxemalar” fanidan elektron zanjirlarning shartli belgilanishi

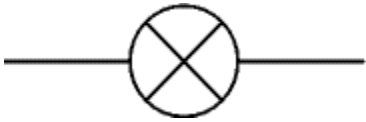
Elektron zanjirlar chizmasi (prinsipial sxemasi)dagi elektron komponentlar va elementlarni shartli belgilarga qarab taniy olish va ajrata olish. Elektron zanjirlar chizmasini tushunish va ish tamoyilini anglay olishni o'rganish. Yig'ish (montaj) va ta'mirlash ishlarini bajarishda elektron zanjirlar chizmasidan foydalana olish. Mustaqil ravishda elektron zanjirlar chizmasini

Asboblari va anjomlar	Materiallar	Spesifikatsiyasi	Soni	Xavfsizlik va ehtiyot choralari
Ossillograf	Rezistor	Biror turi	1 dona	Elektron zanjir chizmasidagi komponentlar shartli belgisiga diqqat qiling. Elektron zanjir chizmasida komponentlar vazifasini aniq bilish juda muhimdir.
VOM	Kondensator	Biror turi	1 dona	
Ta'minlash manbai	Kalit	Biror turi	1 dona	
Uzun tumshuqli qisgich	Diod	Biror turi	1 dona	
Qisgich	Tranzistor	Biror turi	1 dona	

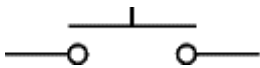
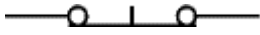
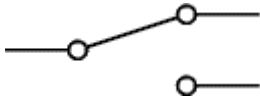
tuza olish.

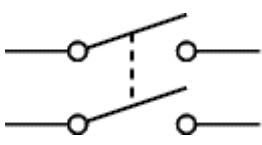
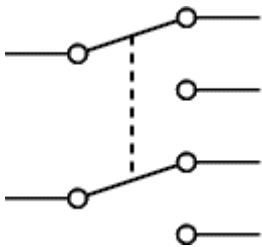
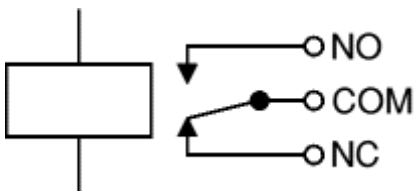
Simlar va bog'lanishlar		
Komponent	Shartli belgilanishi	Komponent funksiyasi
Sim (zanjir)		Zanjirda bir tugundan ikkinchisiga tokni qarshiliksiz o'tkazuvchi o'tkazgich.
Tugun		Ikkitadan ortiq o'tkazgichlar tutashgan nuqta tugun bilan belgilanishi zarur. Ammo ba'zan tutashishlar tugunsiz berilishi mumkin. Ikki tugun yonma-yon ifodalansa bir-biridan ajratilib ko'rsatilishi zarur (o'ngdagi).
Tutashmagan o'tkazgichlar		Murakkab zanjirlarda o'tkazgichlar ustma-ust tushadigan bo'lsa, ular tutashgan yoki tutashmaganini ajrata olish uchun bir chiziq ikkinchi chiziq ustidan o'tganini bildirish uchun ustidan yarim aylana qilib o'tkaziladi.

Ta'minlash manbalari		
Komponent	Shartli belgilanishi	Komponent funksiyasi
Batareya		Elektr toki bilan ta'minlash manbai. Uzun klemmasi (chapda) musbat qutb, kichigi manfiy. Bitta yacheykasi batareya deb ham ataladi, ammo ko'p hollarda ikki va undan ortig'i birgalikda ulanishi ham mumkin.
Batareyalar		Uzun klemmasi (chapda) musbat qutb, kichigi manfiy. Bittadan ortiq yacheykali batareya.
DC manbai		Elektr toki bilan ta'minlash manbai. DC (Direct Current) – o'zgarmas tok (kuchlanish) manbai.
AC manbai		Elektr toki bilan ta'minlash manbai. AC (Alternating Current) – o'zgaruvchan tok (kuchlanish) manbai.
Saqlagich		Tok kuchi ma'lum chegaraviy qiymatga yetganda, saqlash qurilmasi uziladi (kuyadi).
Transformator		Umumiy ferromagnit o'zakka ega ikkita cho'lg'am – transformator. Transformator o'zgaruvchan tok kuchlanishini oshirib yoki kamaytirib beradi. Elektr toki energiyasi bir o'ramdan ikkinchisiga o'zak orqali magnit oqimi sifatida uzatiladi. Ikkala o'ramlar orasida elektr (galvanik) bog'lanish mavjud emas.
Yerga ulash		Yerga ulash belgisi. Ba'zi elektron zanjirlarda ta'minlash manbai 0V (nol volt nuqtasi), biroq elektr tarmog'i va ba'zi radio zanjirlari uchun haqiqatda ham yerga ulashni bildiradi.
Iste'molchilar, Lampalar, Isitgich, yuritmalar va h.k.		
Komponent	Shartli belgilanishi	Komponent funksiyasi
Yoritish Lampasi		Elektr energiyasini yorug'likka aylantiruvchi asbob. Bu shartli belgi lyumenisentsion lampani belgilashda, yana, masalan, avtomobil farasi yoki biror asbobning cho'g'lanma lampasini belgilashda qo'llaniladi.

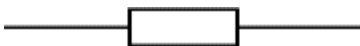
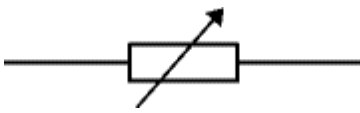
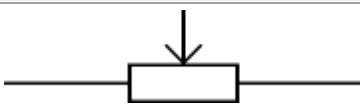
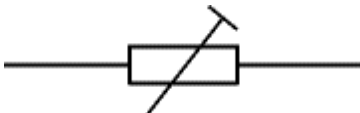
Lampa (indikator)		Elektr energiyasini yorug'likka aylantiruvchi asbob. Bu shartli belgi indikator sifatida foydalanadigan lampalarga qo'llaniladi.
Isitgich		Elektr energiyasini issiqlikka aylantiruvchi asbob.
Yuritma		Elektr energiyasini yuritmaning harakat mexanik energiyasiga aylantiruvchi asbob.
Qo'ng'iroq		Elektr energiyasini tovushga aylantiruvchi asbob.
Dinamik		Elektr energiyasini tovushga aylantiruvchi asbob.
Induktivlik (Solenoid, induktiv g'altak)		Tok o'tganda magnit maydoni hosil qiluvchi g'altak. G'altak temir o'zakli bo'lishi mumkin va u magnit maydonitortish kuchi ta'sirida mexanik harakatni hosil qilishi mumkin.

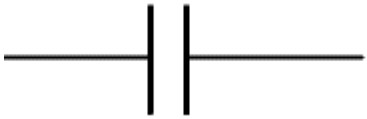
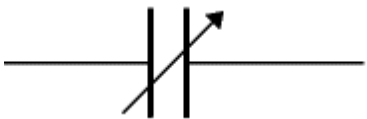
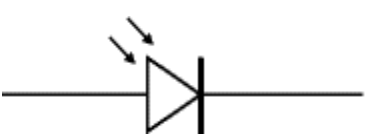
KALITLAR

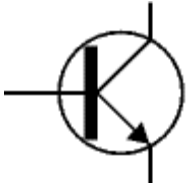
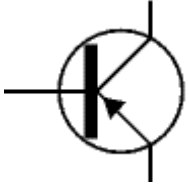
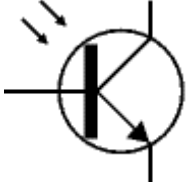
Komponentlar	Shartli belgilanishi	Komponent funksiyasi
Bosma kalit (bosilganda qo'shiladi)		Tugma bosilganda kalit qo'shilib tok o'tadi. Bu kalit bilan qurilmalar ishga tushirilishi mumkin.
Bosilganda ajratadigan kalit		Bu turdagi kalit normal ulangan (on) kalit bo'lib, bosilganda ajraladi (of).
Qayta ulagich kalit (On-Off) (SPST)		SPST = Single Pole, Single Throw-Bir qutbli va bir chiqishli. Normal ulangan (on) holatda qayta ulagich kalit orqali tok o'tadi.
2 yo'nalishli Kalit (SPDT)		SPDT = Single Pole, Double Throw-bir qutbli va ikki chiqishli. Kalit holatiga qarab tokni 2 ta kontaktning biriga uzatadi. Ba'zi SPDT kalitlar o'rta neytral holatga ega «on-off-on» kabi.

Ikkilik On-Off Kalit (DPST)		DPST = Double Pole, Single Throw-Ikki qutbli bir yo'nalishli. Ikkilangan on-off kalit bo'lib, ikkala o'tkazgichni, masalan, faza va nolni bir vaqtda uzadi va ular o'zaro ajratilgan.
Qutblarni almashlab ulash kaliti (DPDT)		DPDT = Double Pole, Double Throw-Ikki qutbli va ikki yo'nalishli. Bu kalit yuritma harakatini qutblarni teskari ulab, teskariga o'zgartirish uchun qo'llaniladi. Ba'zi DPDT kalitlar o'rta neytral holatga ega.
Rele		Elektr boshqaruvli kalit. Masalan, 9V batareya zanjiri elektromagniti g'altagiga ulanadi va elektromagnit 230 V AC tarmoqni ulaydi yoki ajratadi. NO = Normal Ochiq, COM = Umumiy klemma, NC = Normal Berk.

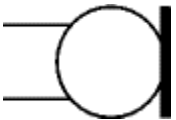
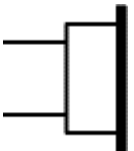
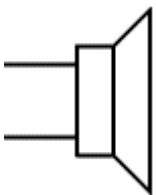
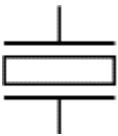
REZISTORLAR

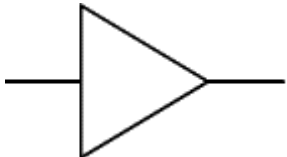
Komponent	Shartli belgilanishi	Komponent funksiyasi
Rezistor		Rezistor tokni chegaralaydi, masalan, LED diod orqali tok chegaradan oshmasligini ta'minlaydi. Rezistor ba'zi hollarda eskicha shartli belgida  ham qo'llaniladi.
O'zgaruvchan Rezistor (Reostat)		Ikki kontaktli bu turdagi rezistor (reostat) odatda tokni boshqarish uchun qo'llaniladi. Masalan, lampa ravshanligini, dvigatel tezligini, RC filtrlarda tebranish chastotasini boshqarish uchun.
O'zgaruvchan rezistor (Potensiometr)		Uch kontaktli bu turdagi rezistor (potensiometr) odatda kuchlanishni boshqarish uchun qo'llaniladi.
O'zgaruvchan Rezistor (rostlanuvchan)		Bu turdagi rezistor kerakli potensialni hosil qilish uchun elektron zanjirlarda nastroyka qilish lozim bo'lganda qo'llaniladi va maxsus yoki kichik buragich bilan sozlanadi.

KONDENSATORLAR		
Komponentlar	Shartli belgilanishi	Komponent funksiyasi
Kondensator		Kondensator elektr zaryadini to'playdi. Kondensator rezistor bilan RC generatorlarda vaqttni o'rnatishda va filtrlarda DC tokni cheklab AC signalni o'tkazishda qo'llaniladi.
Qutbli Kondensator		Bu kondensator elektr zaryadini to'playdigan qutbli kondensator bo'lib, kondensator qutblari mos holda ulanishi zarur. Kondensator rezistor bilan RC generatorlarda vaqttni o'rnatishda va filtrlarda DC tokni cheklab AC signalni o'tkazishda qo'llaniladi.
<u>O'zgaruvchan kondensator</u>		Sig'imi o'zgaruvchan kondensator. Radio tunerlarda qo'llaniladi.
<u>Trimmer kondensator</u>		Bu turdagi o'zgaruvchan kondensatorlar (trimmerlar) kichik buragich yoki o'tkir moslama bilan sozlanadi.
DIODLAR		
Komponentlar	Shartli belgilanishi	Komponent funksiyasi
Diod		Tokni faqat bir tomonga o'tkazuvchi asbob.
Nurlanuvchi diod - LED Light Emitting Diode		Elektr energiyasini yorug'likka aylantiradi.
Stabilitron-Zener Diode		Diodning maxsus turi bo'lib, chiqishdagi kuchlanishni mal'um qiymatdan oshirmaslik uchun qo'llaniladi.
Fotodiod		Yorug'likni sezuvchi diod.
TRANZISTORLAR		

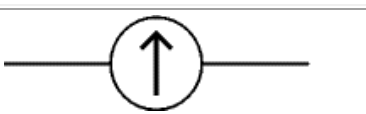
Komponent	Shartli belgilanishi	Komponent funksiyasi
n-p-n Tranzistor		Tranzistor tokni kuchaytiradi. U boshqa komponentlar bilan birgalikda kalit yoki kuchaytirgich sifatida qo'llaniladi.
p-n-p Tranzistor		Tranzistor tokni kuchaytiradi. U boshqa komponentlar bilan birgalikda kalit yoki kuchaytirgich sifatida qo'llaniladi.
Fototranzistor		Yorug'likni sezuvchi tranzistor.

AUDIO VA RADIO ASBOBLAR

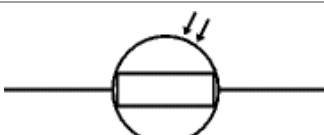
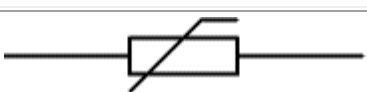
Komponent	Shartli belgilanishi	Komponent funksiyasi
Mikrofon		Tovush energiyasini elektr energiyasiga aylantiradi.
Quloqchin		Elektr energiyasini tovushga aylantiradi.
Dinamik		Elektr energiyasini tovushga aylantiradi.
Piezoaylantirgich		Elektr energiyasini tovushga aylantiradi.

Kuchaytirgich (umimiy belgisi)		Bir kirishli kuchaytirgich. Real holda bu shartli belgi blok diagramma bo'lib, yakka komponentni emas, balki elektron zanjir majmuasini bildiradi.
Antenna		Radio signallarni uzatish va qabul qilish uchun mo'ljallangan qurilma. U antenna sifatida ma'lum.

O'LCHOV ASBOBLARI

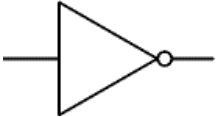
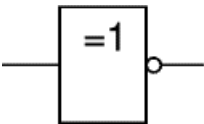
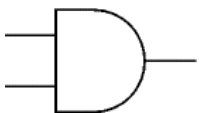
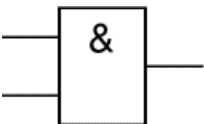
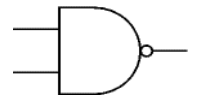
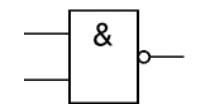
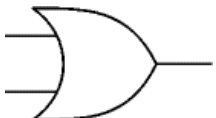
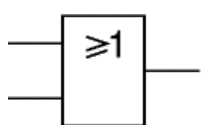
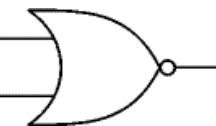
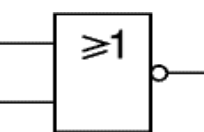
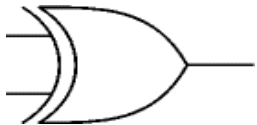
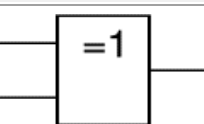
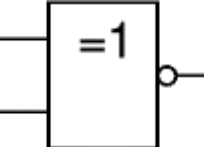
Komponent	Shartli belgilanishi	Komponent funksiyasi
Voltmetr		Voltmetr kuchlanishni o'lchash uchun foydalaniladi. Aslida kuchlanishlar tushuvi bo'sada, ko'pincha kuchlanish deyiladi!
Ampermetr		Ampermetr tok kuchini o'lchaydi.
Galvanometr		Galvanometr juda sezgir asbob bo'lib, odatda 1mA yoki undan kichik toklarni o'lchaydi.
Ommetr		Ommetr qarshilikni o'lchash uchun qo'llaniladi. Ko'pgina multimetrlar ommetr funksiyasiga ega.
Ossillograf		Ossillograf elektr signalining amplitudasini, davrini o'lchash va shaklini aniqlash uchun qo'llaniladi.

SENSORLAR (QABUL QILISH QURILMALARI)

Komponent	Shartli belgilanishi	Komponent funksiyasi
Fotorezistor		Yoritilganlik o'zgarsa, qarshiligi o'zgaruvchi rezistor. LDR = Light Dependent Resistor-Fotosezgir rezistor
Termistor		Harorati ortishi bilan qarshiligi o'zgaruvchi rezistor.

MANTIQUIY ELEMENTLAR

Mantiq elementlari chin (1, yuqori, +Vs, ulanish) yoki yolg'on (0, quyi, 0 V, uzilish) signallarga ishlov beradi. Ko'proq ma'lumotga ega bo'lish uchun Mantix elementlari bo'limiga qarang yoki adabiyotlarga murojaat qiling. Bu yerda ikki tipdagi – an'anaviy va IEC (International Electrotechnical Commission) Xalqaro elektrotexnika komissiyasi tasdiqlagan shartli belgilar keltirilgan.

Mantiq turi	Shartli belgilanishi	IMS shartli belgisi	Bajaruvchi mantiqiy amali
EMAS			EMAS mantiqiy amalida faqat bitta kirish mavjud. Kirishga ON (mantiqiy chin berilsa, chiqishda NOT (mantiqiy emas) hosil bo'ladi va aksincha. EMAS elementi kirishni inkor qiladi
VA			VA mantiq elementida ikki va undan ortiq kirish mavjud. Barcha kirishlarda mantiqiy «1» bo'lsagina chiqishda «1» bo'ladi.
VA-EMAS			VA-EMAS mantiq elementida ikki va undan ortiq kirish mavjud. Barcha kirishlarda mantiqiy «1» bo'lsagina chiqishda «1» teskarisi bo'ladi.
YOKI			YOKI mantiq elementida ikki va undan ortiq kirish mavjud. Kirishlardan birida mantiqiy «1» bo'lsagina chiqishda «1» teskarisi bo'ladi.
YOKI-EMAS			YOKI-EMAS elementi faqat ikki yoki undan ortiq kirishga ega bo'lishi mumkin. Kirishlarga berilgan mantiqiy qiymatlar ustida YOKI keyin EMAS amallarini bajaradi. Kirishlarida mantiqiy «1» bo'lmaganda chiqishda mantiqiy «1» kuzatiladi.
EX-YOKI			EX-YOKI elementi faqat ikkita kirishga ega. Ikkala kirishi ikki xil, mantiqiy «0» yoki «1» bo'lganda chiqishda mantiqiy «1» kuzatiladi.
EX-YOKI-EMAS			EX-YOKI-EMAS elementi faqat ikkita kirishga ega. Ikkala kirishida ham mantiqiy «0» yoki «1» bo'lganda chiqishda mantiqiy «1» kuzatiladi.

1. S.M.Sze, M.K.Lee. Semiconductor devices. Physics and technology. 3th. John Wiley & Sons. ins. USA. 2012
2. Ефимов И.Е., Козырь И.Я. Основы микроэлектроники. Учебник. – СПб.: Лань, 2008.
3. Игумнов Д.В., Королев Г.В., Говомов И.С. Основы микроэлектроники. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2001
4. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. Учебное пособие. – М.: лаборатория базовых знаний, 2002
5. С.И.Власов, У.К.Валиев, К.А.Туросунметов. Яримўтказгичли асбоблар физикаси. Ўқув қўлланма. – Т.: Университет, 2009
6. М.С.Юнусов, С.И.Власов, Д.Э.Назиров, Д.О.Толипов Электрон асбоблар. Ўқув қўлланма. – Т.: Университет, 2003.
7. Дунаев С. Электроника, микроэлектроника и автоматика. М.: Техносфера, 2011.
8. Суздалев И.П. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига. 2006.
9. Неволин В. Зондовке нанотехнологии в электронике. М.: Техносфера, 2006
10. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г. Основы наноэлектроники. Учебное пособие. – М.: Логос, 2006
11. Петров К.С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника. Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2003,
12. Старосельский В.И. физика полупроводниковых приборов микроэлектроники. М.: ЮРАЙТ высшее образование, 2009.
13. Игумнов В.Н. Физические основы микроэлектроники. Учебное пособие. Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2010.
14. Коваленко А.А., Петропавловский М.Д. Основы микроэлектроники. М.: Академия, 2006.
15. Гатчин Ю.А., Ткалич В.Л., Виволанцев А.С., Дудников Е.А. Введение в микроэлектронику. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010.

Internet manbalari:

16. www.gov.uz. – Узбекистон Республикаси ҳукумат портали
17. www.catback.ru - научные статьи и учебные материалы
18. <http://www.electronics.ru>
19. <http://www.cnews.ru>
20. <http://www.radioradar.net>
21. <http://www.spectrolab.com>
22. <http://hitech.compulenta.ru>
23. <http://www.solar.newtel.ru>
24. <http://www.boeing.com>
25. <http://www.sharp-world.com>
26. <http://www.ioffe.rssi.ru>