

Lecture №5.

CORRECTED DIODES.

5-MA'RUZA:

TO'G'RILOVCHI DIODLAR

REJA:

5.1. To'g'rilovchi diodlar.

5.2. Stabiltronlar.

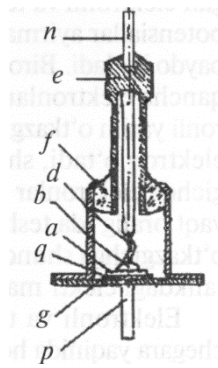
5.3. Varikaplar. Tunnel diodlar.

5.4. Generator diodlar.

Tayanch iboralar: yarimo'tkazgichlar; to'g'rilovchi diod; stabiltron; varikap; tunnel diod, generator; germaniy va kremniy kristallar; izolyator.

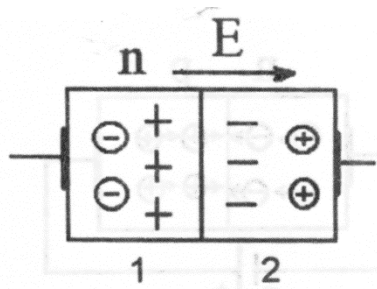
5.1. To'g'rilovchi diodlar.

Diod—elektr tokini bir tomonlama o'tkazish xususiyatiga ega bo'lgan elektron asbobdir. Diodlar ikki xil: vakuumli (shisha ballonga joylashtirilgan ikki elektrodli elektron lampa) va yarim o'tkazgichli (asosi — germaniy va kremniy kristallari) bo'ladi. Diod quyidagicha tuzilishga ega (1- rasm): germaniy monokristalidan yasalgan plastinka (*a*) dan iborat bo'lib, uning bir tomoniga bir tomchi indiy (*b*) payvandlangan. Bir-biridan chegara bilan ajralib turadigan elektron (*n*) va teshikli (*p*) o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan ikkita soha hosil qilingan. Bu soha elektr tokini bir tomonlama o'tkazish xususiyatiga ega. Germaniy plastinkasi metall korpus (*g*) asosiga qalay (*q*) bilan kavsharlangan va u manfiy qutb hisoblanadi. Ikkinchi kontakt (*d*) indiy tomchisiga ulangan va u musbat qutb hisoblanadi. U shisha (*f*) izolyator orqali korpusdan izolatsiyalangan.



1 - rasm. Diod

Diodning uchlari paneldagi «musbat» va «manfiy» ishoralar bilan belgilangan ikkita qisqichga ulangan. Tashqi elektr maydon bo'lmagan hoi uchun elektronli va teshikli yarim o'tkazgichlarning yondosh sohasida elektr maydon hosil bo'lishini qarab chiqamiz. Elektronlarning issiqlik energiyasi eng kichik holatiga mos keluvchi energiyadagi harakati tufayli elektronlar teshikli yarim o'tkazgich bilan chegaradosh qatlamda to'planadi, teshiklar esa teshikli yarim o'tkazgichga qo'shni elektronli yarim o'tkazgich qatlamida to'planadi. Shuning uchun elektronli yarim o'tkazgich 2 bilan chegaradosh bo'lgan teshikli yarim o'tkazgich 1 qatlam manfiy potensialga ega bo'ladi (2 - rasm).



2 - rasm. Yarim o'kazgichlar elektr maydon ta'sirida.

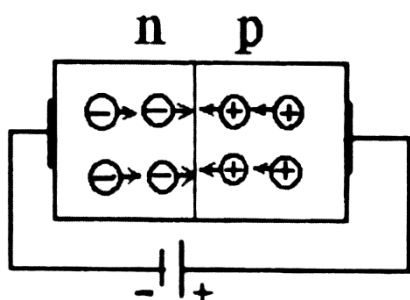
Teshikli yarim o'tkazgich 1 bilan chegaradosh bo'lgan elektronli yarim o'tkazgich 2 esa musbat potensialga ega bo'ladi. Elektron — teshikli o'tishga bevosita yopishib tur gan elektronli va teshikli yarim o'tkazgichlar sohalari orasida potenciallar ayirmasi hosil bo'ladi. Binobarin, elektr maydon paydo bo'ladi. Biror vaqt oralig'ida teshikli yarim o'tkazgichda qancha elektronlar qayta qo'shilsa, shu vaqt oralig'ida elektronli yarim o'tkazgichdan teshikli yarim o'tkazgichga

shuncha elektron o'tadi, shu vaqt oralig'ida elektronli yarim o'tkazgichda elektronlar bilan qancha teshiklar qayta qo'shilsa, shu vaqt oralig'ida teshikli yarim o'tkazgichdan elektronli yarim o'tkazgichga shuncha teshiklar o'tadi. Natijada ma'lum kattalikdagi elektr maydon vujudga keladi.

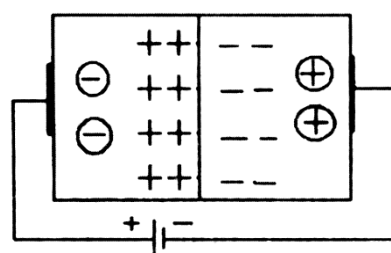
Elektronli va teshikli yarim o'tkazgichlarning yondosh chegara yaqinida hosil bo'lgan qatlam 1 va 2da tok tashuvchilar (elektronlar elektronli yarim o'tkazgichlarda va teshiklar teshikli yarim o'tkazgichlarda) kamayganligini osongina tasavur qilish mumkin. Yupqa qatlamning qarshiligi yarim o'tkazgichning qolgan hajmidagi qarshilikdan ancha katta bo'ladi. Bu qatlam *berkituvchi qatlam* deb ataladi.

Shunday qilib, elektronli va teshikli yarim o'tkazgichlar kontaktida ularning yondosh chegarasida kontakt potentsiallar ayirmasi, shuningdek berkituvchi qatlam hosil bo'ladi.

Bundan so'ng elektron-teshikli o'tishda o'zgaruvchan elektr tokini to'g'rilashning fizik mohiyatini yuqoridagilar asosida tushuntiriladi. Faraz qilaylik, bitta monokristallda hosil qilingan elektronli va teshikli yarim o'tkazgichlarning yondoshgan sistemasiga biror potentsiallar ayirmasi berilgan bo'lsin. Unda teshikli yarim o'tkazgich musbat potentsialga, elektronli yarim o'tkazgich esa manfiy potentsialga ega bo'ladi (3 - rasm). Bu holda tashqi elektr maydon elektronli va teshikli yarim o'tkazgichning yondosh sohasidagi elektr maydonni kuchsizlantiradi



3 - rasm.



4 - rasm.

va elektronli yarim o'tkazgichdan elektronlarni, teshikli yarim o'tkazgichdan esa teshiklarni bir- biriga qarama-qarshi harakatlantiradi (elektron — teshikli o'tish). Bunda berkituvchi qatlamning qalinligi va uning qarshiligi kamayadi. Elektron — teshikli o'tish orqali tok tashuvchilar ko'p o'tadi, binobarin, katta tok o'tadi. Bu sistemaga qo'yilgan potensialning ishorasi almashtirilsa (4 - rasm), tashqi elektr maydon elektronli va teshikli yarim o'tkazgichning yondosh sohasidagi maydonni kuchaytiradi.

Tok tashuvchilar tashqi maydon ta'sirida yarim o'tkazgichlarning bo'linish chegarasida harakatlanadi. Berkituvchi qatlamning qalinligi ortadi va uning qarshiligi ko'payadi. Buning natijasida elektron — teshikli o'tish orqali ancha kam tok o'tadi.

Quyida yarim o'tkazgichli diodni tavsiflovchi eng muhim parametrlarni (muhit temperaturasi 20°C bo'lgan hoi uchun) keltiramiz:

teskari kuchlanishning eng katta qiymati 400 V; eng katta teskari kuchlanishda teskari tok (o'rtacha qiymati) 0,3 mA;

eng katta to'g'rilangan tok (to'g'ri tokning o'rtacha qiymati) 300 mA;

eng katta to'g'ri tokda diodda kuchlanishning tushishi 0,5 V.

Diod deb odatda bir yoki bir necha elektr o'tishlar va tashqi zanjirga ulanish uchun ikkita chiqishga ega bo'lgan elektr o'zgartirgich asbobga aytiladi. Yarim o'tkazgichli diodlar ma'lumotnomalarda radioelektron apparaturalarda qo'llanilish sohalari yoki vazifasiga ko'ra sinflanadilar.

To'g'rilovchi diodlar kuchlanish manbai o'zgaruvchan kuchlanishini o'zgarmasga o'girishda qo'llaniladi. To'g'rilovchi diodlarning asosiy xossasi— bir tomonlama o'tkazuvchanlik bo'lib, uning mavjudligi to'g'rilash effekti bilan aniqlanadi.

To'g'rilovchi diodlarning ishlatilish chastota diapazoni juda keng. Shu sababli ular ishchi chastota diapazoni bo'yicha sinflanadilar.

Past chastotali to'g'rilovchi diodlar (PCh diodlar) sanoat chastotasidagi (50 Gs) o'zgaruvchan tokni o'zgarmasga o'girishda qo'llaniladi. PCh diodlariga qo'yiladigan asosiy talab – bu katta qiymatga ega bo'lgan to'g'rilangan toklar olish. To'g'rilovchi diodlar odatda 0,3 A gacha, 0,3 A dan 10 A gacha va 10 A dan yuqori bo'lgan to'g'rilangan toklarga mo'ljallangan kichik, o'rta va katta quvvatli diodlarga bo'linadi. PCh diodlari katta $r-n$ o'tish bilan xarakterlanadilar.

Yuqori chastotali to'g'rilovchi diodlar (YuCh diodlar) o'n va yuz megahers chastotagacha bo'lgan signallarni nochiziqli elektr o'zgartirishga mo'ljallangan. YuCh diodlari yuqori chastota signallari detektorlari, aralashtirgichlar, chastota o'zgartirgich sxemalar va boshqalarda qo'llaniladi. Yuqori chastota diodlari kichik inersiyaga ega, chunki kichik yuzaga ega bo'lgan nuqtaviy $r-n$ o'tishga ega va shu sababli ularning to'siq sig'imi pikofaradning bir qismini tashkil etadi.

Shottki to'sig'ili diodlar kuchlanish manbai qayta ulagichlarida keng tarqalgan, chunki ular qayta ulanish ishchi chastotasini 100 kGs va undan yuqoriga orttirishga, radioelektron apparatura og'irligi, o'lchamlarini kichraytirishga va kuchlanish manbai FIK oshirishga imkon yaratadilar. Shottki to'sig'i metallni yarim o'tkazgich bilan kontakti natijasida hosil qilinadi. Yarim o'tkazgich material sifatida ko'p hollarda n -turdagi kremniy, metall sifatida esa Al, Au, Mo va boshqalar qo'llaniladi. Bu vaqtda metall chiqish ishi kremniy chiqish ishidan katta bo'lishi talab qilinadi. Bunday diodlarda diffuziya sig'imi nolga teng, to'siq sig'imi esa 1 pF dan oshmaydi.

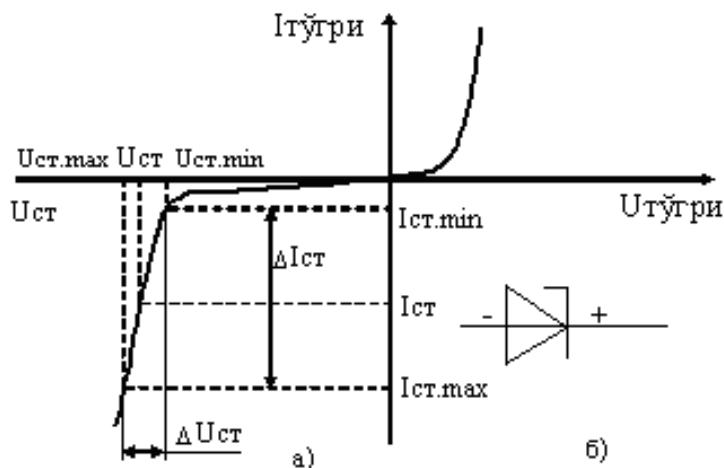
5.2. Stabiltronlar.

Stabilitron - yarim o'tkazgichli diod bo'lib, uning ishlash prinsipi $r-n$ o'tishga teskari kuchlanish berilganda elektr teshilish sohasida tokning keskin ortishi kuchlanishning uncha katta bo'lmagan o'zgarishiga olib kelishiga asoslangan. Stabilitronning shartli belgisi 5.b –rasmda keltirilgan. Stabilitron sxemalarda kuchlanishni barqarorlash uchun ishlatiladi.

Stabilitronning asosiy parametri bo'lib, tokning $I_{ST.min}$ dan $I_{ST.max}$ gacha keng o'zgarish oralig'ida barqarorlash kuchlanishi U_{ST} hisoblanadi (5 a- rasm).

Stabilitron VAX sidagi ishchi soha elektr teshilish sohasida joylashadi. Barqarorlash kuchlanishi diod bazasidagi kiritma konsentratsiyasi bilan aniqlanadigan $r-n$ o'tishga bog'liq. Agar yuqori konsentratsiyaga ega bo'lgan yarim o'tkazgich qo'llanilsa, u holda $r-n$ o'tish tor bo'ladi va tunnel teshilish kuzatiladi. U_{ST} ishchi kuchlanishi 3-4 V dan oshmaydi.

Yuqori voltli stabilitronlar keng $r-n$ o'tishga ega bo'lishi kerak, shuning uchun ular kuchsiz legirlangan kremniy asosida yasaladilar. Ularda ko'chkisimon teshilish sodir bo'ladi, barqarorlash kuchlanishi esa 7 V dan ortmaydi. U_{ST} 3 dan 7 V gacha bo'lgan oraliqda teshilishning ikkala mexanizmi ishlaydi. Sanoatda barqarorlash kuchlanishi 3 dan 400 V gacha bo'lgan stabilitronlar ishlab chiqariladi.



5 – rasm. Stabilitronning VAX.

Stabilitronning elektr teshilish sohasidagi differensial qarshiligi r_D barqarorlash darajasini xarakterlaydi. Bu qarshilik qiymati dioddagi kichik kuchlanish o'zgarishi qiymatining diod toki o'zgarishiga nisbati bilan aniqlanadi (18 a- rasm). r_D qiymati qancha kichik bo'lsa, barqarorlash shuncha yaxshi bo'ladi.

$$r_D = \frac{\Delta U_{CT}}{\Delta I_{CT}}$$

Stabilitronning asosiy parametri bo'lib barqarorlash kuchlanishining temperatura koeffisienti (KTK) hisoblanadi. KTK – bu temperatura bir gradusga o'zgarganda barqarorlash kuchlanishining nisbiy o'zgarishi. Ko'chkisimon teshilish kuzatiladigan kichik voltli stabilitronlar odatda musbat KTKga ega. KTK qiymati odatda 0,2 -0,4 % /grad dan oshmaydi.

5.3. Varikaplar. Tunnel diodlar.

Varikap elektr maydoni yordamida boshqariladigan sig'im sifatida qo'llanishga mo'ljallangan. Varikapning ishlash prinsipi elektr o'tish to'siq sig'imining teskari kuchlanishga bog'liqligiga asoslangan.

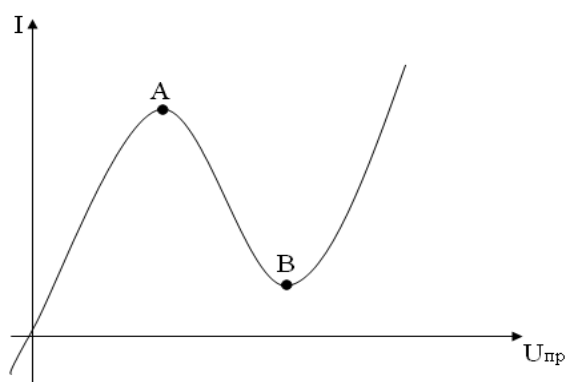
Varikaplar asosan tebranma konturlarni chastotasini elektron qayta sozlashda qo'llaniladi. Varikaplarning bir necha turi mavjud. Masalan, parametrik diodlar o'ta yuqori chastota signallarini kuchaytirish va generatsiyalashda, ko'paytiruvchi diodlar esa keng chastota diapazoniga ega bo'lgan ko'paytirgichlarda qo'llaniladi.

Tunnel diodi deb qo'zg'otilgan yarim o'tkazgich asosida loyihalangan yarim o'tkazgichli asbobga aytiladi. Unda teskari va uncha katta bo'lmagan to'g'ri kuchlanishda tunnel effekti yuzaga keladi va volt–amper xarakteristikada manfiy differensial qarshilikka ega bo'lgan soha mavjud bo'ladi.

Tunnel diodlar boshqa turdagi diodlardan sezilarli farq qilmaydi, lekin ularni yasash uchun 10^{20} sm^{-3} kiritmaga ega bo'lgan yarim o'tkazgichli materiallar qo'llaniladi.

VAX nochiziqli bo'lsa, uning har bir kichik sohasi to'g'ri chiziq deb qaraladi va xarakteristikaning bu nuqtasida $R_i = \frac{dU}{dI}$ differensial qarshilik kiritiladi. Agar xarakteristika kamayuvchi bo'lsa, bu sohada qarshilik R_i manfiy qiymatga ega bo'ladi.

Tunnel diodi VAX 6 – rasmda keltirilgan. AV soha manfiy differensial qarshilik bilan xarakterlanadi. Agar tunnel diodi tebranma kontur elektr zanjiriga ulansa, u holda kontur va shu zanjirdagi manfiy qarshilik kattaligi o'rtasidagi ma'lum nisbatlarda tebranishlar kuchayishi yoki generatsiyalanishi mumkin. Tunnel diodlari asosan 3-30 GGs diapazonda O'YuCh generatorlar qurishda, hamda maxsus hisob qurilmalari va mantiqiy yuta yuqori tezlikda ishlaydigan sxemalarda qo'llaniladi.



6 – rasm. Tunelli diod VAX.

5.4. Generator diodlar.

Generator diodlaridan biri bo'lib *ko'chkili-uchma diodlar (KUD)* hisoblanadi. Uning VAXsida $r-n$ o'tishdagi ko'chkisimon teshilishda yuqori chastotalarda manfiy qarshilikka ega bo'lgan soha yuzaga keladi. Agar KUD rezonatorga joylashtirilsa, unda chastotasi 100 GGsgacha bo'lgan so'nmaydigan tebranishlar yuzaga keladi. Tebranishlarning chiqish quvvati ($f=1$ GGs bo'lganda) 10 Vtgacha yetishi mumkin. KUDning FIK 30-50 %ga yetadi.

Generator diodining yana bir turi bo'lib *Gann diodi* hisoblanadi, u uzunligi 10^{-2} - 10^{-3} smdan iborat ($r-n$ o'tishsiz) bo'lgan bir jinsli yarim o'tkazgich plastinka ko'rinishida bo'ladi. Plastinkaning yon qismlariga katod va anod deb ataluvchi metall kontaktlar surtiladi. Gann diodlarini yasash uchun n -turdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan intermetall birlashmalar - GaAs, InSb, InAs va InPlar qo'llaniladi. Diod tebranma konturga joylashtiriladi. Kontaktlarga o'zgarmas kuchlanish berilganda Gann diodida kuchlanganligi $3 \cdot 10^3$ V/sm bo'lgan elektr maydon hosil qiladigan chastotasi 60 GGs bo'lgan elektr tebranishlar yuzaga keladi. Tebranishlar quvvati 10 – 15 Vtgacha yetishi mumkin, FIK esa 10-12 % ga yetadi.

Nazorat savollari.

1. Diod deb nimaga aytiladi?
2. Diodlarning volt-amper xarakteristikasi?
3. To'g'rilovchi diodlar nima?
4. Stabilitronlarni tushuntiring?
5. Varikap diodlar haqida tushuncha bering?
6. Tunnel diodlar deb nimaga aytiladi?
7. Generator diodlar nima?