

**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA`LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI**

S.O. SAIDOV

YARIMO`TKAZGICHLAR FIZIKASI

**(Ixtisoslashgan Oliy ta`lim muassasalarining 70530905-
Yarimo`tkazgichlar fizikasi ta`lim yo`nalishi magistrantlari,
talabalari va o`qituvchilar uchun
o`quv uslubiy qo`llanma)**

KAMOLOT-2023 y.

O‘zbekiston Respublikasi
Oliy ta‘lim, fan va innovatsiyalar vazirligi
Buxoro Davlat Universiteti

S.O. Saidov

YARIMO`TKAZGICHLAR FIZIKASI
(Ixtisoslashgan Oliy ta‘lim muassasalari
70530905 - Yarimo`tkazgichlar fizikasi
ta‘lim yo‘nalishi magistrantlari,
talabalari va o‘qituvchilari uchun o‘quv
uslubiy qo‘llanma)

KAMOLOT- 2023 y.

Ushbu o'quv uslubiy qo'llanma Buxoro davlat universiteti O'quv-uslubiy kengashining 2022-yil «30» avgustdagi «1» -sonli yig'ilish bayonnomasi qarori bilan tasdiqlangan Yarimo`tkazgichlar fizikasi, Yarimo`tkazgich asboblari fizikasi va Yarimo`tkazgichlar parametrlarini aniqlash usullari fanlari dasturlariga asosan tayyorlangan.

Yarimo`tkazgichlar fizikasi fanidan o'quv uslubiy qo'llanma Buxoro davlat universiteti, Fizika-matematika fakulteti, Fizika kafedrasining 2023-yil «29» martdagi «29» - sonli yig'ilish bayonnomasi qarori bilan tasdiqlangan.

Yarimo`tkazgichlar fizikasi fanidan o'quv uslubiy qo'llanma Buxoro davlat universiteti, Fizika-matematika fakulteti O'quv-uslubiy kengashining 2023-yil «7» apreldagi «2» - sonli navbatdan tashqari yig'ilish bayonnomasi bilan tasdiqlangan.

Muallif:

S.O. Saidov – Buxoro davlat universiteti, «Fizika» kafedrasida dotsenti, kimyo fanlari nomzodi.

Taqrizchilar:

G. Kasimova – Buxoro Muhandislik - texnologiya instituti «Fizika» kafedrasida mudiri, dotsent, fizika-matematika fanlari falsafa doktori (PhD);

Sh.Sh. Fayziyev – Buxoro davlat universiteti, «Fizika» kafedrasida mudiri, dotsent, fizika-matematika fanlari falsafa doktori (PhD).

MUNDARIJA

Annotatsiya	5
So`z boshi	6
Testlar	10
Foydalanilgan adabiyotlar ro`yxati	81

Annotatsiya

Yarimo`tkazgichlar fizikasi va ularni tayyorlash texnologiyalari fan va amaliyot o'rtasidagi o'zaro uzviy bog'liqlikning ajoyib namunasi bo'la oladi. O`quv uslubiy qo`llanmada yarimo`tkazgichlar fizikasi asoslari, uning rivojlanish tarixi, ulardan foydalanish, yarimo`tkazgichlar fizikasi va ularni tayyorlash texnologiyalarining rivojlantirish istiqbollari, shuningdek, ularni amalda qo'llash imkoniyatlariga doir bilimlarni baholash uchun test topshiriqlari keltirilgan. O`quv uslubiy qo`llanma universitetlar va pedagogika institutlarining 70530905 - Yarimo`tkazgichlar fizikasi ta`lim yo`nalishi magistrantlari, talabalari va o'qituvchilari uchun mo'ljallangan.

Физика полупроводников и технологии их изготовления могут служить прекрасным примером неразрывной связи науки и практики. Учебно-методическое пособие содержит тестовые задания для оценки знаний по основам физики полупроводников, истории ее развития, их использования, перспективам развития физики полупроводников и технологий их изготовления, а также возможности их практического применения. Учебно - методическое пособие предназначено для магистрантов, студентов и преподавателей образовательного направления 70530905-физика полупроводников вузов и педагогических институтов.

The physics of semiconductors and their manufacturing technologies can serve as an excellent example of the inextricable link between science and practice. The training manual contains test tasks for assessing knowledge on the basics of semiconductor physics, the history of its development, their use, prospects for the development of semiconductor physics and manufacturing technologies, as well as the possibility of their practical application. The training manual is intended for undergraduates, students and teachers of the educational direction 70530905-semiconductor physics of universities and pedagogical institutes.

SO‘Z BOSHI

O‘zbekistonda olib borilayotgan ijtimoiy-iqtisodiy sohalardagi islohotlar qatorida ilm - fan va ta’lim sohasiga ham katta ahamiyat berilmoqda. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh.M. Mirziyoyev tomonlaridan 2017-yil 20-aprelda “Oliy ta’lim tizimini yanada rivojlantirishning chora - tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-2909-sonli, 2021-yil 19-martda “Fizika sohasidagi ta’lim sifatini oshirish va ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-5032-sonli imzolagan qarorlari va “Yangi O‘zbekiston strategiyasi” nomli asarlari ilm-fan va ta’lim sohasida olib borilayotgan islohotlarni yanada yangi bosqichga ko‘tardi. Yuqorida keltirilgan qarorlar ijrosini ta’minlashga yo‘naltirilgan maxsus dasturlarda respublikamiz oliy ta’lim muassasalari moddiy texnika bazasini rivojlantirish, o‘quv-uslubiy, pedagog-kadrlar bilan ta’minlashni sifat darajasini ko‘tarish, fizika fanini o‘qitish sifatini oshirish, ta’lim jarayoniga zamonaviy o‘qitish uslublarini joriy qilish, iqtidorli o‘quvchi, talabalarni saralash, mehnat bozoriga raqobatbardosh mutaxassislarni tayyorlash, ilmiy tadqiqot va innovatsiyalarni rivojlantirish hamda bu vazifalarning amaliy natijadorligiga yo‘naltirilgan bir qator dolzarb topshiriqlar belgilab berildi. Shu nuqtai-nazardan, fizika sohasidagi fundamental ilmiy tadqiqotlarni har tomonlama qo‘llab-quvvatlash, ilmiy darajali kadrlarni tayyorlash tizimi samaradorligini oshirish va «fan – ta’lim - ishlab chiqarish - hudud» integratsiyasini chuqurlashtirish bo‘yicha amaliy chora-tadbirlarni ishlab chiqish va joriy etish bugungi kunning eng dolzarb masalalaridan biridir. Bu amaliy, strategik ahamiyatga ega vazifalarni sifatli amalga oshirish fundamental fanlarning rivojlanishiga turtki bo‘ladi.

Yarimo`tkazgichlar insoniyatning taraqqiyot yo‘liga juda dadil va keng ko‘lamda kirib kelib, tobora yangi sohalarda ishlatilmoqda. Yarimo`tkazgichlar fizikasi va yarimo`tkazgichlarni tayyorlash texnologiyalari fan bilan amaliyot o‘rtasidagi o‘zaro uzviylilikning yorqin namunasi bo‘la oladi. Ular - texnologiyada, tibbiyot, metrologiya, axborotni qayta ishlash va uzatish, fizik, kimyoviy va biologik tadqiqotlar hamda harbiy sohalarda bizning imkoniyatlarimizni kengaytirdi. Yarimo`tkazgichlar fizikasi sohasidagi ilmiy tadqiqotlarning o‘sib borishi takomillashgan yangi yarimo`tkazgich asboblarni yaratish imkoniyatini ochadi, bu esa ularning qo‘llanish ko‘lamini yanada kengaytiradi. Misol tariqasida, qattiq jisimli yarimo`tkazgich lazerlarda nurlanish quvvati va boshqa fizik sifatlarining takomillashtirilishi lazerli boshqariladigan termoyadro sintezini amalga oshirishning yangi istiqbollarni ochib beradi, bu esa insoniyat uchun global muammo bo‘lgan energiya tanqisligini bartaraf etib, insoniyatni deyarli bitmas-tuganmas energiya manbai bilan ta’minlaydi.

Yarimo`tkazgichlar fizikasi sohasidagi bilimlarning magistrantlar, talabalar

va o`quvchilar tomonlaridan qay darajada o`zlashtirilganligi darajasini aniqlashning dolzarbligi yuqorida keltirilgan mulohazalardan kelib chiqadi hamda ushbu yo`nilishda faoliyat ko`rsatayotgan professor-o`qituvchilar uchun juda muhimdir. Shu o`rinda ta`lim-tarbiya oluvchilar bilim, ko`nikma va malakalarini nazorat qilish va baholashning asosiy usullaridan biri – test sinovlari to`g`risida qisqacha to`xtalamiz.

O`zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 1993-yil, 5-fevraldagi «O`zbekiston Respublikasi Oliy o`quv yurtlari uchun talabalarni test usulida qabul qilish to`g`risida»gi Qarori O`zbekistonda MDH davlatlari ichida birinchi bo`lib testdan foydalanishga keng yo`l ochib berdi. Jahon pedagogikasi va psixologiyasida mustahkam o`rin olgan test usuli mamlakatimiz ta`lim tizimida jadallik bilan tadbiq qilinmoqda. Respublika Davlat Test markazining faoliyat ko`rsatayotganligi mamlakatimizda testshunoslikning davlat ahamiyatiga ega bo`lgan masala darajasiga ko`tarilganligining yaqqol dalilidir.

Pedagogik testlar AQSH, Niderlandiya, Angliya, Turkiya, Janubiy Koreya, Yaponiya va boshqa ko`pgina mamlakatlarda keng rivoj topdi. Ushbu ro`yxatga asosan turmush darajasi yuqori bo`lgan mamlakatlar kirganligi tasodif emas. Bunda quyidagi zanjirli bog`lanish mavjud: testlarni qo`llash ta`lim sifatiga ijobiy ta`sir ko`rsatadi; ta`lim sifati esa boshqaruv sifati bilan bog`liq; oqilona boshqaruv esa aholi turmush darajasini oshirish uchun zamin yaratadi. Bunday uslublar o`z navbatida testlarni ishlab chiqishga ijobiy ta`sir ko`rsatdi. XIX asr oxiri XX asr boshlarida test sinovlariga talabalarning o`quv qobiliyatlarini baholash vositasi sifatida qarash ancha kuchaydi. Aynan shu davrdan boshlab test sinovlari ikki asosiy yo`nalish: aqliy (intellektual) rivojlanish darajasini aniqlash testlarini yaratish va qo`llash hamda talabalarning o`qish qobiliyatlarini va bilimlarini baholashga mo`ljallangan pedagogik testlarni yaratish va ulardan foydalanish sohalari rivojlana boshladi. Test tuzuvchilar turli odamlarda ta`sirga javob berish vaqti bir xil emasligini aniqladilar, bu esa odamlarning aqliy qobiliyatlarini o`rganish zarurligi va turli darajadagi testlar yaratish usuli bo`yicha amaliy ishlar olib borish lozimligiga olib keladi. Test sinovlarining asosiy maqsadi: ham o`tilgan darslarni o`zlashtirish darajasi to`g`risida, ham navbatda o`rganilishi lozim bo`lgan dars hajmi to`g`risida o`qituvchiga axborot berish; o`qituvchiga o`qitish uslubini tanlashda yordam berishdan iborat deb hisoblangan.

Agar testlarni turkumlashda ularning qo`llash maqsadi va vazifalariga asoslanadigan bo`lsak, psixologik testlardan boshqa barcha testlarni quyidagi uch guruhga ajratish mumkin:

- intellektual rivojlanish darajasini aniqlovchi testlar;

- pedagogik testlar;
- muayyan kasbga yaroqlilikni aniqlovchi testlar;

Fanning mazmunidan kelib chiqqan holda biz faqat pedagogik test haqida to'xtalamiz. Adabiyotlarda bunday test topshiriqlarining quyidagi shakllari bayon etiladi.

- birdan-bir to'g'ri javobi bo'lgan yopiq topshiriqlar;
- bir necha to'g'ri javoblari nazarda tutilgan Yopiq topshiriqlar;
- bitta so'z (yoki so'zlar) tushirib qoldirilgan gapdan tashkil topgan ochiq topshiriqlar;
- to'g'ri ketma-ketlikni aniqlash uchun topshiriqlar;
- o'zaro bog'liqlikni (muvofiqlikni) aniqlovchi topshiriqlar;
- ayrim fanlar bo'yicha bilimlarning chuqurligini aniqlash bo'yicha topshiriqlari;
- sonni to'ldirishga mo'ljallangan topshiriqlar, bunda sonlar seriyasini topish usulini aniqlash va uni muayyan tartibda belgilash talab qilinadi;
- qarama-qarshi munosabatlarni aniqlash testlari;
- masalalar echishga qaratilgan (matematik, fizik va b.) topshiriqlar;
- chizmalar va sxemalarni tushunishga qaratilgan topshiriqlar;
- shakllar nisbatini aniqlashga qaratilgan topshiriqlar;
- olingan axborotni o'zlashtirish darajasini aniqlash topshiriqlari;
- sinonimlar va antonimlarni farqlashga oid topshiriqlar;
- analogiya (aynan o'xshashlik)ga oid topshiriqlar;
- o'qilgan matnni tushunishga oid topshiriqlar;
- ko'rsatmalarni bajarishga oid topshiriqlar;
- bilimdonlikni aniqlashga doir topshiriqlar;
- tafakkurni aniqlovchi testlar;
- orfografik testlar;
- til masalalariga doir topshiriqlar va boshqalar.

Mutaxassislik (umumtexnik) fanlardan test topshiriqlari tuzishda yopiq (bir yoki bir necha to'g'ri javobli), ochiq, muvofiqlikni va to'g'ri ketma-ketlikni

aniqlashga oid test topshiriqlaridan foydalanish tavsiya etiladi. Bunda bir o'quv maqsadiga erishganlikni turli test topshiriqlari yordamida aniqlash (invariant) testlar tuzish ham maqsadga muvofiqdir.

Agar test topshirig'i matnida, uning tayanch so'zlari yoki gap tushirib qoldirilgan bo'lsa, bunday topshiriq ochiq (tugallanmagan) test deb ataladi. Bu shakldagi testlarda talabalarning bitta, ikkita so'zdan iborat qisqa va aniq javob berishlari taxmin qilinadi. Bu haqda testga ilova qilingan yo'llanmada bayon etish kerak. Blankaning bo'sh joyida javob uchun zarur bo'lgan joy qoldiriladi. Masalan, «Test tushunchasi»yilda tomonidan birinchi marta ishlatilgan.

Yopiq topshiriqlar savoldan va bir necha javoblardan iborat bo'ladi, bu javoblardan biri to'g'ri, qolganlari to'g'riga o'xshash, biroq noto'g'ri bo'ladi. Taklif qilinadigan javoblar soni ikkitadan beshtagacha va bundan ko'proq bo'lishi mumkin. Sinovdan o'tuvchining tanlagan javobiga ko'ra, test topshirig'i tegishli ikkita kod: 1 yoki 0 bilan kodlanib, so'ngra shu holda EHMga kiritiladi.

Xulosa sifatida test qanday shaklda, qanday ko'rinishda bo'lmasin magistrantlar, talabalar va o'quvchilar bilimni nazorat qilish uchun eng qulay, eng ma'qul va eng maqbul variantdir.

O'quv uslubiy qo'llanma matnida ochiq va yopiq test topshiriqlari komp'yuter variantida keltirilgan bo'lib, ulardagi to'g'ri javoblarni turli o'rinlarda joylashtirib variatsiya qilish mumkin.

Ushbu o'quv uslubiy qo'llanma Yarimo'tkazgichlar fizikasi, Yarimo'tkazgich asboblari fizikasi va Yarimo'tkazgichlar parametrlarini aniqlash usullari fanlaridan muallifning o'quv jarayonida foydalanilgan materiallari asosida tuzilgan bo'lib, u ixtisoslashgan Oliy ta'lim muassasalarining 70530905 - Yarimo'tkazgichlar fizikasi ta'lim yo'nalishida o'qiyotgan magistrantlari va talabalarining bilim, ko'nikma va malakalarini baholash, nazorat va diagnostika qilish uchun mo'ljallangan.

TESTLAR

Ionlanish potentsiali deb.....

normal holatda turgan elektroneytral atomdan bitta (birinchi) elektronni uzib chiqib ketish uchun kerak bo'lgan va elektron-voltlar (eV) da o'lchanadigan energiyaga aytiladi.

normal holatda turgan noelektroneytral atomdan bitta (birinchi) elektronni uzib chiqib ketish uchun kerak bo'lgan va elektron-voltlar (eV) da o'lchanadigan energiyaga aytiladi.

normal holatda turgan atomdan bitta (birinchi) elektronni uzib chiqib ketish uchun kerak bo'lgan va Kilo elektron-voltlar (KleV) da o'lchanadigan energiyaga aytiladi.

normal holatda turgan elektroneytral atomdan ikkita (birinchi) elektronni uzib chiqib ketish uchun kerak bo'lgan va elektron-voltlar (eV) da o'lchanadigan energiyaga aytiladi.

Metallarning ionlanish potentsiali metallmaslarnikidanbo'ladi. Shuning uchun ular kuchli qaytaruvchilar hisoblanadilar.

kichik;

katta;

teng;

to`gri javob yo`q.

Atomlar manfiy zaryadlangan holga ham o'tishi mumkin. Buning uchun ular o'zlariga bitta ortiqcha elektronni qo'shib olishlari kerak. Shunday jarayon vaqtida ajralib chiqadigan energiyagadeyiladi.

ushbu atomning elektronga moyilligi;

ushbu atomning elektronga to`yinishi;

ushbu atomning elektron yutish energiyasi;

elektronga moyillik.

Biror element atomi uchun ionlanish potentsiali va atomning elektronga moyilligi budeyiladi va u ξ (ksi) harfi orqali ifodalanadi.

ikki kattalikning yig'indisi elektromanfiylik;

ikki kattalikning ko`paytmasi elektromanfiylik;

ikki kattalikning yig'indisi elektromusbatlik;

ikki kattalikdan kattasi yig'indisi elektromanfiylik.

Ionlanishni amalga oshirishning qator usullari ma'lum. Ular.....

termik ionlanish, elektr maydon ta'sirida va elektron to'qnashishi tufayli ionlanish, fotoionlanish va boshqalar.
Termik ionlanish va elektron to'qnashishi tufayli ionlanish, fotoionlanish va boshqalar.
Elektr maydon ta'sirida va elektron to'qnashishi tufayli ionlanish, fotoionlanish va boshqalar.
Termik ionlanish, elektr maydon ta'sirida va elektron to'qnashishi tufayli ionlanish va boshqalar.

Metallar energetik zonalari elektron bilan to'laband bo'ladi va ularga tashqaridan kuchsiz elektr maydon ta'sir etsa, elektronlarjoylashgan uzluksiz bo'shzonalariga o'tib olib, ma'lum yo'nalishda harakat qiladi va elektr toki hosil bo'ladi.
qilinmagan, yuqorida, o'tkazuvchanlik;
qilingan, pastda, o'tkazuvchanlik;
qilinmagan, yuqorida, ta'qiqlangan;
qilinmagan, Fermi sathida, o'tkazuvchanlik;

Metallarda valent va o'tkazuvchanlik energetik zonalarhosil qilgan bo'ladi.
bir-birlari bilan "chaplashib" uzluksiz zona;
bir-birlaridan "ajralgan" uzluksiz zona;
bir-birlari bilan "ko'ndalang" zona;
bir-birlari bilan "chaplashib" nouzluksiz zona.

Yarim o'tkazgichlarga esa valent zona elektronlar bilan to'lgan bo'lib, agar elektronlar o'tkazuvchanlik zonasiga o'tmasa, ular erkin bo'lmaydi. Bu zona valent zonadanenergetik masofada joylashgan bo'ladi, unda ΔE – taqiqlangan zonaning eni.
$\Delta E \sim 0,1-2$ eV;
$\Delta E \sim 0,3-2$ eV;
$\Delta E \sim 0,4-2$ eV;
$\Delta E \sim 0,5-2$ eV.

Agar elektronlar valent zonadan o'tkazuvchanlik zonaga o'tmasa, tashqi elektr maydon ta'siri bilan tok
hosil bo'lmaydi;
hosil bo'ladi;
hosil bo'lgan tok maksimal bo'ladi;
barcha javoblar to'g'ri.

Dielektriklarda o'tkazuvchanlik zonasi bilan valent zonasi orasidagi energetik masofa eng kamidava undan ko'proq bo'lib, umuman bo'lmaydi.
$\Delta E=2eV$, erkin elektronlar;
$\Delta E=3eV$, harakatchan ionlar;
$\Delta E=4eV$, harakatchan ionlar;
$\Delta E=5eV$, erkin elektronlar;

Yarim o'tkazgichlaruchraydi.
atomlar (germaniy, kremniy, tellur, selen va h.k.) shaklida va kimyoviy birikmalar shaklida (sulfidlar, selenidlar va h.k.);
ionlar (germaniy, kremniy, tellur, selen va h.k.) shaklida va kimyoviy birikmalar shaklida (sulfidlar, selenidlar va h.k.);
faqat atomlar (germaniy, kremniy, tellur, selen va h.k.) shaklida;
faqat kimyoviy birikmalar shaklida (sulfidlar, selenidlar va h.k.).

Yarimo'tkazgichlarning solishtirma qarshiligi oralig`ida bo'ladi.
$\rho=10^{-4} - 10^5 \text{ Om} \cdot \text{sm}$;
$\rho=10^{-4} - 10^4 \text{ Om} \cdot \text{sm}$;
$\rho=10^{-4} - 10^3 \text{ Om} \cdot \text{sm}$;
$\rho=10^{-4} - 10^2 \text{ Om} \cdot \text{sm}$.

Germaniyn (Ge) — Mendeleev davriy sistemasining to'rtinchi guruhiga kiruvchi element hisoblanadi. Uni olishda xom ashyo vazifasini tarkibida germaniy bo'lgan o'taydi.
rux va sulfid rudalari, shu bilan birgalikda ko'mir tuzlari;
mis va sulfid rudalari, shu bilan birgalikda ohaktosh;
rux va sulfid rudalari, shu bilan birgalikda ohaktosh;
ko'mir tuzlari.

Tozalangan yarim o'tkazgichli materialda, ya'ni germaniyda aralashmalar % (massasi bo'yicha), kremniyda esa % (massasi bo'yicha) dan ortmasligi lozim.
$10^{-9}, 10^{-11}$;
$10^{-9}, 10^{-10}$;
$10^{-9}, 10^{-12}$;
$10^{-7}, 10^{-11}$;

Germaniy och kumushsimon rangda bo'lib, zichligi va erish harorati ga teng.
$5320 \text{ kg/m}^3, 937,2^\circ\text{C}$;

5320 kg/m ³ , 947,2°C;
5220 kg/m ³ , 937,2°C;
5320 kg/m ³ , 927,2°C.

Kremniy (Si) – Mendeleev davriy sistemasining to‘rtinchi guruhiga kiruvchi element hisoblanadi. Kremniy tabiatda kremnezemko‘rinishida keng tarqalgan bo‘lib, kremnezem kremniyning texnik navlari olishda xom ashyo vazifasini o‘taydi.

SiO ₂ ;
SiO ₃ ;
SiO ₄ ;
Si ₂ O ₂ .

Kremniy germaniyga nisbatan ishlatiladi, chunki undan tayyorlangan yarim o‘tkazgichli priborlarning ishchi harorat chegarasi ga teng bo‘lsa, germaniy asosida tayyorlanganlariniki esa ni tashkil etadi.

ko‘proq, 130-200°C, bor yo‘g‘i 80-100°C;
kamroq, 80-100°C , 230-240°C;
ko‘proq, 300-400°C, bor yo‘g‘i 180-200°C;
to‘g‘ri javob yo‘q.

Yarim o‘tkazgichli integral sxemalarning asosini tayyorlashda keng qo‘llaniladi.

kremniy;
germaniy;
galliy;
arsenid.

Selen (Se) — Mendeleev davriy sistemasining oltinchi guruhiga kiruvchi element hisoblanadi. Seleni olishda xom-ashyo vazifasiniqoladigan qoldiqlar bajaradi.

misni elektrolitik yo‘l bilan tozalash paytida;
ruxni elektrolitik yo‘l bilan tozalash paytida;
germaniyni elektrolitik yo‘l bilan tozalash paytida;
rudalarni elektrolitik yo‘l bilan tozalash paytida;

Eritilgan amorf seleni erish harorati dan xona xaroratigacha sekinlik bilan sovutish orqali kulrang kristall tuzilishli selen olinadi. Kristall selen tipidagi polikristal tuzilishdagi aralashmali yarim o‘tkazgich hisoblanadi.

220°C, n-;
200°C, n-;

220°C, p-;
200°C, p-.

Polikristall kremniy karbididanximiyaviy jihatdan tozaligi bilan ajralib turuvchi monokristalli kremniy karbidi olinadi.
inert gazda haydash yo‘li bilan;
noinert gazlarda haydash yo‘li bilan;
kislorodda haydash yo‘li bilan;
to‘g‘ri javob yo‘q.

Galliy-arseniddan tayyorlangan asboblarda n-p-o‘tish uchun ishchi haroratgacha ruxsat berilgan, ya’ni bu germaniy va kremniy asosida tayyorlangan yarimo‘tkazgichlarnikidan yuqori qiymatlarda bo‘ladi.
300—400°C;
200—300°C;
100—200°C;
500—800°C.

20°C haroratda galliy arsenidining asosiy xarakteristikalarini quyidagiga teng: zichligi, $\rho = \dots\dots\dots$ $\epsilon = \dots\dots\dots$ Erish harorati
5400 kg/m ³ , 10 ⁴ -10 ⁹ Om·sm, 11,2, 1237°C;
5400 kg/m ³ , 10 ⁴ -10 ⁹ Om·sm, 15,2, 1237°C;
5400 kg/m ³ , 10 ⁴ -10 ⁹ Om·sm, 14,2, 1237°C;
5400 kg/m ³ , 10 ⁴ -10 ⁹ Om·sm, 8,2, 1237°C;

Namlik va radiatsion nurlanishlar ko‘rinishidagi tashqi ta’sirlar kuchli darajada yarim o‘tkazgichli elementlarni xarakteristikalarini, shuning uchun tashqi ta’sirdan himoyalanih maqsadida ularni germetik (metall, keramik yoki plastmassali) korpuslarga joylashtiriladi.
pasaytiradi;
kuchaytiradi;
o‘zgartirmaydi;
to‘g‘ri javob yo‘q.

Kristall deganda,
qattiq jismni tashkil etgan atomlarning tartibli va davriy joylashganini tushunamiz.
qattiq jismni tashkil etgan atomlarning davriy joylashganini tushunamiz.
qattiq jismni tashkil etgan atomlarning tartibli tushunamiz.

qattiq jismni tashkil etgan ionlarning davriy joylashganini tushunamiz.

Kristallning eng kichik bo'inmaydigan holati bubo'lib xizmat qiladi.
elementar yacheyka;
davriylik;
tartiblilik;
tartiblilik va davriylik.

Kristall panjaraning atomlarining a,b,c yo'nalishlari orasidagi burchaklar (α, β, γ) va a,b,c yo'nalishlar qiymatiga qarab kristall panjaralar tuzilishini xilga bo'lish mumkin. Bulami Bravye elementar yacheykalari deb ataladi.
14;
18;
25;
232.

..... xil kristall yacheykalami ta guruhga ajratiladi.
14, 7;
18, 7;
25, 7;
14, 9.

Triklin panjarada:
 $a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$;
 $a = b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$;
 $a \neq b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$;
 $a \neq b \neq c, \alpha = \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$.

Monoklin panjarada:
 $a \neq b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$;
 $a = b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$;
 $a \neq b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$;
 $a \neq b \neq c, \alpha = \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$.

Asosiy markazlashgan monoklin panjarada:
 $a \neq b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$;
 $a = b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$;
 $a \neq b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$;
 $a \neq b \neq c, \alpha = \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$.

Rombik panjarada:
$a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ;$
$a = b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
$a \neq b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
$a \neq b \neq c, \alpha = \beta \neq \gamma \neq 90^\circ.$

Asosi markazlashgan rombik panjarada:
$a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ;$
$a = b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
$a \neq b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
$a \neq b \neq c, \alpha = \beta \neq \gamma \neq 90^\circ.$

Hajmi markazlashgan rombik panjarada:
$a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ;$
$a = b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
$a \neq b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
$a \neq b \neq c, \alpha = \beta \neq \gamma \neq 90^\circ.$

Tomonlari markazlashgan rombik panjarada:
$a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ;$
$a = b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
$a \neq b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
$a \neq b \neq c, \alpha = \beta \neq \gamma \neq 90^\circ.$

Tetragonal panjarada:
$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ;$
$a = b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
$a \neq b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
$a \neq b \neq c, \alpha = \beta \neq \gamma \neq 90^\circ.$

Romboedrik (trigonal) panjarada:
$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ;$
$a = b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
$a \neq b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
$a \neq b \neq c, \alpha = \beta \neq \gamma \neq 90^\circ.$

Geksagonal panjarada:
$a = b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ;$
$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ;$
$a = b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$

$a \neq b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
--

Kubik panjarada:

$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ;$
--

$a = b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
--

$a \neq b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
--

$a \neq b \neq c, \alpha = \beta \neq \gamma \neq 90^\circ.$
--

Hajmi markazlashgan kubik panjarada:

$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ;$
--

$a = b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
--

$a \neq b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
--

$a \neq b \neq c, \alpha = \beta \neq \gamma \neq 90^\circ.$
--

Tomonlari markazlashgan kubik panjarada:

$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ;$
--

$a = b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
--

$a \neq b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ;$
--

$a \neq b \neq c, \alpha = \beta \neq \gamma \neq 90^\circ.$
--

Kristallarda son degan tushuncha mavjud. Bu kristalldagi xohlagan atomning eng yaqin qo'shni atomlari sonini ko'rsatadi.
--

koordinatsion;

bog'lanishlar;

birikishlar;

markazlashuv.

Kub kristall panjarada 1-tartibli koordinatsion sonlar soni ta bo'lib ular orasidagi masofa, ya'ni panjara doimiysiga teng.

6, $d=a$;

8, $d \neq a$;

9, $d=a$;

6, $d \neq a$;

Kub kristall panjarada 2-tartibli koordinatsion sonlar soni ta va ular orasidagi masofa $d = a\sqrt{2}$ ga teng.
--

12;

9;

8;

15.

Kub kristall panjarada 3-tartibli koordinatsion sonlar soni ... ta bo'lib, ular orasidagi masofa $d = a \sqrt{3}$ ga teng.

8;

9;

12;

15.

Kristall panjara tekisliklari odatda indekslari (belgilari) bilan aniqlanadi. Odatda ulami (h,k,l) bilan belgilanadi.

Miller;

Bravye;

Nyuton;

Fyodorov.

Kristallardagi elektronlarning energetik holatini to'laroq tasavvur qilish uchun hamda kristallarda rentgen nurlarining difraksiyasini chuqurroq tushunish uchuntushunchasi kiritilgan.

teskari elementar panjara;

elementar panjara;

panjara;

bog'langan elementar panjara.

Teskari elementar panjaraniusuli bilan shakllantirish mumkin. Bunda Bravye panjarasidagi ixtiyoriy tugundan to'g'ri chiziq orqali yaqin tugunlarni birlashtiriladi. Undan so'ng bu chiziq ham teng ikkiga bo'ladigan va ularga perpendikulyar chiziqlar o'tkaziladi. O'sha chiziqlar kesishgan yuzalarda hosil bo'lgan shaklyacheykasi deb ataladi.

Vigner-Zeyts;

Miller;

Bravye;

Fyodorov.

.....- buni gomopolyar bog'lanish deb ham atashadi. Bunday bog'lanishda kristalldagi qo'shni atomlar qarama-qarshi spinga ega bo'lgan valent elektronlar ikkita atom orasida umumiy bo'lishi bilan elektron qobiqlar to'ladi.

kovalent bog'lanish;

valent bog'lanish;

atomar bog'lanish;

gomopolyar bog'lanish.

Van-der-Vaals bog'lanishlar boshqa bog'lanishlarga nisbatan o'ta kuchsiz

bogʻlanish boʻlib, bunday bogʻlanish oʻta past haroratlardava yuqori bosim ostidagi inert gaz atomlari hosil qilgan kristallarda yuzaga keladi.

$T \approx 1-4 \text{ K};$

$T \approx 2-4 \text{ K};$

$T \approx 3-4 \text{ K};$

$T \approx 1-8 \text{ K};$

..... - bu kristallardagi atomlarning davriylik va tartibli joylashishining buzilishiga aytiladi.

Kristall panjara nuqsonlari;

Davriylik nuqsonlari;

Tartiblilik nuqsonlari;

Toʻgʻri javob yoʻq.

.....nuqsonlarga geometric oʻlchovlari, panjara doimiysidan uncha katta boʻlmagan nuqsonlar kiradi. nuqsonlar oʻz tabiatiga koʻra yana bir necha xilga boʻlinadi.

Nuqtaviy;

Chiziqli;

Koʻndalang;

Boʻylama.

Kristalldagi kirishma atomlari, yaʼni kristall panjarani tashkil etgan asosiy atomlardan boshqa har qanday atomlar nuqsonidir. Chunki, oʻzlarining atom radiusi va massasi bilan asosiy atomlardan farq qilgani uchun ular hatto panjaradagi asosiy atom oʻrnini egallagan boʻlsa, uning atom radiusini farqi tufayli panjara doimiysini oʻzgartiradi, yaʼnibuziladi.

davriylik;

panjara nuqsonlari;

tartiblilik nuqsonlari;

Toʻgʻri javob yoʻq.

.....- yaʼni kristall panjara tugunidagi atomning boʻshab qolgan oʻrni. Har qanday haroratda (faqat $T=0\text{K}$ dan boshqa) atomlar kinetik eneigiyesi ($E_k = kT$) tufayli hamma vaqt oʻz muvozanat holati atrofida tebranib turadi. Bunday atomlarning oʻz oʻrnidan ketishi, tugunlar orasiga joylashishi hisobiga paydo boʻladi.

Vakansiya;

Nuqson;

Boʻsh oʻrin;

Toʻgʻri javob yoʻq.

Vakansiyalarning berilgan haroratdagi konsentratsiyas,
$N_v = N_s \cdot e^{-E_v/kT}$
$N_s = N_v \cdot e^{-E_v/kT}$
$N_v = N_s + N_s \cdot e^{-E_v/kT}$
$N_v = e^{-E_v/kT}$

Kimyoviy bogʻlanishlar turiga qarabatrofida boʻladi.
E= 1-5 eV;
E= 2-5 eV;
E= 3-5 eV;
E= 4-5 eV.

Kristallarga katta energiyaga ega boʻlgan radio faol nurlar (α, β, γ) lar taʼsir qilganda ham nuqtaviy nuqsonlar hosil boʻladi. Bunday nuqsonlarninuqsonlar deb ataladi.
Radiyatsion;
Nurlanish;
Chiziqli;
Boʻylama.

Chiziqli nuqsonlar-kristall panjaraning bir chiziq boʻyicha buzilishidir (chiziq albatta toʻgʻri chiziq boʻlishi shart emas). Chiziqli nuqsonlarning eni bir yoki bir necha panjara doimiysidan ortiq boʻlmagan holda, ularning uzunligi butun kristall uzunligi boʻyicha boʻlishi ham mumkin, bunday nuqsonlardeb ataladi.
Dislokatsiya;
Radiyatsion;
Nurlanish;
Chiziqli.

Dislokatsiyalar oʻz tabiatiga koʻra 2 xil boʻlishi mumkin -
chegaraviy va buramali;
chiziqli – boʻylama;
chegaraviy va boʻylama;
Toʻgʻri javob yoʻq.

.....dislokatsiyalar ideal kristallning maʼlum bir yuzasiga deformatsiya taʼsir qilishi bilan ustki kristall tekisligining ostgi tekisligiga nisbatan siljigan hisobiga hosil boʻladi.
Chegaraviy;
Nuqtaviy;

Chiziqli;
Bosimli.

Yarim o'tkazgich materialining solishtirma qarshiligi harorat oshishi bilan (0 K dan)bilan kamayadi.
eksponensial qonun;
chiziqli;
chiziqli ortadi;
o'zgarmaydi.

Yarim o'tkazgichlarda tok tashuvchilarning yashash vaqtini qiymatini juda katta oraliqda o'zgarishi ($10^3 - 10^{-11}$ sek) o'tatez ishlaydigan hozirgi zamonyaratishga sabab boldi.
hisoblash mashinalari;
integral sxemalar;
katta integral sxemalar;
asboblari.

Yarim o'tkazgich materiallarning metallardan yana bir farqli xususiyati bu tok tashuvchilar harakatchanligi nafaqat o'ta yuqori qiymatlarga erishishi balki,o'ta bog'iqdir.
harorat hamda nuqsonlarga;
faqat radiatsiyaga;
faqat dislokatsiyalarga;
faqat nuqsonlarga.

.....kristall panjara-bu tomonlari markazlashgan ikkita kub elementar panjaraning hajm diagonali bo'yicha 1/4 qismi siljigan holatda hosil bo'ladi. Buni almaz turdagi panjaradan farqi shuki, tomonlari markazlashgan bitta kub elementar panjara faqat bir xil atomlardan, ikkinchi shunday panjara esa boshqa xil atomlardan tashkil topgan bo'ladi.
Sinkovoy obmanka;
Galliy Arsenid;
Geterobirikmalar;
Monokristallar.

.....kristall panjara-bu atomlari zich joylashgan ikkita geksogonal elementar yacheykaning bir-biriga kiritilgan holda paydo bo'ladi. Bunday kristall panjaralarda atomlar sinkovoy obmanka panjarasidagi tetraedrdagiday 4 ta yaqin atomlar bilan o'ralgan bo'ladi.
Vyursit elementar;

Sinkovoy obmanka;
Galliy Arsenid;
Geterobirikmalar.

Osh tuzi elementar panjarasi - bu ikkita tomonlari markazlashgan kub elementar yacheykalaming bir-biriga kiritilgan holda paydo bo`ladi. Bunday panjaradaatom boshqa eng yaqinatom bilan o`ralgan bo`ladi.
Bitta, oltita;
Ikkita, to`rtta;
Uchta, to`qqizta;
To`g`ri javob yo`q.

Agar nuqsonlar yarimo`tkazgich materiallarida elektron va kovaklaming o`zgarishiga ta`sir etmasa bunday nuqsonlarnideb ataladi.
elektroneytral nuqsonlar;
elektronostabil nuqsonlar;
elektrostabil nuqsonlar;
elektromanfiy nuqsonlar.

.....nuqsonlarga erkin elektronlar va kovaklarni hosil qiluvchi kirishma atomlar, vakansiyalar va radiyatsion nuqsonlar kiradi.
Elektr faol;
Elektr nofaol;
Elektroneytral;
Elektromanfiy.

Chiziqli nuqsonlarga -kiradi.
Dislokatsiya;
Radiatsiya;
Kristalldagi siljishlar;
To`g`ri javob yo`q.

Yarim o`tkazgichlarda nuqsonlarni o`z tabiatiga ko`ra, va kvazi muvozanatdagi nuqsonlarga bo`lish mumkin.
muvozanatdagi, nomuvozanatdagi;
muvozanatdagi;
nomuvozanatdagi;
To`g`ri javob yo`q.

.....nuqsonlarga berilgan tempratura energiyasi kT ga, mos keladigan kristall panjara nuqsonlariga aytiladi.
Muvozanatdagi;
Nomuvozanatdagi;
Chiziqli;
Elektroneytral.

Kristall o'stirilayotganda diffuziya yo'li bilan kiritilgan barcha kirishma atomlarining holati, o'stirilayotgan yoki diffuziya qilinayotgan haroratdan past hamma haroratlardaholatda bo'ladi.
Nomuvozanat;
Muvozanat;
Elektroneytral;
To'g'ri javob yo'q.

.....deb - o'zaro bog'langan va doimo birlashib harakat qiladigan elektron va kovaklar juftiga aytiladi.
Eksiton;
Polyaron;
Juft zaryadlar;
Paralar.

.....eiekr faol nuqsonlar emas.
Eksitonlar;
Polyaron;
Juft zaryadlar;
Paralar.

Agarda kirishma atomlaridagi valent elektronlar soni yarimo'tkazgichdagi asosiy atomlari valent elektronlaridan ko'p bo'lsa, ularda qo'shimcha erkin elektronlar paydo boiadi. Bunday atomlar -deb ataladi.
donor kirishma atomlari;
akseptor kirishma atomlari;
kirishma atomlari;
donor atomlari.

Agar kirishma atomlarining valent elektronlari soni yarimo'tkazgich materiali asosiy atomlarini valent elektronlari sonidan kam bo'lsa, kovaklar paydo qiladi. Bunday kirishma atomlari -deb ataladi.
akseptor kirishma atomlari;
donor kirishma atomlari;

kirishma atomlari;
donor atomlari.

Ba'zi bir kirishma atomlari yarimo'tkazgich kristall panjarasida elektronlarni kovaklarni ham o'zgarishiga olib kelishi mumkin, bunday kirishma atomlarkirishma atomlar deyiladi.

Amfoter;
akseptor;
Donor;
Elektroneytral.

Yarimo'tkazgichlarning fizik xossalarini ya'ni, ularni o'tkazuvchanlik, fotosezgirlik va magnit xossalarini juda katta ko'lamda boshqarishning asosiy yo'li bu bunday materiallarga kerakli va aniq konsentratsiya miqdorida.....

Kirishma atomlar kiritishdir;
Nurlantirishdir;
Qizdirishdir;
Aralashma kiritishdir.

Hozirgi zamon texnologiyasi bo'yicha kirishma atomlar 3 xil yo'l bilan kiritiladi

Kristallami o'stirish jarayonida, diffuziya va ion implantatsiya usui bilan.
Diffuziya va ion implantatsiya usui bilan.
Kristallami o'stirish jarayonida, diffuziya usui bilan.
Kristallami o'stirish jarayonida va ion implantatsiya usui bilan.

Monokristallarni berilgan yo'nalish bo'yicha o'stirish usullarini eng asosiylaridan biri buusulidir.
--

Choxral`skiy;
N`yumont- Choxral`skiy;
Maqsadli sintez;
Inert gazlar bosimi ostida o`stirishdir.

.....usuli zamonaviy mikrosxemalar va diskret yarim o'tkazgichli asboblarni yaratish jarayonida asosiy texnologik jarayon hisoblanadi.
--

Diflfuziya;
Implantatsiya;
Choxral`skiy;
N`yumont- Choxral`skiy.

Kirishma atomlarini kiritishning uchinchi usuli bu, kirishma atomlarini vakuumda maxsus yo`llar bilan ularning energiyasini oshirib, kristall yuzani kirishma atomlari bilan bombardimon qilishdir. Natijada kirishma atomlari ionlar energiyasiga mos holda yuzadan bir nechagacha chuqurlikka kiradi, ya'ni yarim o'tkazgich materialining sirt yuzasidagi o'ta yupqa qatlam kirishma atomlari bilan boyitiladi.

10Å dan 100 Å gacha;

5 Å dan 10 Å gacha;

50Å dan 200 Å gacha;

100 Å dan 300 Å gacha.

Diffuziya usuli bilan kirishma atomlarini kiritish hozirgi zamon mikroelektronikasida har xil murakkablikdagi integral sxemalarni yaratish texnologiyasining eng asosiy etaplaridan hisoblanadi. Diffuziya jarayoni 2 ta asosiy bosqichlaridan:bilan aniqlanadi.

kirishma atomlari eruvchanligi va ularning diffuziya koeffisienti;

kirishma atomlari temperaturasi va ularning diffuziya koeffisienti;

kirishma atomlar eruvchanligi va ularning implantatsiya koeffisienti;

kirishma atomlar implantatsiya va ularning konsentratsiya koeffisienti.

Eruvchanlik berilgan haroratda diffuziya yo`li bilan kristallga kiritish mumkin bo`lgan atomlar konsentratsiyasidir. Eruvchanlik,,,,bog`liqdir.

kirishma atomlari radiusi, massasi va ularning tashqi elektron qobig`idagi elektronlar soniga, asosiy yarim o'tkazgich atomiaridan qanchalik farq qilganligiga;

kirishma atomlari radiusi, massasi va asosiy yarim o'tkazgich atomiaridan qanchalik farq qilganligiga;

Massasi va ularning tashqi elektron qobig`idagi elektronlar soniga, asosiy yarim o'tkazgich atomiaridan qanchalik farq qilganligiga

kirishma atomlari radiusi, massasi va ularning tashqi elektron qobig`idagi elektronlar soniga.

Agar kirishma atomlari bilan yarimo'tkazgichning asosiy atomlari orasidagi tafovut qancha katta bo`lsa, bunday holda kirishma atomlari kristall panjara oralig`ida joylashish ehtimolligibo`ladi.

Katta;

Kichik;

Sezilarli;

O`zgarmas.

Agar kirishma atomlari bilan yarimo'tkazgich materialining asosiy atomlari orasidagi tafovut qancha kam bo'lsa atomlarni kristall panjara tugunlarida joylashish ehtimoliigining katta bo'lishi bilan birga ularning eruvchanligi ham yuqori darajada bo'ladi. Bunday yarimo'tkazgich materiallardeb ataladi. Masalan, Si uchun B, In, Ga, P, As, Sb . . .kabi atomlarni misol qilish mumkin.

o'rindosh kirishmali qattiq jism;

o'rindosh qattiq jism;

o'rindosh yarimo'tkazgich;

kirishmali yarimo'tkazgich.

Diffuziya koeffisientining qiymati ham kirishma atomlari parametrlari va diffuziya tezligiga bog'liq, ya'ni

$$D = D_0 \exp(-E_d/kT);$$

$$D = \exp(-E_d/kT);$$

$$D = A \exp(-E_d/kT);$$

$$D = D_0 R/\exp(-E_d/kT);$$

Agar diffuziya jarayonida jism sirtidagi yoki diffuziya kechayotgan muhitda kirishma atomlar konsentratsiyasi, kirishma atomlarining diffuziya bo'layotgan haroratdagi eruvchanligidan juda katta bo'lsa, ya'ni diffuziya jarayonida kirishma atomlarining sirtidagi qiymati deyarli o'zgarishsiz qolsa, bunday holatni chegaralanmagan manbadan diffuziya deyiladi va uning taqsimoti quyidagi tenglik bilan aniqlanadi:

$$N = N_s \cdot \exp(x/2\sqrt{Dt});$$

$$N = \exp(x/2\sqrt{Dt});$$

$$N = N_s/\exp(x/2\sqrt{Dt});$$

$$N = N_s + \exp(x/2\sqrt{Dt}).$$

Agar diffuziya jarayonida kirishma atomlarining jism sirtidagi konsentratsiyasi o'zgarib boradigan bo'lsa, bunday holni chegaralangan manbadan diffuziya deyiladi va uning taqsimoti quyidagi tenglik bilan aniqlanadi:

$$N(x,t) = \frac{Q}{\sqrt{\pi Dt}} \exp(-\frac{x^2}{4Dt});$$

$$N(x,t) = \exp(-\frac{x^2}{4Dt});$$

$$N(x,t) = \frac{Q}{\sqrt{\pi Dt}};$$

$$N(x,t) = \frac{Q}{\sqrt{\pi Dt}} + \exp(-\frac{x^2}{4Dt}).$$

Kirishma atomlarining kristalda- berilgan haroratda diffuziya natijasida kristallga kiritish mumkin bo'lgan atomlar konsentratsiyasiga aytiladi.
Eruvchanligi;
Singdiruvchanligi;
Singuvchanligi;
Implantatsiyasi.

Eruvchanlik haroratga bog'liq bo'lib, harorat oshishi bilan eksponensial qonuniyat bilan oshib boradi va quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:
$N = N_0 \exp(-E/kt);$
$N = N_0 + \exp(-E/kt);$
$N = N_0 / \exp(-E/kt);$
$N = N_0 - \exp(-E/kt).$

Nazariy hisoblashlar ko'rsatadiki, kirishma atomlarining tugunlarda joylashishi uchun quyidagi shartlar bajarilishi lozim, yarimo'tkazgichning asosiy atomlarining va kirishma atomlari radiuslari bir-biriga juda yaqin bo'lishi va ularning farqi dan oshmasligi kerak.
14%;
20%;
19%;
18%.

Qattiq jismlardan o'tayotgan tok zichligi J, materialning solishtirma eiekr o'tkazuvchanligi va unga qo'yilgan maydonga
to'g'ri proporsionaldir, $J = \sigma E$ yoki $J = E/\rho;$
teskari proporsionaldir, $J = \sigma/E$ yoki $J = E \cdot \rho;$
$J = \sigma + E$ yoki $J = E/\rho;$
$J = \sigma E$ yoki $J = E\rho.$

Agar tok tashuvchilarning (elektronlar) tezligini bir xil deb hisoblansa, unda tok zichligi quyidagiga teng bo'ladi:
$J = -env;$
$J = -en\rho;$
$J = -en\sigma;$
$J = env.$

Elektronning o'rtacha dreyf tezligi
$v = -eE\tau/m;$
$v = eE\tau/m;$
$v = -eE\tau m;$

$$v = -eE\tau + m;$$

Harakatchanlik bu birbirlik elekt maydoni qo'yilganda elektronlar dreyf tezligining o'zgarishiga tok tashuvchilaming μ harakatchanligi deyiladi, uning birligi o'lchanadi.

$$\left[\frac{sm^2}{VS} \right];$$

$$\frac{sm^2}{V};$$

$$\frac{sm^2}{s};$$

$$\frac{sm^3}{VS};$$

Qattiq jismlarning eiekr o'tkazuvchanligi (σ) ni aniqlaydigan asosiy parametr bu -

elektronlar konsentratsiyasi va harakatchanligidir;

elektronlar konsentratsiyasidir;

elektronlar harakatchanligidir;

barcha javoblar to'g'ri.

Elektr o'tkazuvchanlik:

$$\sigma = en\mu_n + ep\mu_p;$$

$$\sigma = ep\mu_n + en\mu_p;$$

$$\sigma = en\mu_n - ep\mu_p;$$

$$\sigma = e\mu_n + ep\mu_p.$$

Fermi-Dirak taqsimoti:

$$f = \frac{1}{1 + g \exp(E - F/kT)};$$

$$f = \frac{1}{1 - (E - F/kT)};$$

$$f = \frac{1}{1 + g \exp(E + F/kT)};$$

$$f = \frac{1}{1 + \exp(E - F/kT)}.$$

Berilgan energetik sathning kovaklar bilan band bo'lish ehtimolligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$(1 - f) = \frac{1}{1 + g \exp(E - F/kT)};$$

$$(1 + f) = \frac{1}{1 + g \exp(E - F/kT)};$$

$(1 - f) = \frac{2}{1 + g \exp(E - F/kT)}$;
$(1 - f) = \frac{3}{1 + g \exp(E - F/kT)}$;

Xususiy yarimo`tkazgichlar uchun neytrallik tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:
$n = p = n_i$;
$n = p + n_i$;
$n = p - n_i$;
$n = p = N$.

Fermi sathini to`g`ri aniqlash juda katta ahamiyatga ega, chunki f ning qiymatini bilish bilan, yarimo`tkazgich materialining ta`qiqlangan sohasidagi barcha energetik sathlarninganiqlash mumkin bo`ladi.
elektronlar bilan band bo`lish ehtimolligini;
kovaklar bilan band bo`lish ehtimolligini;
atomlar bilan band bo`lish ehtimolligini;
to`g`ri javob yo`q.

Xususiy yarimo`tkazgichlarda erkin elektronlar va kovaklaming konsentratsiyasi
o`zaro teng bo`ladi;
o`zaro teng bo`lmaydi;
o`zgaruvchan bo`ladi;
to`g`ri javob yo`q.

Xususiy yarimo`tkazgichlarda Fermi sathi taqiqlangan soha.....
o`rtasida yotadi;
pastki qismida yotadi;
yuqori qismida yotadi;
to`g`ri javob yo`q.

Xususiy yarimo`tkazgichlarda tok tashuvchilar konsentratsiyasi:
$n_i^2 = n \cdot p, n_i = (N_c \cdot N_v)^{1/2} \cdot \exp(-E_g/2kT)$;
$n_i^2 = n \cdot p, n_i = (N_c \cdot N_v)^{1/2} + \exp(-E_g/2kT)$;
$n_i^2 = n \cdot p, n_i = (N_c \cdot N_v)^{1/2} - \exp(-E_g/2kT)$;
$n_i^2 = n \cdot p, n_i = (N_c \cdot N_v)^{1/2} \cdot \exp(E_g/2kT)$.

Xususiy yarimo`tkazgichlarda tok tashuvchilar konsentratsiyasini taqiqlangan soha kengligi oshib borishi bilan eksponensialhamda berilgan E_g

qiymatida harorat oshishi bilan n_i , eksponensial qonun bilanko'rsatadi.
kamayib borishini, oshib borishini;
oshib borishini, kamayib borishini;
faqat oshib borishini;
faqat kamayib borishini.

Yarimo'tkazgichlarda E_g ning qiymati doimiy emas balki, harorat oshishi bilan o'zgaradi:
$E_g = E_{g0}(1-\alpha T)$;
$E_g = E_{g0}(1+\alpha T)$;
$E_g = E_{g0}(1/\alpha T)$;
$E_g = E_{g0} + (1-\alpha T)$.

Agar materialga N_d konsentratsiyasi va energetik sath energiyasi E_d teng donor kirishma atomlari kiritilgan bo'lsa, u holda neytrallik tenglamasi donor atomlari to'la ionlashgan holatda quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:
$n = n_0 + n_d, n_d = N_d, n_0 + n_d = N_d + p$;
$n = n_0 + n_d, n_d \neq N_d, n_0 + n_d = N_d + p$;
$n = n_0 + n_d, n_d = N_d, n_0 + n_d \neq N_d + p$;
$n \neq n_0 + n_d, n_d = N_d, n_0 + n_d = N_d + p$.

Fermi-Dirak taqsimotini yarimo'tkazgich materiallarda qo'llashdan maqsad, tok tashuvchilar konsentratsiyasining yarimo'tkazgich materiallarining asosiyhamdaaniqlash imkonini beradi.
fundamental parametrlari, kirishma atomlari asosiy parametrlarini;
fundamental parametrlari;
kirishma atomlari asosiy parametrlarini;
dastlabki parametrlari, kirishma atomlari asosiy parametrlarini.

..... bu-yarimo'tkazgichlarga tushayotgan yorug'lik ta'sirida o'tkazuvchanligining o'zgarishiga aytiladi.
Fotoo'tkazuvchanlik;
Solishtirma o'tkazuvchanlik;
Issiqlik o'tkazuvchanlik;
To'g'ri javob yo'q.

Om qonuniga asosan yarimo'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchining qiymati, solishtirma o'tkazuvchanlik bilan elektr maydon kuchlanishining ko'paytmasiga teng; $I = en\mu \cdot E$;
$I = en\mu + E$;

$I = en\mu - E;$
$I = en\mu/E.$

Tushayotgan foton energiyasi $h\nu$, yarimo`tkazgichning taqiqlangan soha kengligiga nisbatan $h\nu \geq E_g$ qiymatga teng bo`lganda elektron valent sohadan o`tkazuvchanlik sohasiga o`tadi va qo`shimcha erkin elektronlar hamda kovaklar hosil qiladi. Bunday jarayonnideb ataladi.
fotogeneratsiya jarayoni;
fotoregistratsiya jarayoni;
fotoo`tkazuvchanlik jarayoni;
to`g`ri javob yo`q.

Fotogeneratsiya jarayonida paydo bo`layotgan zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi:
$\Delta n = \Delta p = I_k \beta t;$
$\Delta n = \Delta p \neq I_k \beta t;$
$\Delta n \neq \Delta p = I_k \beta t;$
$\Delta n \neq \Delta p \neq I_k \beta t;$

Fotogeneratsiya natijasida hosil bo`layotgan erkin elektronlar va kovaklar o`zaro uchrashib yo`qolib ketishi -deb ataladi.
rekombinatsiya jarayoni;
fotogeneratsiya jarayoni;
fotoregistratsiya jarayoni;
fotoo`tkazuvchanlik jarayoni.

Elektronlarning o`tkazuvchanlik sohasida bo`lish vaqti bu - uningkovaklarning valent sohasida bo`lish vaqti bu uningbolar ekan.
yashash vaqti;
o`tish vaqti;
rekombinatsiya vaqti;
to`g`ri javob yo`q.

Elektronni o`tkazuvchanlik sohasidan sirtga tortib ushlab qoladigan keyin uning kovak bilan uchrashib rekombinatsiya bolishiga sababchi bolgan markazlar-nuqsonlar hamma vaqt yarimo`tkazgichli materiallarda mavjud. Shunday markazlarning elektronni o`ziga tortib, yutib olishi o`sha nuqsonning elektronniga bog`iq.
yutish yuzasi (S);
ko`ndalang kesim yuzasi (S);

sirt kesim yuzasi (S);
to`g`ri javob yo`q.

Zaryad tashuvchilarninguni yutib tortib oladigan nuqsonlarning qiymati bilan aniqlanadi.
yashash vaqti;
o`tish vaqti;
rekombinatsiya vaqti;
to`g`ri javob yo`q.

Yarimo`tkazgichlarda rekombinatsiya elektron o`tishiga qarab turga – bo`linadi.
sohalararo ya`ni elektronning o`tkazuvchanlik sohasidan valent sohadagi kovak bilan to`g`ridan to`g`ri bo`ladigan rekombinatsiya hamda elektron kovak bilan rekombinatsiya bo`lishidan oldin birrekombinatsiya markaziga yutilishi undan so`ng shu markazdan valent sohaga uchib kovak bilan rekombinatsiyalanish jarayonlariga;
sohalararo ya`ni elektronning o`tkazuvchanlik sohasidan valent sohadagi kovak bilan to`g`ridan to`g`ri bo`ladigan rekombinatsiya;
elektron kovak bilan rekombinatsiya bo`lishidan oldin birrekombinatsiya markaziga yutilishi;
elektron kovak bilan rekombinatsiya bo`lishidan oldin birrekombinatsiya markaziga yutilishi undan so`ng shu markazdan valent sohaga uchib kovak bilan rekombinatsiyalanish jarayonlariga.

Buger-Lambert qonuni: Kristall yuzasiga tushgan yorug`lik intensivligi kristalda yutiladi va uning miqdori kristall qalinligiga eksponensial qonun bilan kamayib boradi.
$I = I_0 (1-k) \cdot e^{-\alpha d}$;
$I = I_0 (1+k) \cdot e^{-\alpha d}$;
$I = I_0 / (1-k) \cdot e^{-\alpha d}$;
$I = I_0 (1-k) \cdot e^{-\alpha d} + 1$.

Yorug`likning (fotonning) yutilishi fotoenergiyaning, elektron va atomlarning energetik holatini o`zgartirishga sarflanishini nazarda tutib, asosiy yutilish mexanizmlarini quyidagiturlarga bo`lish mumkin:
5 turga: 1) Yorug`likning fundamentall yoki xususiy yutilishi-elektronlarning valent sohadan o`tkazuvchanlik sohasiga o`tishini ta`minlaydigan yutilish. 2) Zaryad tashuvchilar (elektron va kovaklar) o`tkazuvchanlik sohasi ichidagi (elektron) yoki valent sohasi ichidagi energetik holatlarni o`zgartirishga olib keladigan erkin zaryad tashuvchilar tomonidan yutilishi.

3) Elektron kirishma atomlari hosil qilgan energetik sathlardan o`tkazuvchanlik sohasiga yoki elektronlarning valent sohasidan akseptor energetik sathlariga o`tishidagi kirishma atomlar orqali yutilishi.

4) Fotoenergiyaning kristall panjara tebranishlarining xossalarini o`zgartirishga olib keladigan fonon yutilish.

5) Eksitonlarni vujudga keltiradigan yoki ulardagi elektron va kovak bog`lanishni uzish bilan erkin elektron va kovak hosil qilishga sarflanadigan - eksiton yutilish.

2 turga: 1) Yorug`likning fundamentall yoki xususiy yutilishi-elektronlarning valent sohadan o`tkazuvchanlik sohasiga o`tishini ta`minlaydigan yutilish.

2) Zaryad tashuvchilar (elektron va kovaklar) o`tkazuvchanlik sohasi ichidagi (elektron) yoki valent sohasi ichidagi energetik holatlarni o`zgartirishga olib keladigan erkin zaryad tashuvchilar tomonidan yutilishi.

3 turga: 1) Yorug`likning fundamentall yoki xususiy yutilishi-elektronlarning valent sohadan o`tkazuvchanlik sohasiga o`tishini ta`minlaydigan yutilish.

2) Zaryad tashuvchilar (elektron va kovaklar) o`tkazuvchanlik sohasi ichidagi (elektron) yoki valent sohasi ichidagi energetik holatlarni o`zgartirishga olib keladigan erkin zaryad tashuvchilar tomonidan yutilishi.

3) Elektron kirishma atomlari hosil qilgan energetik sathlardan o`tkazuvchanlik sohasiga yoki elektronlarning valent sohasidan akseptor energetik sathlariga o`tishidagi kirishma atomlar orqali yutilishi.

4 turga: 1) Yorug`likning fundamentall yoki xususiy yutilishi-elektronlarning valent sohadan o`tkazuvchanlik sohasiga o`tishini ta`minlaydigan yutilish.

2) Zaryad tashuvchilar (elektron va kovaklar) o`tkazuvchanlik sohasi ichidagi (elektron) yoki valent sohasi ichidagi energetik holatlarni o`zgartirishga olib keladigan erkin zaryad tashuvchilar tomonidan yutilishi.

3) Elektron kirishma atomlari hosil qilgan energetik sathlardan o`tkazuvchanlik sohasiga yoki elektronlarning valent sohasidan akseptor energetik sathlariga o`tishidagi kirishma atomlar orqali yutilishi.

4) Fotoenergiyaning kristall panjara tebranishlarining xossalarini o`zgartirishga olib keladigan fonon yutilish.

To`g`ri elektron sohalar deganda,ni to`lqin vektori (k) ning bir qiymatiga to`g`ri kelgan sohalar tuzilishiga aytiladi.

o`tkazuvchanlik sohasining minimum qiymati, valent sohasining maksimum qiymati;

o`tkazuvchanlik sohasining minimum qiymati;

valent sohasining maksimum qiymati;

o`tkazuvchanlik sohasining maksimum qiymati, valent sohasining maksimum qiymati.

Agar o`tkazuvchanlik sohasining minimum qiymati, valent sohasining maksimum qiymatlari to`lqin vektorining har bir qiymatlariga to`g`ri kelsa, bunday energetik sohalardeb ataladi.
noto`g`ri sohalar;
to`g`ri sohalar;
teng sohalar;
to`g`ri va noto`g`ri sohalar.

Yutilish koeffitsiyentining spektrga bog`liqligi quyidagicha ifodalanad:
$\alpha = A \cdot (h\nu)^{1/2};$
$\alpha = A \cdot (h\nu)^{3/2};$
$\alpha = 3/4 \cdot (h\nu)^{1/2};$
$\alpha = 9/12 \cdot (h\nu)^{1/2}.$

O`nta atomni o'zaro yaqin joylashtiraylik. Bu holatda o`nta atomning tashqi elektron qobiqlaribo`lib qoladi va ular shunga mos holdaajraladi.
umumiy, o`nta mayda energetik sathlarga;
umumiy, energetik sathlarga;
o`nta mayda energetik sathlarga;
umumiy sath yo`qoladi, bir-birlaridan itarishadi.

Kristalida hajm birligida o`rtacha $N \sim 5 \cdot 10^{22} \text{ sm}^{-3}$ ta atom joylashgan bo`lsa, bulaming elektron qobiqlarini bir-biriga kirishishi oqibatida atomdagi elektron joylashgan bitta elektron qobiq o`rniga taxminan 5-10 eV $5 \cdot 10^{22}$ mayda qobiqlar oralig`ida joylashadi ya`ni, har biriga ikkitadan elektron joylashishi mumkin bo`lgan energetik sathlar majmuasi yoki sohasi paydo bo`ladi. Bu energetik sathlar orasidagi farqga teng o`ta kichik qiymatdan iborat bo`ladi.
$\Delta E = \frac{(5-10)eV}{5 \cdot 10^{22}} = (1-2) \cdot 10^{22};$
$\Delta E = \frac{(1-10)eV}{5 \cdot 10^{22}} = (1-2) \cdot 10^{25};$
$\Delta E = \frac{(3-10)eV}{5 \cdot 10^{22}} = (1-2) \cdot 10^{30};$
$\Delta E = \frac{(2-10)eV}{5 \cdot 10^{22}} = (1-2) \cdot 10^{28}.$

Elektronlaming kristalldagi energetik sathlari energetik sohalardan iborat bo`iib, har bir energetik soha bir-biridanbilan ajralib turadi.
taqiqlangan sohalar;
taqiqlanmagan sohalar;
sohalar;
o`zaro teng sohalar.

Hosil bo`lgan energetik sohada energetik sathlar energiyalarining farqi juda kichik ya'ni $\Delta E = 10^{22}$ eV ga teng, bu esa hatto eng past harorat ($T=1K$) dagi issiqlik energiyasidan o'ta kichikdir. Bunday tashqi energetik sathga ega bo`lgan qattiq jismlar tokni juda yaxshi o'tkazadilar va ular metallar deb ataladi.

$$E = 8,8 \cdot 10^{-5} \text{ eV};$$

$$E = 7,8 \cdot 10^{-5} \text{ eV};$$

$$E = 6,8 \cdot 10^{-5} \text{ eV};$$

$$E = 18,8 \cdot 10^{-5} \text{ eV};$$

Agar $\Delta E_g < 3eV$ bo`lsa, xona haroratida ma'lum miqdordagi elektronlar keyin bo'sh sohaga o'tib o'tkazuvchanlikda qatnashadi. Bunday qattiq jismlardeb qabul qilingan.

yarimo'tkazgichlar;

dielektriklar;

metallar;

metallmaslar.

Agar $\Delta E_g > 3eV$ bo`lgan holatda xona harorati va undan yuqori haroratlarda ham elektronlarning valent sohasidan bo'sh eneigetik sohaga o'tish ehtimoli juda kamayib ketadi, shunga mos ularda o'tkazuvchanligi juda kam bo'ladi. Bunday materiallardeb ataladi.

dielektriklar;

metallar;

metallmaslar;

yarimo'tkazgichlar.

Kristalda elektron va yadrolaming harakati umuman bir-biriga bog`liq emas va ular o`rtasida hech qanday energiya almashinuvi bo`lmaydi, ya'ni elektron energiyasini o'zgartirmaydi. Demak, elektronlarning harakati yadrolarni hosil qilgan umumiy maydoni asosida yuz bergan holda yadrolarning koordinatasi elektronningbo`lmaydi.

kinetik va potensial energiyalariga bog`liq;

kinetik energiyalariga bog`liq;

potensial energiyalariga bog`liq;

umumiy energiyalariga bog`liq.

Agar potensial to'siq orasini **b**, potensial to'siq kengligini **a** va potensial to'siq balandligini **U** deb belgilab olib, quyidagi ifodani $\frac{ma}{h^2} bU = P = const$ hosil qilsak $1/P$ ning fizik qiymati potensial to'siqberadi.

shaffofiigini;

sirt yuzasini;
hajmini;
noshaffofiigini.

$\frac{ma}{h^2} bU = P = const$ tenglamaning yechimini matematik ifodalarini keltirmagan holda P ning qiymatiga qarab, elektronning energetik holatlarini quyidagilar asosida quriladi:

- 1) $P \rightarrow \infty$, bunda elektrton o'z atomi bilan kuchli bog'langan, uning potensial to'siqdan o'tish ehtimoli yo'q. Bu holat elektronni yakkaalangan atomdagi holatiga mos keladi, ya'ni elektron diskret energetik sathlarga ega va ular o'zaro taqiqlangan energetik sohalar bilan ajratilgan.
- 2) $P \rightarrow 0$, bunda potensial to'siq shaffof bo'lib elektron harakatiga to'sqinlik qilmaydi. Elektron to'la erkin holatda bo'ladi.
- 3) $P \gg 1$, bu P ning qiymati katta bo'lgani bilan potensial to'siq shafflofligi kam bo'lsa ham mavjud ya'ni elektron ma'lum vaziyatlarda bu to'siqdan o'ta olishini ko'rsatadi. Bu holat, elektronni alohida atomdagi va erkin holat o'rtasidagi vaziyatlariga mos keladi.

Bunday holatda elektron diskret energetik sathlarda emas, balki bir - biridan ma'lum kenglikka ega bo'lgan taqiqlangan sohalar bilan ajralgan energetik sohalarida joylashadi. Elektronni oxirgi to'lgan sathdan keyingi bo'sh sathga o'tish ehtimoli faqat taqiqlangan soha kengligi va haroratga bog'liq bo'ladi. Shuni ta'kidlab o'tish lozimki, kristall panjarada elektronlarning energetik holatlari kristallda yuzaga kelgan davriy potensial to'siqlar tabiati va tuzilishi bilan aniqlanadi.

- 1) $P \rightarrow \infty$, bunda elektrton o'z atomi bilan kuchli bog'langan, uning potensial to'siqdan o'tish ehtimoli yo'q. Bu holat elektronni yakkaalangan atomdagi holatiga mos keladi, ya'ni elektron diskret energetik sathlarga ega va ular o'zaro taqiqlangan energetik sohalar bilan ajratilgan.
- 2) $P \rightarrow 0$, bunda potensial to'siq shaffof bo'lib elektron harakatiga to'sqinlik qilmaydi. Elektron to'la erkin holatda bo'ladi.

- 1) $P \rightarrow \infty$, bunda elektrton o'z atomi bilan kuchli bog'langan, uning potensial to'siqdan o'tish ehtimoli yo'q. Bu holat elektronni yakkaalangan atomdagi holatiga mos keladi, ya'ni elektron diskret energetik sathlarga ega va ular o'zaro taqiqlangan energetik sohalar bilan ajratilgan.
- 2) $P \gg 1$, bu P ning qiymati katta bo'lgani bilan potensial to'siq shafflofligi kam bo'lsa ham mavjud ya'ni elektron ma'lum vaziyatlarda bu to'siqdan o'ta olishini ko'rsatadi. Bu holat, elektronni alohida atomdagi va erkin holat o'rtasidagi vaziyatlariga mos keladi.

- 1) $P \rightarrow 0$, bunda potensial to'siq shaffof bo'lib elektron harakatiga to'sqinlik qilmaydi. Elektron to'la erkin holatda bo'ladi.
- 2) $P \gg 1$, bu P ning qiymati katta bo'lgani bilan potensial to'siq shafflofligi kam bo'lsa ham mavjud ya'ni elektron ma'lum vaziyatlarda bu to'siqdan o'ta olishini

ko'rsatadi. Bu holat, elektronni alohida atomdagi va erkin holat o'rtasidagi vaziyatlariga mos keladi.

.....bu elektron harakatiga tashqi maydon va kristall panjara potensialining birgalikda ko'rsatayotgan ta'sirini ko'rsatuvchi kattalikdir.- massaga xos modda miqdori va inertsiya o'lchov birligiga xos xususiyat emas, ya'ni u elektron massasi hisoblanmaydi.

Effektiv massa;

Keltirilgan massa;

Elektron massasi;

Noeffektiv massa;

Bu effektiv massa - odatdagi massaga xos bo'lgan inertsiya o'lchovi, og'irlik tortishish kuchi va modda miqdori kabi xossalarga ega bo'lmagan kattalikdir. Uning matematik ifodasi:

$$m^x = \frac{h^2}{\frac{d^2}{dk^2}E};$$

$$m^{x0} = \frac{h^2}{\frac{d^2}{dk^2}E};$$

$$m^0 = \frac{h^2}{\frac{d^2}{dk^2}E};$$

$$m^x = \frac{A^2}{\frac{d^2}{dk^2}E}.$$

Agar yarim o'tkazgichga bir vaqtning o'zida 2 xil tashqi kuch, masalan elektr (E) va magnit maydoni (B) o'zaro perpendikulyar holda ta'sir etsa, unda elektr va magnit maydon yo'nalishlariga perpendikulyar bo'lgan yon tomonlarida Xoll elektr yurituvchi kuchi, ya'ni Xoll elektr potentsiali paydo bo'ladi. Uning qiymati:

$$U_X = R_X \frac{J-B}{t};$$

$$U_X = R_X \frac{-B}{t};$$

$$U_X = R_X \frac{J}{t};$$

$$U_X = \frac{J-B}{t}.$$

Yarimo'tkazgich materiallariga yorug'lik ta'sir etganda yoki bir vaqtning o'zida yorug'lik va magnit maydon, yorug'lik va elektr maydoni yoki boshqa kuchlar ta'sir etganda, shunga mos holda yangi fizik hodisalar -yuzaga keladi.

Dember effekti, fotomagnit effekt va boshqalar;

fotomagnit effekt va boshqalar

Dember effekti va boshqalar
Barcha javoblar to`g`ri.

Elektronlarning yana bir muhim xususiyatlaridan biri bu - elektronlarning harakatchanligi bo`lib, u quyidagiga teng bo`ladi:

$\frac{e}{m_n^x} \cdot \tau = \mu_n;$
$\frac{e}{m_n^x} \cdot a = \mu_n;$
$\frac{e}{m_n^x} \cdot \omega = \mu_n;$
$\frac{e}{m_n^x} \cdot \rho = \mu_n.$

Metallarda relaksatsiya vaqti - ulardagi mavjud $\sim 10^{22} \text{ sm}^{-3}$ elektronlarning o`zaro to`qnashuvi bilan aniqlanadi va τ - 10^{-22} sek ga teng bo`ladi. Yarim o`tkazgich materiallarida esa elektronlar konsentratsiyasi $n \sim 10^{13} - 10^{16} \text{ sm}^{-3}$ bo`lganligi uchun τ ning qiymati asosanbilan aniqlanadi.

elektronning panjaradagi nuqsonlar bilan to`qnashuvi;
elektronning kovaklar bilan annigilyatsiyasi bilan;
elektron kovak juftining hosil bo`lishi bilan;
barcha javoblar noto`g`ri.

Boltsman tenglamasi:

$\frac{\partial f}{\partial t} = ((\frac{\partial f}{\partial t})_i + (\frac{\partial f}{\partial t})_t);$
$\frac{\partial f}{\partial t} = ((\frac{\partial f}{\partial t})_i - (\frac{\partial f}{\partial t})_t);$
$\frac{\partial f}{\partial t} = ((\frac{\partial f}{\partial t})_i \cdot (\frac{\partial f}{\partial t})_t);$
$\frac{\partial f}{\partial t} = ((\frac{\partial f}{\partial t})_i / (\frac{\partial f}{\partial t})_t);$

Elektronlarning kristall panjarada sochilishi zaryadlangan nuqsonlarda yuz berganda harakatchanlikning haroratga bog`liqligi quyidagiga teng bo`ladi:

$\mu = \mu_0 T^{3/2};$
$\mu = \mu_0 T^{1/2};$
$\mu = \mu_0 T^{5/2};$
$\mu = \mu_0 T^2.$

Kristall panjarada har xil chastotatli optik va akustikmavjud. Shuning uchun zaryadlangan zarrachalarning panjara tebranishlarida sochilishini - ularningda sochilishi yoki ta'sirlashishi deb qarash mumkin.

fononlar;

fotonlar;
atomlar;
elektronlar.

Termodinamik muvozanat sharoitida hamma vaqt kristalda vakansiyalar mavjud boiadi. Atom o'z tugunidan ketib tugunlar orasiga joylashib olgan holda vakansiya bilan tugunlar orasidagi atom jufti vujudga keladi. Unideyiladi.
Frenkel nuqsoni yoki Frenkel jufti;
Shotki nuqsoni;
D`lamber nuqsoni;
To`g`ri javob yo`q.

Atomlar panjara tugunlarini tashlab ketgach, kristall sirtiga chiqib olishi va yangi qatlam tashkil qilishi mumkin. Bu holda panjaraning bo'sh qolgan tuguni (vakansiya)deyiladi.
Shotki nuqsoni;
Frenkel nuqsoni yoki Frenkel jufti;
D`lamber nuqsoni;
To`g`ri javob yo`q.

Ionlardan tashkil topgan kristallarda anion va kation vakansiyalari teng miqdorda hosil bo'ladi. Ulami hamdeyiladi.
Shotki nuqsonlari;
Frenkel nuqsoni yoki Frenkel jufti;
D`lamber nuqsoni;
To`g`ri javob yo`q.

Vakansiyalarning paydo bo'lishibog`liq bo`ladi.
temperaturaga, ularning hosil bo`lish energiyasiga;
temperaturaga;
ularning hosil bo`lish energiyasiga;
kristall panjara turiga.

Agar tugunlarda tutgan atomlar zichligi N bo'lsa, Shotki nuqsoni (vakansiya) hosil bo'lishi energiyasi E_v bo'lsa, u holda bunday nuqsonlar zichligi ga teng bo`ladi.
$n_v = N \exp(-E_v/kT)$;
$n_v = N \exp(-E_v/k\mu)$;
$n_v = N \exp(-E_v/k\alpha)$;
$n_v = N \exp(E_v/kT)$.

Frenkel juftlari zichligi:
$N_f = \sqrt{NN'} \exp(-E_f / 2kT);$
$N_f = \sqrt{NN'} \exp(E_f / 2kT);$
$N_f = \sqrt{NN'} \exp(-E_f / kT);$
$N_f = \sqrt{NN'} (-E_f / 2kT).$

Agar kristall qizdirib tez sovitilsa (bu jarayonni “chiniqtirish” deyiladi), vakansiyalar zichligi
o’sha yuqori temperaturadagidek qoladi;
kamayadi;
ortadi;
o’zgarmaydi;

Nuqtaviy nuqsonlarning, jumladan vakansiyalarning hosil bo'lishi bosimga ham bog'liq. Uncha katta bo'lmagan bosimlar sohasida.....
$N_v = N \exp[(-E_v + pV)/kT];$
$N_v = N \exp[(E_v + pV)/kT];$
$N_v = N \exp[(-E_v + V)/kT];$
$N_v = N \exp[(-E_v - pV)/kT].$

Kristallning plastik deformatsiyalanish jarayonibilan boradi.
atomlar tekisliklarining bir-biriga nisbatan siljishi yoki sirpanishi yo‘li;
atomlar tekisliklarining bir-biriga nisbatan sirpanishi yo‘li;
atomlar tekisliklarining bir-biriga nisbatan siljishi yo‘li ;
atomlar tekisliklarining bir-biriga nisbatan vintsimon buralishi yo‘li .

Agar kristallda dislokatsiyalar bo'lmasa, bu jarayon yuz berishi uchun atomlar qatorlarini bir-biriga nisbatan siljitishga ancha energiya kerak bo'ladi. Dislokatsiyalar bo'lgan holda esa siljish eng bo'sh joyda — dislokatsiya sohasida osonroq sodir bo'ladi. Bunda ortiqcha atomlar yarim tekisligi qo'shni tekislikni uzib, o'sha joyga o'rinishadi. Oqibatda dislokatsiya o'z sirpanish tekisligida chapdan o'nggako'chadi.
“Estafeta bo'yicha”;
Sirpanib;
Buralib;
Plastik.

Teniologik jarayon tarkibiga xomashyodanhosii qilinadigan usullar va jarayonlar kiradi.

o'tkazgich, yarimo'tkazgich, dielektrik va magnetik moddalar;
o'tkazgich, yarimo'tkazgich va magnetik moddalar;
yarimo'tkazgich, dielektrik va magnetik moddalar;
o'tkazgich, dielektrik va magnetik moddalar.

Xomashyoni qayta ishlash (ishlab chiqarish) usuli ketma-ketligi tavsifinideyiladi.
texnologik sxema;
texnologik tavsif;
texnologik tasnif;
texnologik jarayon.

Elektron texnika materiallarini bir qator oddiy fizik, fizik-kimyoviy va kimyoviy jarayonlar (amallar)yordamida hosil qilinadi:
1) xomashyoni tayyorlash va reaksiyaga kirishuvchi (reagent) tarkiblovchilarni reaksiya zonasiga keltirish;
2) kimyoviy reaksiyalar;
3) reaksiya zonasidan mahsulotlarni olib ketish va kerakli mahsulotni ajratib olish.
1) xomashyoni tayyorlash va reaksiyaga kirishuvchi (reagent) tarkiblovchilarni reaksiya zonasiga keltirish;
2) kimyoviy reaksiyalar.
1) xomashyoni tayyorlash va reaksiyaga kirishuvchi (reagent) tarkiblovchilarni reaksiya zonasiga keltirish;
2) reaksiya zonasidan mahsulotlarni olib ketish va kerakli mahsulotni ajratib olish.
1) kimyoviy reaksiyalar;
2) reaksiya zonasidan mahsulotlarni olib ketish va kerakli mahsulotni ajratib olish.

Texnologik rejim deb, jarayon sur'atiga, mahsulotning miqdori va sifatiga ta'sir ko'rsatadigan asosiy omillar (parametrlar) to'plamiga (majmuiga) aytiladi. Ko'p holda elektron texnika materiallarini olish jarayonlarida asosiy parametrlarva boshqalarga bo'ladi.
temperatura, bosim, reagentlarni keltirish va ko'chirish usuli;
bosim, reagentlarni keltirish va ko'chirish usuli;
temperatura, reagentlarni keltirish va ko'chirish usuli;
temperatura, bosim va ko'chirish usuli.

Chegaraviy qatlam - jismning sirtidagi yupqa soha, bunda inersiya va ichki ishqalanish kuchlari bir tartibdagi kattaliklar deb hisoblanadi. Chegaraviy qatlamningxili farqlanadi.
Dinamik chegaraviy qatlam — suyuqlikning qattiq jism devoir yaqinidagi δ_0 qalinlikdagi qatlami. Bu qatlamda suyuqlik harakati teziigi nuldan (jism sirtida) to asosiy oqim tezligi W_0 gacha o'zgaradi.

<p>Issiqlik (termik) chegaraviy qatlam — suyuqlikning devor yaqinidagi δ_t qalinlikdagi qatlami. Unda temperatura jism sirtidagi T_{ch}, dan asosiy suyuqlik oqimining T_0 temperaturasigacha o'zgaradi.</p> <p>Diffuzion chegaraviy qatlam tushunchasini qattiq jism sirti yaqinida konvensiya yo'li bilan massa berish jarayonlarini tahlil qiiishda kiritiladi, bu sirtida tegishayotgan suyuqlik oqimi bilan o'zaro ta'sir reaksiyasi yuz berib turadi.</p>
<p>Dinamik chegaraviy qatlam — suyuqlikning qattiq jism devoir yaqinidagi δ_0 qalinlikdagi qatlami. Bu qatlamda suyuqlik harakati teziigi nuldan (jism sirtida) to asosiy oqim tezligi W_0 gacha o'zgaradi.</p> <p>Issiqlik (termik) chegaraviy qatlam — suyuqlikning devor yaqinidagi δ_t qalinlikdagi qatlami. Unda temperatura jism sirtidagi T_{ch}, dan asosiy suyuqlik oqimining T_0 temperaturasigacha o'zgaradi.</p>
<p>Issiqlik (termik) chegaraviy qatlam — suyuqlikning devor yaqinidagi δ_t qalinlikdagi qatlami. Unda temperatura jism sirtidagi T_{ch}, dan asosiy suyuqlik oqimining T_0 temperaturasigacha o'zgaradi.</p> <p>Diffuzion chegaraviy qatlam tushunchasini qattiq jism sirti yaqinida konvensiya yo'li bilan massa berish jarayonlarini tahlil qiiishda kiritiladi, bu sirtida tegishayotgan suyuqlik oqimi bilan o'zaro ta'sir reaksiyasi yuz berib turadi.</p>
<p>Dinamik chegaraviy qatlam — suyuqlikning qattiq jism devoir yaqinidagi δ_0 qalinlikdagi qatlami. Bu qatlamda suyuqlik harakati teziigi nuldan (jism sirtida) to asosiy oqim tezligi W_0 gacha o'zgaradi.</p> <p>Diffuzion chegaraviy qatlam tushunchasini qattiq jism sirti yaqinida konvensiya yo'li bilan massa berish jarayonlarini tahlil qiiishda kiritiladi, bu sirtida tegishayotgan suyuqlik oqimi bilan o'zaro ta'sir reaksiyasi yuz berib turadi.</p>

Moddani kristallash yoi bilan tozalash jarayonlarini amalga oshirishdan oldin moddaning (undagi kirishmalar bilan birgalikdagi)bilish zarur.
fazalari diagrammasini;
moddalarning erish diagrammasini;
Komponentalar diagrammasini;
To`g`ri javob yo`q.

Suyulish temperaturasidan pastdagi temperaturagacha qizdirilganda hosil boladigan bug'ining bosimi yetarlicha yuqori bo`ladigan moddalarni ajratish va tozalashda ma'qul usulusulidir.
Sublimatsiya;
Kondesatsiya;
Distillash;
Gaz fazasi.

.....- bug` bosimlari har xil bo'lgan suyuq eritmani tarkibiy qismlarga ajratish jarayoni bo`lib, bunda ularni bug'lantirib, keyin bug`lar o'tirg'iziladi (kondensatsiyalanadi).

Distillash;

Sublimatsiya;

Kondesatsiya;

Gaz fazasi.

Distillash va kondensirlash (o'tkazish, cho'ktirish) amallari ko`p marta uzluksiz takrorlanadigan jarayonni rektifikatsiya (tozalash) jarayoni, u amalga oshirilayotgan qurilmanideyiladi.

rektifikatsion ustun (kolonna);

Distillash ustuni;

kondensirlash kolonnasi;

Distillash va kondensirlash ustuni.

.....gazsimon faza ishtirok qiluvchi qaytar geterogen reaksiyalar bolib, ular hosil qiladigan mahsulotlar oraliq gazsimon birikma yordamida turli bosimli va temperaturali ikki reaksiyon zonalar orasida moddani ko'chirish mumkin. Odatda turli temperaturali tizimlardan foydalaniladi.

Kimyoviy ko'chirish reaksiyalari;

Elektrolitik qoplash reaksiyalari;

Sublimatsion reaksiyalari.

To`g`ri javob yo`q.

Yarimo`tkazgichlarni barcha elektrokimyoviy tozalash usullari orqali amalga oshiriladi.

oksidlash-tiklash jarayonlari;

oksidlash jarayonlari;

tiklash jarayonlari;

qaytarish.

.....(..... da rafinirlash-tozalash) usuli ba'zi hollarda katta samara beradi. Bu holda ham tozalanuvchi modda anod sifatida foydalaniladi, elektroliz esa kirishmalarni anoddan elektrolitga o'tkazadi, so'ngra toza modda katodda yig'iladi. Misollar galliyni ruxdan, alyuminiy va magniyni kremniydan, temirdan, misdan va ruxdan tozalash, qalayni, qo'rg'oshin, berilliy, titan, sirkoniy, niobiy va boshqalardan rafinirlash (tozalash) ana shu usulda amalga oshiriladi.

Anod erituvchi;

Katod erituvchi;

Elektroliz;

Barcha javoblar to`g`ri.

.....yordamida SiO₂, TiO₂, MgO, ZnS va boshqa birikmalarni kirishmalardan tozalanadi.

Elektrodializ;

Kimyoviy ko'chirish reaksiyalari;

Elektrolitik qoplash reaksiyalari;

Sublimatsion reaksiyalari.

Fotolitografiyani o'tgan asrning 50-yillarida yarimo'tkazgichlar sanoatida qo'llanilishi elektronikaning keyingi rivojlanishini belgilab berdi va diskret yarimo'tkazgichli asboblarni ishlab chiqarishdanishlab chiqarishga o'tildi.

integral mikrosxemalar (IMS);

katta integral sxemalar (KIS);

integral mikrosxemalar (IMS) va katta integral sxemalar (KIS);

barcha javoblar to'g'ri.

.....yarimo'tkazgichli va pardali tuzilmalar tayyorlashda yarimo'tkazgich va boshqa materiallarda turli ko'rinishdagi nafis ariqchalar va chuqurliklar olish uchun qo'llaniladi.

Fotolitografiya;

Litografiya;

Planar texnologiya;

Termik texnologiya.

.....—fotosezgir materiallarga fotolitografik ta'sir o'tkazish qobiliyatiga ega bo'lgan nurlanishdir.

Aktinik nurlanish;

Qora nurlanish;

Sirdan nurlanish;

Fotolitografik nurlanish.

.....keng sinfdagi yarimo'tkazgichli asboblarni va mikrosxemalarni umumiy holda tayyorlashda asosiy jarayonlardan biri sifatida, diffuziya, ion legirlash, epitaksiya va oksidlash, kimyoviy ishlov berish jarayonlari bilan bir qatorda turadi.

Fotolitografiya;

Litografiya;

Planar texnologiya;

Termik texnologiya.

..... o'ziga murakkab kompleks texnologik jarayonlarni jalb qiladi. Bular mexanik, optik, fizik, fizik-kimyoviy va kimyoviy jarayonlardir.
Fotolitografiya;
Litografiya;
Planar texnologiya;
Termik texnologiya.

.....ning asosiy vazifasi ma'lum talabga javob beruvchi shakl, rasmning yupqa himoyaviy pardasini plastinka yoki qandaydir boshqa taglik sirtida yaratishdir.
Fotorezistrlar;
Rezistrlar;
Polimer kompozitsiyalar;
Yorug'likka sezgir monomerli birikmalar.

.....deganda, fotolitografiya jarayonida tekis qilinlikda 1 mm plastinka sirtida tutashmagan, mumkin bo'lgan maksimal chiziqlar soni tushuniladi.
Fotorezistning ajrata olish qobiliyati;
Yarimo'tkazgich asbobning ajrata olish qobiliyati;
Kristall panjaraning ajrata olish qobiliyati;
To'g'ri javob yo'q.

Ajrata olish qobiliyati:
$R = 1/2 \lambda$;
$R = 3/4 \lambda$;
$R = 2/5 \lambda$;
$R = 0,8 \lambda$;

Fotorezistlar to'g'risidagi ma'lumotlarga asosan, ularga qo'yilgan talablar:
<ol style="list-style-type: none"> 1. To'lqin uzunlik oralig'i talabida yuqori yorug'likka sezgirlik. 2. Yuqori ajrata olish qobiliyati (hozirgi zamon talabi 0,1 mkm gacha fotorezist qatlam qalinligida bir millimetrga 1000-2000 chiziq to'g'ri keladi). 3. Taglikka yuqori yopishqoqligi (yarimo'tkazgichga, oksidga, nitridga yoki metallga). 4. Yuqori kontrast (eksponirlashgan va noeksponirlashgan qismlar orasidagi keskin differensiallashgan chegaralarni olish). 5. Kimyoviy agressiv muhitlarda yuqori turg'unlik. 6. Qatlam sirti bo'yicha bir xil xossaga ega bo'lish. 7. Vaqt o'tishi bilan xossalar turg'unligi. 8. Kimyoviy aylanishlarda mahsulotlar bilan ifloslanish bo'lmasligi. 9. Materiallarning nisbatan sodda, mustahkam va qo'llashga xavfsizligi, turli usullarda o'tqazish va boshqa qulayliklar.

1. To`lqin uzunlik oralig'i talabida yuqori yorug`likka sezgirlik.
2. Yuqori ajrata olish qobiliyati (hozirgi zamon talabi 0,1 mkm gacha fotorezist qatlam qalinligida bir millimetrga 1000-2000 chiziq to`g`ri keladi).
3. Taglikka yuqori yopishqoqligi (yarimo`tkazgichga, oksidga, nitridga yoki metallga).

1. To`lqin uzunlik oralig'i talabida yuqori yorug`likka sezgirlik.
2. Yuqori ajrata olish qobiliyati (hozirgi zamon talabi 0,1 mkm gacha fotorezist qatlam qalinligida bir millimetrga 1000-2000 chiziq to`g`ri keladi).
3. Taglikka yuqori yopishqoqligi (yarimo`tkazgichga, oksidga, nitridga yoki metallga).
4. Yuqori kontrast (eksponirlashgan va noeksponirlashgan qismlar orasidagi keskin differensiallashgan chegaralarni olish).
5. Kimyoviy agressiv muhitlarda yuqori turg'unlik.
6. Qatlam sirti bo'yicha bir xil xossaga ega bo`lish.

1. To`lqin uzunlik oralig'i talabida yuqori yorug`likka sezgirlik.
2. Yuqori ajrata olish qobiliyati (hozirgi zamon talabi 0,1 mkm gacha fotorezist qatlam qalinligida bir millimetrga 1000-2000 chiziq to`g`ri keladi).
3. Taglikka yuqori yopishqoqligi (yarimo`tkazgichga, oksidga, nitridga yoki metallga).
4. Yuqori kontrast (eksponirlashgan va noeksponirlashgan qismlar orasidagi keskin differensiallashgan chegaralarni olish).
5. Kimyoviy agressiv muhitlarda yuqori turg'unlik.
6. Qatlam sirti bo'yicha bir xil xossaga ega bo`lish.
7. Vaqt o'tishi bilan xossalar turg'unligi.
8. Kimyoviy aylanishlarda mahsulotlar bilan ifloslanish bo`lmasligi.

.....eritish, diffuziya yoki ion kiritish usulida mos kirishmalar kiritish bilan hosil qilinadi. Bunday sohalarni Ge, Si, GaAs va boshqa yarimo`tkazgichlarda omik kontaktlar yaratish bilan hosil qilinadi.

Yuqori legirlangan sohani;

Kam legirlangan sohani;

Legirlangan;

Kontakt sohani.

Kontakt material talablariga ko`proq yaxshi javob beradigan

Alyuminiydir;

Germaniydir;

Kremniydir;

GaAs.

Alyuminiyni kontakt material sifatida quyidagi kamchiliklari mavjud:

700°C ga va undan yuqori temperaturada kremniy ikki oksidini himoya pardasi bilan faol tiklanish reaksiyasi natijasida p-n o'tish qisqa tutashib qolishi mumkin; kavsharlash murakkabligi va elektrolitik o'tirishni amalga oshirib bo'lmasligi; ikki qatlamli tuzilma oltin-alyuminiy turg'un intermetall birikma hosil qiladi, u keyinchalik kontaktni izdan chiqardi va asbob umuman ishdan chiqadi (bu hodisa adabiyotlarda ma'lum «to'q qizil chuma»); zanglash va chekli mexanik mustahkamligi va boshqalar.

700°C ga va undan yuqori temperaturada kremniy ikki oksidini himoya pardasi bilan faol tiklanish reaksiyasi natijasida p-n o'tish qisqa tutashib qolishi mumkin;

kavsharlash murakkabligi va elektrolitik o'tirishni amalga oshirib bo'lmasligi;

ikki qatlamli tuzilma oltin-alyuminiy turg'un intermetall birikma hosil qiladi, u keyinchalik kontaktni izdan chiqardi va asbob umuman ishdan chiqadi (bu hodisa adabiyotlarda ma'lum «to'q qizil chuma»); zanglash va chekli mexanik mustahkamligi va boshqalar.

Kontakt qatlamlar olishdafoydalaniladi.

titan, xrom, vanadiy, molibden, volframdan;

mis, xrom, oltin, molibden, volframdan;

kremniy, titan, xrom, vanadiy, molibden, volframdan;

mis, xrom, oltin, titan, xrom, vanadiy, molibden, volframdan.

Kimyoviy va elektrokimyoviy o'tqazish asosan kontaktlar olish uchun qo'llaniladi.

nikel va oltin;

titan va xrom;

molibden va volfram;

mis, xrom, oltin.

.....sirt rekombinatsiyasi oshishi zaryad tashuvchilar ko'chishi koeffitsienti kamayishiga va kuchaytirish koeffitsienti pasayishiga olib keladi.

Tranzistorlarda;

Tiristorlarda;

Rezistorlarda;

Diodlarda.

Elektron-kovak o'tishlar sirtini tashqi atmosfera ta'siridan himoyalash uchun nanga chidamli lak yoki kompaund qoplamalardan hozirgacha foydalanilib kelinmoqda. Bu usul birinchi navbatda planar bo'lmagan asboblar,asboblarni tayyorlashda qo'llaniladi.

ya'ni qotishmali, qotishma-diffuzion, meza-qotishmali va meza-diffuzion;

ya'ni qotishmali, qotishma-diffuzion, meza-qotishmali;

ya'ni qotishmali, qotishma-diffuzion;

qotishma-difluzion, meza-qotishmali va meza-diffuzion.

Kuchli elektrik maydonda kirishma atomlarining ionlanish energiyasi
kamayadi;
ortadi;
o`zgarmaydi;
keskin ortadi.

Kuchli maydonda ionlanish energiyasi $\Delta E_d > 0$ qadar o`zgarsa (Ya.I. Frenkel nazariy hisoblab topgan):
 $\Delta E_d = 2e\sqrt{e\varepsilon/\varepsilon_0}$;
 $\Delta E_d = e\sqrt{e\varepsilon/\varepsilon_0}$;
 $\Delta E_d = 3e\sqrt{e\varepsilon/\varepsilon_0}$;
 $\Delta E_d = 25e\sqrt{e\varepsilon/\varepsilon_0}$.

Elektrostatik ionlanish (Shtark va Ziner hodisalari) maydonlarda sezilarli bo`ladi.
 10^8 V/m;
 10^7 V/m;
 10^6 V/m;
 10^5 V/m.

Elektronlarning potensial to`siqdan sizib o`tishidan iborat kvant hodisa
Ziner effekti (tunellanish hodisasi);
Zeeman effekti (tunellanish hodisasi);
Stark effekti (tunellanish hodisasi);
Zarb effekti (tunellanish hodisasi).

Valent elektron ehtimollik bilan ta`qiqlangan zonadan o`tkazuvchanlik zonasiga o`tadi.
 $D = D_0 \exp \left[-2\sqrt{m^*} / 3e\hbar \cdot \frac{E_g^{3/2}}{\varepsilon} \right]$;
 $D = 2D_0 \exp \left[-2\sqrt{m^*} / 3e\hbar \cdot \frac{E_g^{3/2}}{\varepsilon} \right]$;
 $D = D_0 \exp \left[2\sqrt{m^*} / 3e\hbar \cdot \frac{E_g^{3/2}}{\varepsilon} \right]$;
 $D = D_0 \exp \left[-2\sqrt{m^*} / 5e\hbar \cdot \frac{E_g^{3/2}}{\varepsilon} \right]$.

Kuchli legirlangan yarimo`tkazgichdagi p-n- o`tishda tok muayan kuchlanishlar oralig`ida asosanbo`ladi.
tunnel tok (tunnel diod);
yarmo`tkazgich diod;
to`siqli diod;
Bipolyar diod.

O`tkazuvchanlik elektronlari kuchli elektr maydonda yetarlicha energiya jang`arib, valent zonadagi yoki kirisma atomlaridagi (bog`lanish) elektronlarni zarb bilan o`tkazuvchanlik o`tkazishi mumkin, oqibatda erkin zaryad tashuvchilarning n zichligi ortadi. Yarimo`tkazgich qalin bo`lgandatobora kuchayib, ko`chkisimon jarayonga aylanishi mumkin. Shu hodisa asosida maxsus yarimo`tkazgichli asboblari tayyorlanadi. Bu hodisaga deb aytiladi.
zarbiy ionlash;
o`tkazuvchanlik zonasiga o`tkazish;
tunnel ionlash;
barcha javoblar noto`g`ri.

Elektronning T temperaturada E energiyali sathda bo`lishligi ehtimolligi Fermi funksiyasi ifoda orqali aniqlanadi:
$f(E,T) = 1 / \left[1 + e^{\frac{E-E_F}{kT}} \right];$
$f(E,T) = 2 / \left[1 + e^{\frac{E-E_F}{kT}} \right];$
$f(E,T) = 3 / \left[1 + e^{\frac{E-E_F}{kT}} \right];$
$f(E,T) = 5 / \left[1 + e^{\frac{E-E_F}{kT}} \right].$

O`tkazuvchanlik zonasidagi elektronlar zichligi n_μ :
$n_\mu = \frac{8\pi(2m)^{3/2}}{3h^2} E_F^{3/2};$
$n_\mu = \frac{4\pi(2m)^{3/2}}{3h^2} E_F^{3/2};$
$n_\mu = \frac{3\pi(2m)^{3/2}}{3h^2} E_F^{3/2};$
$n_\mu = \frac{5\pi(2m)^{3/2}}{3h^2} E_F^{3/2}.$

Fermi sathi E_F :
$E_F = \frac{h^2}{8m} \left(\frac{3n_\mu}{\pi} \right)^{2/3};$

$E_F = \frac{h^2}{9m} \left(\frac{3n_\mu}{\pi}\right)^{3/2};$
$E_F = \frac{h^2}{7m} \left(\frac{3n_\mu}{\pi}\right)^{3/2};$
$E_F = \frac{h^2}{5m} \left(\frac{3n_\mu}{\pi}\right)^{3/2}.$

Elektronlarning o`rtacha energiyasi \bar{E} :
$\bar{E} = \frac{3}{5} E_F;$
$\bar{E} = \frac{1}{5} E_F;$
$\bar{E} = \frac{1}{3} E_F;$
$\bar{E} = \frac{3}{7} E_F.$

Agar elektron potensial chuqur balandligiga teng energiyani qaysi bir manbadan olsa, metaldan yoki yarimo`tkazgichdan vkuumga (tashqariga) chiqib ketishi mumkin. Shu energiyani elektronningdeyiladi.
metaldan yoki yarimo`tkazgichdan chiqish ishi;
bajargan ishi;
tashqi chiqish;
barcha javoblar to`g`ri.

Qattiq jism elektronikasidabor:
uch xil o`tishlar (kontaktlar): 1.Metall yarimo`tkazgich, yoki metall dielektrik (izolyator) kontakti hosil qilgan Shottki o`tishlarni (to`siqlari); 2.Bir xil yarimo`tkazgichdan iborat, ammo har xil kirishmalar kiritilgan, yoinki kirishmalar zichligi turli darajada bo`lgan ikki yarimo`tkazgich (yoki bir yarimo`tkazgichning ikki sohasi) orasida hosil bo`lgan gomoo`tishlar (“gomo” lotincha “homo” so`zidan oigan, bir xil, bir jinsli degan ma`noni anglatadi); 3.Turli xossalarga (ta`qiqlangan zona kengligi va boshqalar farqli bo`lgan) ega bo`lgan ikki turli yarimo`tkazgich (yoki dielektrik) orasida hosil bo`lgan geteroo`tishlar.
ikki xil o`tishlar (kontaktlar): 1.Metall yarimo`tkazgich, yoki metall dielektrik (izolyator) kontakti hosil qilgan Shottki o`tishlarni (to`siqlari); 2.Bir xil yarimo`tkazgichdan iborat, ammo har xil kirishmalar kiritilgan, yoinki kirishmalar zichligi turli darajada bo`lgan ikki yarimo`tkazgich (yoki bir yarimo`tkazgichning ikki sohasi) orasida hosil bo`lgan gomoo`tishlar (“gomo” lotincha “homo” so`zidan oigan, bir xil, bir jinsli degan ma`noni anglatadi);
ikki xil o`tishlar (kontaktlar): 1.Bir xil yarimo`tkazgichdan iborat, ammo har xil kirishmalar kiritilgan, yoinki kirishmalar zichligi turli darajada bo`lgan ikki yarimo`tkazgich (yoki bir yarimo`tkazgichning ikki sohasi) orasida hosil bo`lgan gomoo`tishlar (“gomo” lotincha “homo” so`zidan oigan, bir xil, bir jinsli degan ma`noni anglatadi);

2. Turli xossalarga (ta'qiqlangan zona kengligi va boshqalar farqli bo'lgan) ega bo'lgan ikki turli yarimo'tkazgich (yoki dielektrik) orasida hosil bo'lgan geteroo'tishlar.

ikki xil o'tishlar (kontaktlar): 1. Metall yarimo'tkazgich, yoki metall dielektrik (izolyator) kontakti hosil qilgan Shottki o'tishlarni (to'siqlari);

2. Turli xossalarga (ta'qiqlangan zona kengligi va boshqalar farqli bo'lgan) ega bo'lgan ikki turli yarimo'tkazgich (yoki dielektrik) orasida hosil bo'lgan geteroo'tishlar.

Yarimo'tkazgich sirti birligidan birlik vaqtda chiqib ketayotgan elektronlar soni termoelektron emissiya oqimini aniqlash uchun ϑ_x , tezlikning ϑ_0 dan ∞ gacha qiymatlari orasida elektronlarning to'la oqimi:

$$I = \int_{\vartheta_0}^{\infty} \vartheta_x dn(\vartheta_x);$$

$$I = 1 / \int_{\vartheta_0}^{\infty} \vartheta_x dn(\vartheta_x);$$

$$I = 2 + \int_{\vartheta_0}^{\infty} \vartheta_x dn(\vartheta_x);$$

$$I = 3 / \int_{\vartheta_0}^{\infty} \vartheta_x dn(\vartheta_x).$$

Agar metall va yarimo'tkazgichni bir-biriga jipslansa (kontakt hosil qilinsa) tok o'tadigan bo'ladi. Bunga bilan erishiladi ($d = 10^{-9}$ m).

yarimo'tkazgich ustiga metalni vakuumda changlab o'tkazish yoki kavsharlash usullari;

yarimo'tkazgich ustiga metalni vakuumda changlab o'tkazish usuli;

yarimo'tkazgich ustiga metalni kavsharlash usullari;

yarimo'tkazgich ustiga metalni vakuumda qizdirish usuli.

Metalda ortiqcha elektronlar sirdagi atomlarda joylashgan, ortiqcha elektronlar o'rtacha zichligi sirdagi erkin elektronlar zichligidan taxminan marta kichik.

200;

300;

400;

500.

..... hosil bo'lgan qo'shimcha maydon energiyasi zonalar tuzilishini, chunonchi, ta'qiqlangan zona kengligi tashqi chiqish ishini o'zgartira olmaydi. U maydonda elektron potensial energiyaga ega bo'ladi, demak uning to'la energiyasi bu potensial energiya bilan hajmiy zaryad bo'lmagandagi energiyalar yig'indisidan iborat bo'ladi.

Kambag'allashgan qatlamda;

Sirt qatlamda;

n- qatlamda;

p- qatlamda.

Yopuvchi qatlam harakatchan zaryad tashuvchilardan kambag'allashishi, binobarin o'zi qisqa bo'lsada, ammo elektr qarshiligi.....

ancha katta;

ancha kichik;

o'zgarmas;

barcha javoblar noto'g'ri.

Buqatlamda asosan qo'zg'olmas kirishma ionlari tashkil qilgan hajmiy zaryad mavjud bo'lib, u elektr maydon hosil qiladi. Bu maydonda elektron va kovaklar potensial energiyaga ham ega bo'ladi.

yopuvchi;

o'tuvchi;

p-n-;

elektr.

Kontaktida hosil bo'lgan potensial energiyalar ayirmasi (potensial to'siq balandligi) metal va yarimo'tkazgichdanayirmasiga teng.

chiqish ishlari;

potensial to'siq balandligi;

hajmiy zaryad qatlami kengligi;

kotaktning elektr sig'imi.

Hajmiy zaryad qatlami kengligi \propto chiqish ishlari ayirmasi va yarimo'tkazgichdagi asosiy zaryad tashuvchilar zichligiga bog'liq. U kontaktninganiqlaydi.

elektr sig'imini;

chiqish ishlarini;

potensial to'siq balandligini;

hajmiy zaryad qatlami kengligini.

Metall yarimo'tkazgich kontaktida yonmovchi qatlam hosil bo'lganida unda harakatchan zaryad tashuvchilar zichligi hajmdagisidan ancha ortiq bo'ladi, binobarin, bu qatlamning solishtirma elektr qarshiligi ancha marta

kichikdir;

katta;

ortiq;

baland.

Agar metall yarimo`tkazgich kontaktiga tashqi kuchlanish berilsa, deyarli butunicha yonuvchi qatlamga tushadi, potensial to`siqning balandligini o`zgartiradi, binobarin, kotaktning elektr qarshiligi, undan o`tayotgan tok ham kuchlanishga bo`liq ravishda o`zgaradi. Bu bog`lanishnideyiladi.

volt amper xarakteristikasi (VAX);

ichki qarshilik xarakteristikasi;

kirish xarakteristikasi;

yonuvchi qatlam xarakteristikasi.

Metall yarimo`tkazgich kontaktning elektr sig`imi tashqi kuchlanishga bog`liq bo`ladi:

$$C = S \cdot [\epsilon e^2 n_0 / 8\pi(\phi_k - eV)]^{1/2};$$

$$C = K \cdot [\epsilon e^2 n_0 / 8\pi(\phi_k - eV)]^{1/2};$$

$$C = L \cdot [\epsilon e^2 n_0 / 8\pi(\phi_k - eV)]^{1/2};$$

$$C = P \cdot [\epsilon e^2 n_0 / 8\pi(\phi_k - eV)]^{1/2}.$$

Yarimo`tkazgich elektronlarining o`rtacha issiqlik harakat tezligi:

$$\bar{v} = (8kT / \pi m^*)^{1/2};$$

$$\bar{v} = (7kT / \pi m^*)^{1/2};$$

$$\bar{v} = (6kT / \pi m^*)^{1/2};$$

$$\bar{v} = (5kT / \pi m^*)^{1/2}.$$

Yopuvchi qatlamda elektronlar zichligining o`zgarishi:

$$n(x) = C \exp(-\phi_k / kT);$$

$$n(x) = C \exp(\phi_k / kT);$$

$$n(x) = C \exp(-\phi_k / 2kT);$$

$$n(x) = 4 \exp(-\phi_k / 2kT).$$

Diffuzion tenglama:

$$dn/dx + n/kT \cdot d\phi/dx = j/eD_n;$$

$$dn/dx - n/kT \cdot d\phi/dx = j/eD_n;$$

$$dn/dx + n/kT + d\phi/dx = j/eD_n;$$

$$dn/dx + 3n/kT \cdot d\phi/dx = j/eD_n.$$

Agar qo`yilgan V kuchlanish musbat (yarimo`tkazgich manbaning manfiy qutbi ulangan) bo`lsa, bu kuchlanish to`g`ri kuchlanish ($V > 0$) deyiladi. To`g`ri kuchlanish berilgan holda kuchlanish ortgan sari kontaktdan o`tayotgan tok (to`g`ri tok) qonun bo`yicha juda tez (eksponentsial) o`sib boradi, ya`ni kontaktning qarshiligi keskin pasayadi.

$$J_{to`g`ri} \approx \exp(eV/kT);$$

$$J_{to`g`ri} \approx \exp(3eV/kT);$$

$$J_{\text{to`g`ri}} \approx \exp(eV/2kT);$$

$$J_{\text{to`g`ri}} \approx \exp(eV/5kT);$$

.....bo`lgan holda tok metaldan yarimo`tkazgich tomonga yo`nalgan, yopuvchi qatlam qarshiligi kamaya boradi, tokning bu yo`nalishini o`tkazuvchi (to`g`ri) yo`nalish deyiladi.

$$V > 0;$$

$$V = 0;$$

$$V \neq 0;$$

$$V \geq 0.$$

Agar qo`yilgan kuchlanish manfiy (yarimo`tkazgich manbaning musbat qutbi ulangan) bo`lsa, bu kuchlanishni teskari kuchlanish, u hosil qilgan tokni teskari tok deyiladi.

$$V < 0;$$

$$V > 0;$$

$$V \neq 0;$$

$$V \geq 0.$$

Metall yarimo`tkazgich kontaktining o`zgaruvchan tokni to`g`rilashga doir nazariya deyiladi.

diffuzion nazariya;

yuzalar nazariyasi;

metall yarimo`tkazgich kontakti nazariyasi;

Epitaksial nazariya.

Agar elektronlarning erkin yugurish yo`li ℓ bo`lsa diffuzion nazariyaning qo`llanish sharti:

$$\ell \gg 2\varphi_k \ell/kT;$$

$$\ell = 2\varphi_k \ell/kT;$$

$$\ell \approx 2\varphi_k \ell/kT;$$

$$\ell \neq 2\varphi_k \ell/kT.$$

1938 yildametal yarimo`tkazgich chegarasida kontaktning to`g`rilash xossaini keltirib chiqaradigan va yarimo`tkazgichda hosil bo`ladigan qo`zg`almas hajmiy zaryad hisobiga vujudga keladigan potensial to`siq bo`ladi, degan g`oyani aytgan.

V. Shotki;

M. Faradey;

Artur Shuster;

Yulius Liliendfeld.

Tog`rilovchi kontaktlarnito`siqlari, bunday kontaktlar asosida tayyorlangan diodlarnidiodlari deb yuritiladi.

Shotki;

M. Faradey;

Artur Shuster;

Yulius Liliendfeld.

Omik kontaktning elektr qarshiligi mumkin qadarbo`lishi kerak, uning VAX si chizig`iy bo`lishligi, ya`ni undan o`tayotgan tok unda kuchlanish tushishiga proporsional ($I \sim V$) bo`lishi kerak.

kichik;

katta;

teng;

o`zgarmas.

Shotki diodining metall n- yarimo`tkazgich yopuvchi kontaktning elektr sig`imining kuchlanish berilmagan va kuchlanish berilgan hollardagi munosabatlarni tavsiflaydi.

volt farad xarakteristikasi;

VAX;

omik o`tish xarakteristikasi;

tok o`tish xarakteristikasi.

Agar metall yarimo`tkazgich kontaktning VAX si chizig`iy bo`lsa, u orqali noasosiy zaryad tashuvchilar yarimo`tkazgichga kiritilmasa, ya`ni kontaktdan o`tayotgan I tok bilan unga berilgan V kuchlanish Om qonuni asosida o`zaro bog`langan bo`lsa, bunday kontaktni kontakt deyiladi.

omik;

to`g`rilovchi;

Shotki;

to`g`ri javob yo`q.

Kontakt materiallarga qo`yiladigan talablarni durustroq qanoatlantiradigan metall dir.

alyuminiy;

mis;

kremniy;

simob.

p-n- o`lishni hosil qilishning ikkita qanday usullari katta ahamiyatga ega?
Suyulmali va diffuzion usullar.
Diffuzion va termokompressiya usullari;
Ultratovush va elektrokimyoviy usullari;
Termokompressiya va elektrokimyoviy usullari.

Yarimo`tkazgichli asboblarni ishlab chiqarishdadan keng foydalanilmoqda. Bunda muayyan o`tkazuvchanlikli monokristall yarimo`tkazgich taglikka gazsimon yoki suyuq holatdagi o`sha yarimo`tkazgich moddadan monokristall qatlam o`tqaziladi.
epitaksial o`stirish usuli;
elektrokimyoviy usul;
termokompressiya usuli;
diffuzion usul.

.....p-n- o`lishda kirishmalar zichligi p- va n- sohalar chegarasida keskin o`zgaradi, ya`ni p- sohada akseptorlar zichligi N_a , donorlar $N_d \ll N_a$ bolsa, n- sohada akseptorlar deyarli yo`q, donorlar zichligi N_d bo`ladi.
Keskin;
Kuchli;
Passiv;
Odatiy.

p-n- o`lishning potensial to`sig`i balandligi (E_F^n, E_F^p) manfiy ishorali)
$\varphi_k = E_g + E_F^n + E_F^p = E_g - E_F^n - E_F^p ;$
$\varphi_k = E_g - E_F^n + E_F^p = E_g - E_F^n - E_F^p ;$
$\varphi_k = E_g + E_F^n - E_F^p = E_g - E_F^n - E_F^p ;$
$\varphi_k = E_g + E_F^n + E_F^p = E_g + E_F^n - E_F^p .$

ϵ nisbiy dielektrik singdiruvchanlikka ega bo`lgan yarimo`tkazgich uchun Maksvell tenglamasi:
$\text{div } \vec{D} = 4\pi\rho;$
$\text{div } \vec{D} = 3\pi\rho;$
$\text{div } \vec{D} = 2\pi\rho;$
$\text{div } \vec{D} = 8\pi\rho.$

Zaryad tashuvchilar zichligi $N_d = n_n, N_a = p_p$ qanchabo`lsa, p-n- o`lish kengligi shuncha katta bo`ladi.
kam;

ko`p;
etarli;
kichik.

Qaysi sohada asosiy zaryad tashuvchilar zichligi, o`sha sohaga p-n- o`tish maydoni nisbatan kattaroq qatlamga ichkari kiradi, φ_k kontakt potentsiallar ayirmasining katta qismi shu qatlamga tushadi.
kam;
ko`p;
etarli;
kichik.

p sohada elektronlar uchun statsionar uzluksizlik tenglamasi:
$\frac{1}{e} \frac{dj_n}{dx} - \frac{n-n_p}{\tau_n} = 0;$
$\frac{2}{e} \frac{dj_n}{dx} - \frac{n-n_p}{\tau_n} = 0;$
$\frac{3}{e} \frac{dj_n}{dx} - \frac{n-n_p}{\tau_n} = 0;$
$\frac{1}{e} \frac{dj_n}{dx} + \frac{n-n_p}{\tau_n} = 0.$

n sohadagi kovaklar uchun uzluksizlik tenglamasi:
$-\frac{1}{e} \frac{dj_p}{dx} - \frac{p-p_n}{\tau_p} = 0;$
$-\frac{3}{e} \frac{dj_p}{dx} - \frac{p-p_n}{\tau_p} = 0;$
$-\frac{5}{e} \frac{dj_p}{dx} - \frac{p-p_n}{\tau_p} = 0;$
$\frac{1}{e} \frac{dj_p}{dx} - \frac{p-p_n}{\tau_p} = 0;$

Agar to`g`ri tok o`tib turganda ortiqcha zaryad tashuvchilar p-n- o`tishdan o`rtachaqadar masofaga tarqaladi.
diffuzion uzunlik;
dreyf uzunlik;
p soha;
n soha.

Noasosiy zaryad tashuvchilarning zichligi p_n va n_p qancha kichik bo`lsa p-n- o`tishning to`yinish toki j_s shunchabo`ladi.
kichik;
kam;

ko`p;
etarli.

Agar p sohaning o`tkazuvchanligi (kovaklar zichligi p_p) n soha o`tkazuvchanligidan (elektronlar zichligi n_n dan) ancha katta bo`lsa, p-n- o`tish toki asosantoki bo`ladi va aksincha.
kovaklar;
elektronlar;
aksinchada kovaklar;
aksinchada elektronlar.

Agarya p-n- o`tishda generatsiya va rekombinatsiya jarayonlari yuz bermasa, p-n- o`tishning hamma joyida elektronlar va kovaklar tokibo`ladi.
doimiy;
o`zgaruvchan;
stabillashmagan;
to`g`ri javob yo`q.

Silliq p-n- o`tishda kirismalar taqsimoti chiziqli qonuniyatga bo`ysunadi, ya`ni:
$N(x) = N_d - N_a = ax$;
$N(x) = N_d + N_a = ax$;
$N(x) = N_d/N_a = ax$;
$N(x) = N_d - N_a = 1+ax$.

Silliq p-n- o`tishda kirismalar taqsimoti Puasson tenglamasi:
$d^2\phi/dx^2 = 4\pi e^2 ax/\epsilon$;
$d^2\phi/dx^2 = 3\pi e^2 ax/\epsilon$;
$d^2\phi/dx^2 = 2\pi e^2 ax/\epsilon$;
$d^2\phi/dx^2 = \pi e^2 ax/\epsilon$.

Silliq p-n- o`tishda elektronning potensial energiyasi parabola bo`yicha o`zgaradi.
kubik;
kvadratik;
4- darajali;
5- darajali.

p-n- o`tishda manfiy va musbat zaryadli qatlamlarning bo`lishi uningkondensator kabi elektr sig`imiga ega bo`lishligini ko`rsatadi.
yassi;

tsilindrik;
o`zgarmas sig`mli;
o`zgaruvchan sig`mli.

Keskin p-n- o`tishda p-n- o`tishtashqi kuchlanishni o`zgartirish yo`li bilan boshqarish mumkin.
sig`imini;
qarshiligini;
tokini;
induksiyasini.

Yarimo`tkazgich diodlarga teskari kuchlanish qo`yilganda u asosan metall yarimo`tkazgich kontaktiga yoki p-n- o`tishga tushadi, bu to`g`rilovchi kontaktning (p-n- o`tishning) potensial to`sig`i ko`tariladi, uning kengligi oshadi, kuchli elektr maydon vujudga keladi. Teskari kuchlanish yetarlicha bo`lganda to`g`rilovchi kontakt (p-n- o`tish)....., ya`ni uning elektr qarshiligi keskin kamayadi, teskari tok juda kattalashadi, p-n- o`tishning to`g`rilash xossasi yomonlashadi, hatto u butunlay yo`qoladi, bu hodisani p-n- o`tishningdeyiladi.
teshilishi;
yopilishi;
torayishi;
ko`chishi.

p-n- o`tishning teshilishini yuzaga keltiruvchi fizik sabablarga ko`ra bu hodisaning ... holi farqlanadi.
3, ... ko`chkisimon, tunnel, issiqlikdan teshilish;
2, ... ko`chkisimon va tunnel ;
2, ... tunnel va issiqlikdan teshilish;
2, ... ko`chkisimon va issiqlikdan teshilish.

p-n- o`tishning teshilishini tavsiflovchi asosiy kattalik uni teshuvchi kuchlanishdir. Bu kuchlanish berilganda chegarasiz ortib ketadi ($M \rightarrow \infty$).
Tok;
qarshilik;
o`tish kengligi;
o`tish balandligi.

Bir zaryad tashuvchining birlik yo`lda hosil qilgan yangi tashuvchilar sonini ifodalaydigan kattaliknideyiladi.
α ionlash koeffitsienti;

β ionlash darajasi;
rekombinatsiya darajasi;
diffuziya koeffitsienti.

Teshilish kuchlanishi V_{tesh} ni odatda asbob asosining ρ solishtirma qarshiligi orqali ifodalanadi:
$V_{\text{tesh}} = B \rho^a$;
$V_{\text{tesh}} = B/\rho^a$;
$V_{\text{tesh}} = B - \rho^a$;
$V_{\text{tesh}} = B + \rho^a$;

Kvant mexanik hodisa yuz berganda, tor potensial to'siqning bi tomondagi muayyan energiyali elektron to'siqning boshqa tomondagi xuddi shunday energiyali bo'sh sathga sirqib (.....) o'tishi mumkin.
tunnelanish;
teshilish;
sirqish;
ko'chish.

Tunnellanish vujudga keladigan kuchlanishnikuchlanishi deyiladi.
teshilish;
sirqish;
ko'chish;
ehtimolli.

Tunnellanish D ehtimolligi ta'qiqlangan zonaning E_g kengligi va elektr maydon kuchlanganligi ϵ ga bog'liq bo'ladi.
$D = D_0 \exp[2\sqrt{mE_g^{3/2}} / 3e\hbar\epsilon]$;
$D = D_0 \exp[2\sqrt{mE_g^{3/2}} + 3e\hbar\epsilon]$;
$D = D_0 \exp[2\sqrt{mE_g^{3/2}} - 3e\hbar\epsilon]$;
$D = D_0 \exp[3\sqrt{mE_g^{3/2}} / 3e\hbar\epsilon]$.

Kremniy asosidagi p-n- o'tishlar uchun tunnel teshilish kuchlanishi
$V_{\text{tesh}} = 200\rho_n + 73 \rho_p$;
$V_{\text{tesh}} = 300\rho_n + 73 \rho_p$;
$V_{\text{tesh}} = 200\rho_n + 173 \rho_p$;
$V_{\text{tesh}} = 250\rho_n + 73 \rho_p$.

Issiqlikdan teshilish hodisasi ehtimolligiturgan holda kattaroq, bu holda p-n- o` tishda ajraladigan issiqlik ko`proq bo`ladi.
doimiy tok o`tib;
qizib turgan;
teskari tok o`tib;
to`g`ri javob yo`q.

Yarimo`tkazgichning elektr qarshiligining temperaturaga bo`lanishidan foydalaniladigan rezistorni deyiladi.
termorezistor;
termistor;
bolometr;
pozistor.

..... guruhiga termistorlar, bolometrlar, pozistorlar kiradi.
termorezistorlar;
termistorlar;
bolometrlar;
pozistorlar.

.....qarshilikning termik koeffitsienti manfiy bo`lgan (ya`ni temperatura ortishi bilan qarshiligi kamayib boradigan) yarimo`tkazgich termorezistorlardir.
Termistorlar;
Bolometrlar;
Pozistorlar;
Barcha javoblar to`g`ri.

To`g`ridan to`g`ri qizdiriladigan termistorlarda zaryad tashuvchilar zichligi ortishi va boshqa hodisalar yuz berishi mumkin. Zichlik o`zgaradigan temperaturalar oralig`ida qarshilik..... qonun bo`yicha o`zgaradi.
$R = R_{\infty} \exp(B/T);$
$R = R_{\infty} / \exp(B/T);$
$R = 2R_{\infty} \exp(B/T);$
$R = 3R_{\infty} \exp(B/T).$

Xususiy o`tkazuvchanlik sohasida:
$B \approx E_g / 2k;$
$B \approx E_g / 3k;$
$B \approx E_g / 5k;$
$B \approx E_g / 2kT.$

Issiqlik nurlanishini qayd qiluvchi va o`lchovchi yarimo`tkazgich asboblarideyiladi.
bolometrlar;
termistorlar;
pozistorlar;
termorezistorlar.

Yarimo`tkazgichli bitta to`g`rilovchi elektrik o`tishga va ikkita tashqi zanjirga ulovchi elektrodlarga (chiqishlarga) ega bo`lgan, to`g`rilovchi elektrik o`tishning turli xossaligidan foydalaniladigan yarimo`tkazgich asbobdir.
diod;
termistor;
bolometr;
pozistor.

Yarimo`tkazgichli diodlar p-n- o`tishlarga, ya`ni p va n sohalarida asosiy zaryad tashuvchilar zichligi bir biridan ko`p marta farq qiladigan p-n- o`tishlarga ega bo`ladi.
nosimmetrik;
simmetrik;
pog`onali;
legirlangan.

Nosimmetrik p-n- o`tishli diodga teskari kuchlanish berilganda asosan diodning bazasidan noasosiy zaryad tashuvchilar ketib qoladi, buni hodisasi deyiladi.
ekstraksiya;
injeksiya;
omik injeksiya;
polyarizatsiya;

Diodlar geometrik tuzilishiga qarab turgabo`linadi:
2, yassi va nuqtaviy;
3, yassi, nuqtaviy va silindrik;
2, yassi va silindrik;
barcha javoblar to`g`ri.

116. Yassi diodlarda to`g`rilovchi elektrik o`tish yuzining chizig`iy o`lchami xarakteristik uzunlikdan (qalinligidan) anchabo`ladi.
katta;
kichik;

taqqoslanarli;
farqli;

Nuqtaviy diodlarda elektrik o'tish yuzining chizig'iy o'lchami xarakteristik uzunlikdan (qalinligidan) anchabo'ladi.
kichik;
katta;
taqqoslanarli;
Farqli.

Yuqori injeksiya darajasi holida dioddagi kuchlanish p-n- o'tishdagi kuchlanish va bazadagikuchlanishi yig'indisidan iborat.
Dember;
teskari tok;
to'suvchi;
barcha javoblar to'g'ri.

Diodning statik VAX i:
$I = I_s(e^{V/kT} - 1);$
$I = I_s(e^{V/kT} + 1);$
$I = I_s(e^{V/kT} - 2);$
$I = I_s(e^{V/kT} + kT).$

To'g'rilangan tok kattaligiga qarab to'g'rilagich diodlar uch guruhga ajratiladi: kichik quvvatli diodlar ($I_{to'g'}$ toki 0,3 A gacha), o'rta quvvatli diodlar ($0,3 < I_{to'g'} < 10$ A) va katta quvvatli diodlar ($I_{to'g'} > 10$ A). Bu ko'rsatilgan diodlarda p-n- o'tishfarq qiladi.
yuzi;
uzunligi;
sirti;
qalinligi.

To'g'rilagich diodlarning teshilish (ishdan chiqish) kuchlanishidanV oralig'id abo'ladi.
50, 2500;
100, 3000;
200, 3000;
150, 3000.

Ko`pchilik to`g`rilagich diodlarni va asosida tayyorlanadi.
germaniy, kremniy;
galliy, rux;
indiy, galliy;
galliy, indiy.

Kremniy asosidagi diodlarning termik rejimi:
-60 ⁰ dan +250 ⁰ C;
60 ⁰ dan +250 ⁰ C;
-160 ⁰ dan +250 ⁰ C;
-40 ⁰ dan +250 ⁰ C;

Impuls diodlarining xossalari va parametrlarini aniqlaydi.
o`tma jarayonlar;
diffuziya jarayonlari;
injeksiya jarayonlari;
noasosiy zaryad tashuvchilar.

.....kristalni tutib turuvchiga payvandlangan germaniy kristali, ingichka sim ko`rinishidagi kontakt elektrod va shisha idishdan (ballon).
Impuls nuqtaviy diodi;
Nuqtaviy diod;
To`g`rilagich diod;
Yassi diod.

Shotki diodlari metall va yarimo`tkazgich orasidagikontakt asosida tayyorlanadi.
to`g`rilovchi;
pasaytiruvchi;
p-n-;
omik;

Stabilitronning asosiy materiali
kremniy;
germaniy;
galliy;
rux.

Stabilitronning asosiy parametri stabilanish kuchlanishi V_{st} . Stabilanish kuchlanishi teshilish kuchlanishiyokibog`liq.
p-n- o`kish qaliligiga, diod bazasi solishtirma qarshiligiga;
p-n- o`kish qaliligiga;
diod bazasi solishtirma qarshiligiga;
p-n- o`kish sirtiga.

Past voltli stabilitronlar kuchli legirlangan asosida tayyorlanadi.
kremniy;
germaniy;
galliy;
rux.

.....yarimo`tkazgich diod bo`lib, undagi kuchlanish berilgan diapazondagi to`g`ri tokka kuchsiz bog`liq, bu sohada u kuchlanishni stabillaydi (muqimlaydi).
Stabistor;
Termostabilitron;
Termistor;
Barcha javoblar to`g`ri.

.....o`ta yuqori takroriylikli (O`YuT) tebranishlar uchungina manfiy differensial qarshilikka (MDQ) ega.
Ko`chkili uchma diodlar;
Yassi diodlar;
Impulsi diodlar;
Nuqtaviy diodlar.

Tarkibida p-n- o`kish bo`lmagan, o`ta yuqori chastotalarni generatsiyalash va o`zgartirish (0,1-100 GGs diapazonida) uchun xizmat qiladigan yarimo`tkazgichli diodga deyiladi.
Gann diodlari (generatori);
Shotki diodlari;
Ko`chkili uchma diodlar;
Varikaplar.

Yuqori takroriyliklarda takroriylik o`sgan sari varikapning aslligi boradi.
kamayib;
Ortib;
Ko`tarilib;
O`zgarmaydi.

Diodning VAX ini hisoblashda ko`p hollarda bazadagie`tiborga olinmaydi, $\rho = e(p + N_d - n) = 0$, bu bazaning kvazineytrallik sharti deyiladi.
hajmiy zaryad;
Ko`chki;
Zaryad zichligi;
Dinamik muvozanat.

.....asboblarda yorug`lik nuri elektr energiyasiga aylantirilsa optoelektron asboblarda unga qo`shimcha ravishda yoki mustaqil elektr energiya optik nurlanishga aylantiriladi.
Fotoelektrik;
Yarimo`tkazgich nurlantirgichlar;
Optojuftlar;
Optoelektron integral mikrosxemalar.

..... bu yarimo`tkazgich qarshiligining yorug`lik ta`sirida o`zgarishi effektiga asoslangan yarimo`tkazgichli asbobdir.
Fotorezistor;
Termistorlar;
Bolometrlar;
Pozistorlar.

Fotorezistorning kuchaytirish koeffisienti:
$K_f = \tau_n \mu_n E / \ell = \tau_n / t_{uchib\ o'tish\ vaqti}$;
$K_f = 2\tau_n \mu_n E / \ell = \tau_n / t_{uchib\ o'tish\ vaqti}$;
$K_f = 3\tau_n \mu_n E / \ell = \tau_n / t_{uchib\ o'tish\ vaqti}$;
$K_f = 5\tau_n \mu_n E / \ell = \tau_n / t_{uchib\ o'tish\ vaqti}$.

Yoritilgan va yoritilmagan sirtlar orasida potentsiallar farqi hosil bo`ladi. Dember e.yu.k. deb yuritiladigan bu potentsiallar farqi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:
$U = (kT/q) \cdot (b-1/b+1) \ln[1 + (b+1)\Delta n/bn+p]$;
$U = (kT/q) \cdot (b-1/b+1) \ln[1 - (b+1)\Delta n/bn+p]$;
$U = (kT/q) \cdot (b+1/b+1) \ln[1 + (b+1)\Delta n/bn+p]$;
$U = (kT/q) \cdot (b-1/b+1) \ln[1 + (b+1)\Delta n/bn-p]$;

.....effekti magnit maydonda joylashgan yarimo`tkazgich namuna yoritilganda foto e.yu.k. ning hosil bo`lishidan iboratdir.
Fotomagnetik yoki Kikoin-Noskov;
Dember;
Shotki;
Gann.

Teskari toki yoritilishga bog'liq bo'lgan diodni deyiladi.
Fotodiod;
Fotorezistor;
Fototermistor;
Fotojuft.

Tranzistor so'zi inglizcha "transfer-resistor" so'zlaridan kelib chiqqan, udegan ma'noni anglatadi. Hozirda tranzistorlarning bir necha turlari ishlab chiqariladi: qo'shqutbiy tranzistor, metal oksid yarimo'tkazgich (MOYA) transistor, fototranzistor va h.k.
qarshilikni o'zgartiruvchi;
zaryad zichligini;
p-n- qatlam tokini;
p-n- qatlam kuchlanishini;

Emitter o'tish chegarasi $x = 0$ da kovaklar zichligi: (p_n bazadagi kovaklar muvozanatliq zichligi)
$p(0) = p_n \exp(eV_e/kT)$;
$p(0) = 2p_n \exp(eV_e/kT)$;
$p(0) = 3p_n \exp(eV_e/kT)$;
$p(0) = 5p_n \exp(eV_e/kT)$.

Umumiy emitterli sxemada chiqish kuchlanishi $U_k = U_k + U_e$, lekin hamma holda $ U_k + U_e $ bo'lganligi tufayli kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti amalda ikkala holda
ham birday;
ham har xil;
ham o'zgarmas;
takroriy o'suvchi.

Kontaktlardan oqayotgan tok va namunaga tushayotgan kuchlanish orqali to'la qarshilik topiladi:
$R = U/I = \rho l/S$;
$R = U/I = 1 + \rho l/S$;
$R = U/I = 1 - \rho l/S$;
$R = U/I = 2\rho l/S$.

Namunadagi tok zichligi:
$J = E/\rho + \epsilon \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$;

$J = E/\rho - \epsilon\epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t};$
$J = 2E/\rho + \epsilon\epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t};$
$J = E/\rho + 3\epsilon\epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}.$

Sig`im toki namuna solishtirma qarshiligini aniqlashda
xatolikka olib keladi;
ta`sir ko`rsatmaydi;
nisbiy xatolikka olib keladi;
absolyut xatolikka olib keladi.

Namunadagi qutblanish hodisalari kontaktlar orasidagi kuchlanishning tushuvi o`zgarmas bo`lganda o`tkazuvchanlik tokiningga olib keladi.
o`zgarishi;
keskin ortishiga;
keskin kamayishiga;
o`zgarmasligi.

Qutblanish hodisalari mavjud bo`lganda solishtirma qarshilikni o`lchashda manbalaridan foydalaniladi.
impuls tok;
doimiy tok;
galvanik tok;
filtrli tok.

Namunadan impuls kuchlanishi o`tayotganda tokning o`rtacha qiymati:
$\bar{I} = I_u \frac{\tau_p}{T};$
$\bar{I} = 2I_u \frac{\tau_p}{T};$
$\bar{I} = 3I_u \frac{\tau_p}{T};$
$\bar{I} = 5I_u \frac{\tau_p}{T}.$

..... namuna qarshiligini kamaytiradi, sirtida tokning ko`p oqishiga, sirt solishtirma qarshiligining kichiklashishiga olib keladi.
Sirt sirqish toki;
Hajmiy tok;
O`zgarmas tok;
Impulsi tok.

Yarimo`tkazgich namuna solishtirma qarshiligini ikki zondli usulda aniqlashda zondlar qanday materiallardan yasaladi?
Barcha javoblar to`g`ri;
O`tkir uchli qattiq metal – volfram, osmiy, molibden;
Qotishmalardan yasalgan simlar;
Karbid, volfram va VK.

Yarimo`tkazgich namuna solishtirma qarshiligini ikki zondli usulda aniqlashda (U kompensatsiya usulida o`lchanganda) o`lchash xatoligi:
$\Delta\rho/\rho = i_{r, \min}(R_{z1} + R_{z2} + R_g)/IR;$
$\Delta\rho/\rho = i_{r, \min}(R_{z1} - R_{z2} + R_g)/IR;$
$\Delta\rho/\rho = i_{r, \min}(R_{z1} + R_{z2} - R_g)/IR;$
$\Delta\rho/2\rho = i_{r, \min}(R_{z1} + R_{z2} + R_g)/IR.$

Zondlar qarshiligi solishtirma qarshilik natijalariga ta`sir ko`rsatmasligi uchun ularning qarshiligi yi`indisibo`lishi kerak.
$R_{z1} + R_{z2} < <R + R_g;$
$R_{z1} - R_{z2} < <R + R_g;$
$R_{z1} + R_{z2} < <R - R_g;$
$R_{z1} + R_{z2} = R + R_g.$

Yarimo`tkazgich namuna solishtirma qarshiligini ikki zondli usulda aniqlashda qanday shartda nisbiy xatolik minimumga ega bo`ladi?
$R_{z1} + R_{z2} < <R;$
$R_{z1} - R_{z2} < <R;$
$R_{z1} / R_{z2} < <R;$
$R_{z1} + 2R_{z2} < <R.$

Yuqori Omli namunalarda solishtirma qarshilikni o`lchashda ishlatiladi.
elektrometr;
galvanometer;
potesiometr;
indikator.

Yarimo`tkazgich namuna solishtirma qarshiligi ρ ni ikki zondli usulda samarali o`lchashda foydasiz signallarni kamaytirish maqsadida ishlatiladi.
ikkita potensimetr va ikkita nul indikator;
birta potensimetr va ikkita nul indikator;
ikkita potensimetr va birta nul indikator;
birta potensimetr va birta nul indikator;

Yarimo`tkazgich namuna solishtirma qarshiligi ρ ni bir zondli usulda formula bilan aniqlanadi.
$\rho = S/I \cdot U(X_{z1}) - (U(X_{z2})/X_{z1} - X_{z2});$
$\rho = S/I \cdot U(X_{z1}) + (U(X_{z2})/X_{z1} - X_{z2});$
$\rho = S/I \cdot U(X_{z1}) - (U(X_{z2})/X_{z1} + X_{z2});$
$\rho = S/I \cdot U(X_{z1}) + (U(X_{z2})/X_{z1} - X_{z2}).$

Yarimo`tkazgich namuna solishtirma qarshiligi ρ ni bir zondli usulda aniqlashda o`lchashning quyi chegarasi uning qizishi bilan cheklangan va u Om·sm tartibidadir.
0,005;
0,001;
0,002;
0,003.

Yarimo`tkazgich namuna solishtirma qarshiligi ρ niusulda aniqlashda qo`zg`aluvchan zond sifatida qattiq materiallar (masalan, karbid-kremniy) simlari hamda diametri 2 mm li dumalaydigan po`lat shardan yasalgan zond manipulyatori ishlatiladi.
bir zondli;
ikki zondli;
uch zondli;
to`rt zondli.

Yarimo`tkazgich namuna solishtirma qarshiligi ρ ni to`rt zondli usulda aniqlash afzalliklariga quyidagilar kiradi:
Barcha javoblar birgalikda to`g`ri;
O`lchash uchun namunalarga Om kontaktlarini olish talab etilmasligi;
Bir tomoni yassi tekislikdan iborat shakli va o`lchamlari har xil bo`lgan hajmiy yarimo`tkazgich namunalarini hamda ko`p qavatli strukturalarda epitaksial, diffuzion qatlam solishtirma qarshiliklarini o`lchash mumkinligi;
O`lchash (metrologik) ko`rsatkichining yuqoriligi.

Yarimo`tkazgich namuna solishtirma qarshiligi ρ ni to`rt zondli usul bilan hajmiy monokristallarda, plastinka (taxtasimon) namunalarida solishtirma qarshilikni oraliqda, epitaksial, diffuzion sirt qarshiligini oraliqda o`lchash mumkin.
$10^{-4} - 10^3$ Om·sm, $1 - 5 \cdot 10^5$ Om;
$10^{-4} - 100$ Om·sm, $1 - 5 \cdot 10^5$ Om;
$10^{-4} - 1000$ Om·sm, $1 - 5 \cdot 10^5$ Om;

$10^{-4} - 10^3 \text{ Om}\cdot\text{sm}$, $0,1 - 5\cdot 10^5 \text{ Om}$.

Yarimo`tkazgich namuna solishtirma qarshiligi ρ ni to`rt zondli usul nazariyasi yaratilgan bolib, yarimo`tkazgich va zondni kichik yuzasi bilan kontaktlashgan nuqtasidan tokning yarimo`tkazgichda tarqalishiga asoslangan.

Valdes tomonidan 1954 yilda;

Amerikalik Dj. Bardin tomonidan 1947 yilda;

Amerikalik U. Bretteyn tomonidan 1947 yilda;

Maykl Faradey tomonidan 1833 yilda.

Yarimo`tkazgich namuna solishtirma qarshiligi ρ ni to`rt zondli usul bilan aniqlashda zondlar orasidagi masofalar bir biriga teng ($S_1 = S_2 = S_3 = S$) bo`lganda solishtirma qarshilik ρ uchun quyidagi ifoda o`rinli:

$$\rho = U_{23}/I_{14} \cdot 2\pi S;$$

$$\rho = U_{23}/I_{14} + 2\pi S;$$

$$\rho = U_{23}/I_{14} - 2\pi S;$$

$$\rho = U_{23}/I_{14} \cdot 3\pi S.$$

Yarim cheksiz namunalarda potensialning taqsimoti, ya`ni potensialning (r) masofaga bog`liqligi sferik koordinatalar sistemasida ifodalangan Laplas tenglamasi echimidan topiladi.

$$\varphi(r) = - C_1/r + A;$$

$$\varphi(r) = C_1/r + A;$$

$$\varphi(r) = - C_1/r - A;$$

$$\varphi(r) = - 2C_1/r + A.$$

Yarimo`tkazgich namuna solishtirma qarshiligi ρ ni to`rt zondli usul bilan o`lchash shartlaridan qaysi biri to`g`ri?

Barcha javoblar birgalikda to`g`ri;

1. O`lchov bir jinsli namunaning yassi tekis sirtida bajarilishi kerak;
2. Kontakt orqali asosiy bo`lmagan zaryad tashuvchilarning injesiyasi bo`lmasligi kerak. Bu sirt rekombinatsiya tezligi katta bo`lgan namunalarda kuzatiladi, bu sirtga ma`lum ishlov berish bilan erishiladi.

1. Tokning sirt bo`yicha sirqishi (oqishi) bo`lmasligi kerak;
2. Zondlar namuna sirti bilan nuqtada kontaktlashgan bo`lishi va bir chiziqda yotishi kerak.

1. Tok o`tkazuvchi zondlar bilan yarimo`tkazgich namuna sirti chegarasida zondlar kichik radiusli yarimshar ko`rinishida bo`lishi kerak.
2. Zondlarni namuna sirti bilan kontaktlashgan yuzasining diametri zondlar orasidagi masofadan juda kichik bo`lishi kerak ($D_k \ll S$).

Yarimcheksiz namunalar uchun ($a, b, d \gg S$) ya'ni, namuna o'lchamlari zondlar orasidagi masofadan juda katta bo'lganda solishtirma qarshilik:..... formula bilan hisoblanadi.
$\rho = U_{34}/I_{12} \cdot (2\pi S/2-\sqrt{2});$
$\rho = U_{34}/I_{12} \cdot (2\pi S/2+\sqrt{2});$
$\rho = U_{34}/I_{12} + (2\pi S/2-\sqrt{2});$
$\rho = U_{34}/I_{12} \cdot I_{34}(2\pi S/2-\sqrt{2}).$

Bir jinsli namunalarning hajmiy solishtirma qarshiligi, uning solishtirma o'tkazuvchanligi bilan aniqlanadi: $\rho = \rho_n d; \sigma = \sigma_n/d$, bu formula bilan aniqlangan kattalik, solishtirma o'tkazuvchanlikning qalinlik bo'yichaqiymatini beradi.
o'rtalashgan;
eng katta;
eng kichik;
0 ga yaqin.

To'rt zondli usulstrukturalarda, ya'ni taglikning solishtirma qarshiligi epitaksial qatlamnikidan kamida 100 marta katta bo'lgan hollarda turidagi strukturalarda solishtirma qarshilikni aniqlashda qo'llanilishi mumkin.
p+p, n+n; p-n, n-p;
p+p, n+n; p+n, n-p;
p+p, n+n; p-n, n+p;
p-p, n+n; p-n, n-p.

To'rt zondli usul bilan o'lchashdagi xatoliklar solishtirma qarshilikni o'lchashning fizik modelining nazariyada qabul qilingan modelidan farqli bo'lishi formulaga kirgan kattaliklarni o'lchash, o'lchash sharti va tartibiga bo'liq bo'lgan,xatoliklar orqali aniqlanadi.
tasodifiy, muntazam;
nisbiy, muntazam;
tasodifiy, absolyut;
nisbiy, absolyut.

To'rt zondli usul bilan o'lchashdagi xatoliklar manbalarini ko'rsating:
Barcha javoblar birgalikda to'g'ri;
Zond kontakti yuzasining kiritgan xatoligi;
Zondlar orasidagi masofaning takrorlanmasligi bilan bog'liq xatolik;
Kuchlanishni o'lchashdagi xatolik;
Tokning kiritgan xatoligi;
Kontakt qarshiligi bilan bo'liq xatolik;
Solishtirma qarshilikning temperaturaga bog'liqligi;
Ikki qatlamli strukturalarda ρ ni o'lchashda uchraydigan xatoliklar;

Izolyatsiyalovchi p-n o'tish orqali tok o'tishdagi xatolik;
Zondlarga qo'yilgan bosim kuchining kiritgan xatoligi.

Istalgan geometrik shaklga ega bo'lgan plastina ko'rinishidagi yarimo'tkazgichli namunalarning solishtirma qarshiligini to'rt zondli usulning bir ko'rinishi bo'lgan usuli bilan o'lchash mumkin.

- Van-der-Pau;
- Stoks;
- Dj. Bardin;
- Valdes.

Yarimo'tkazgichli namunalarning solishtirma qarshiligini o'lchashning to'rt zondli usulning bir ko'rinishi bo'lgan Van-der-Pau usulida ρ quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\rho = \pi d / \ln 2 \cdot (R_1 + R_2 / 2) \cdot f(R_1 / R_2);$$
$$\rho = 3 \pi d / \ln 2 \cdot (R_1 + R_2 / 2) \cdot f(R_1 / R_2);$$
$$\rho = \pi d / \ln 2 \cdot (R_1 + R_2 / 2) \cdot 2 f(R_1 / R_2);$$
$$\rho = 5 \pi d / \ln 2 \cdot (R_1 + R_2 / 2) \cdot f(R_1 / R_2).$$

Van-der-Pau usulida ρ ni aniqlashda $\rho = \pi d / \ln 2 \cdot (R_1 + R_2 / 2) \cdot f(R_1 / R_2)$ formuladagi $f(R_1 / R_2)$ had;

- Qarshiliklar nisbatiga bog'liq bo'lgan tuzatish funktsiyasi;
- Qarshiliklar nisbatiga bog'liq bo'lgan Van-der-Pau koeffitsiyenti;
- Qarshiliklar nisbatiga bog'liq bo'lgan ko'paytma;
- To'g'ri javob yo'q.

Van-der-Pau usulining nazariyasi nazariyasiga asoslangan.

- konform akslantirish;
- simmetrik konform akslantirish;
- yarimcheksiz yassi tekislikda akslantirish;
- yarimcheksiz yassi plastina tekisligida akslantirish.

Solishtirma qarshilikni Van-der-Pau usuli bilan o'lchashdagi xatolik kontakt yuzasining bilan ortib boradi.

- kattalashishi;
- kichiklashishi;
- qalinligi;
- yupqaligi.

Solishtirma qarshilikni Van-der-Pau usuli bilan o`lchashdagi doira, kvadrat, to`g`ri to`rtburchak shaklidagi qalinligi $d = 80 \div 1000$ mkm, solishtirma qarshiligi $\rho = 10^{-2} \div 100$ Om · sm oraliqda bo`lgan plastinkalarning solishtirma qarshiligini o`lchaydigan avtomatik qurilma namunalarnixatolik bilan ... ta guruhga ajratadi.
4%, 10;
3%, 15;
5%, 7;
7%, 15.

Solishtirma qarshilikni nuqtaviy kontaktning tarqalgan (yoyilgan) qarshilik usuli bilan aniqlash yarimcheksiz yarimo`tkazgich namunalaridan nuqtaviy zond kontakti orqali tok o`tganda hosil qilganasoslangan.
potensialning taqsimlanishiga;
tokning taqsimlanishiga;
kuchlanish taqsimlanishiga;
qarshilik taqsimlanishiga.

Solishtirma qarshilikni nuqtaviy kontaktning tarqalgan (yoyilgan) qarshilik usuli bilan aniqlashda yassi kontaktning yarimcheksiz namunalarda elektr potensialining taqsimlanishi Laplas tenglamasi orqali aniqlanadi. Bunday struktura (tuzilma) ning tarqalgan qarshiligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:
$R_p = \rho/4r_0$;
$R_p = \rho/2r_0$;
$R_p = \rho/3r_0$;
$R_p = \rho/5r_0$.

Solishtirma qarshilikni nuqtaviy kontaktning tarqalgan (yoyilgan) qarshilik usuli bilan aniqlashda agar namunada potensialning taqsimlanishi ma`lum bo`lsa, u holda,
$R_p = U_{12}/2I_{12} - U(S)/I_{12}$;
$R_p = U_{12}/2I_{12} + U(S)/I_{12}$;
$R_p = U_{12}/2I_{12} \cdot U(S)/I_{12}$;
$R_p = U_{12}/2I_{12} - 2U(S)/I_{12}$.

$R_p = U_{12}/2I_{12} - U(S)/I_{12}$ formulada $U(S)/I_{12}$:
barer qarshiligi;
barer balandligi;
barer chuqurligi;
barer bosimi.

Tarqalgan qarshilikni kichik toklarda (.....), kichik kuchlanishlarda (.....) o`lchash bilan yuqorida qayd etilgan ba`zi bir hodisalarning salbiy ta`sirini kamaytirish – minimumga keltirish mumkin.
$10^{-7} \div 10^{-2}$ A, $U = kT/e$;
$10^{-9} \div 10^{-2}$ A, $U = kT/e$;
$10^{-7} \div 10^2$ A, $U = kT/e$;
$10^{-11} \div 10^2$ A, $U = kT/e$.

Solishtirma qarshiligi $0,08 \leq \rho \leq 4$ Om·sm bo`lgan n- tip kremniy namunalar bilan volfram zondi hosil qilgan nuqtaviy diodda teshilish kuchlanishi quyidagi ko`rinishda hisoblanadi:
$U_{\text{tesh}} = 92 \rho^{0,57}$;
$U_{\text{tesh}} = 93 \rho^{0,57}$;
$U_{\text{tesh}} = 95 \rho^{0,57}$;
$U_{\text{tesh}} = 97 \rho^{0,57}$.

Solishtirma qarshilikni nuqtaviy kontaktning tarqalgan (yoyilgan) qarshilik usuli bilan aniqlashdagi asosiy xatoliklari -xatoliklar bilan aniqlanadi.
teshilish kuchlanishini o`lchashdagi, etalon hamda tekshiriladigan namunalar sirtining ishlovi bir xil bo`lmasligidan hosil bo`lgan;
teshilish kuchlanishini o`lchashdagi;
etalon hamda tekshiriladigan namunalar sirtining ishlovi bir xil bo`lmasligidan hosil bo`lgan;
to`g`ri javob yo`q.

Solishtirma qarshilikni metall-yarimo`tkazgich nuqtaviy kontaktining teshilish kuchlanishi bo`yicha o`lchash usuli statistik tekshirishlardan ma`lum bo`lishicha, usulning tasodifiy xatoligi ishonch ehtimolligi bo`lganda solishtirma qarshiligi $\rho = 0,1$ Om·sm namunalarda 54%, $\rho = 1,0$ Om·sm uchun 40%, $\rho = 5$ Om·sm uchun esa 70% ga teng.
0,95%;
1,95%;
2,95%;
3,95%.

Erkin zaryad tashuvchilar (elektronlar, kovaklar) konsentratsiyasi (n,p) ni va harakatchanlik (μ_n, μ_p) ni o`lchashning bir qancha usullari mavjud. U yoki bu usulning qo`llanilishi ularning metrologik xarakteristikasiga, o`lchanayotgan parametrlarni tushuntirish ma`lumotlarga boyligi, o`lchash usullarining fizik asoslari, namunaning elektrofizik xossalari, geometrik shakli va o`lchamlariga bog`liq.
--

metrologik xarakteristikasiga, o`lchanayotgan parametrlarni tushuntirish ma`lumotlarga boyligi, o`lchash usullarining fizik asoslari, namunaning elektrofizik xossalari, geometrik shakli va o`lchamlariga;
o`lchanayotgan parametrlarni tushuntirish ma`lumotlarga boyligi, o`lchash usullarining fizik asoslari, namunaning elektrofizik xossalari, geometrik shakli va o`lchamlariga;
metrologik xarakteristikasiga, o`lchash usullarining fizik asoslari, namunaning elektrofizik xossalari, geometrik shakli va o`lchamlariga;
metrologik xarakteristikasiga, o`lchanayotgan parametrlarni tushuntirish ma`lumotlarga boyligi, o`lchash usullarining fizik asoslariga.

..... yarimo`tkazgich namunalarda ularga elektr va magnit maydonlarining bir vaqtdagi ta`siridan vujudga keladi.
Xoll effekti;
Pezoelektrik effekt;
Van-der-Pau effekti;
Dj. Bardin effekti;

Parallelepiped shaklidagi namunada elektron va kovaklarning dreyf tezliklarining yo`nalishi va zaryad ishoralari har xil bo`lgani uchun ular namunaning faqat bir tomoniga og`adi. Namunada X o`qiga perpendikulyar Y o`qi yo`nalishida ko`ndalang yo`nalishida tok paydo bo`ladi.
$I_y = I_{ny} + I_{py}$;
$I_y = I_{ny} - I_{py}$;
$I_y = 1 + (I_{ny} + I_{py})$;
$I_y = 1/(I_{ny} + I_{py})$.

O`tkazuvchanlikda ikki xil zaryad tashuvchilar: elektronlar va kovaklar qatnashsa, Xoll doimiysi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:
$R_H = r_n \mu_n^2 n - r_p \mu_p^2 / (e n \mu_n + e p \mu_p)^2$;
$R_H = r_n \mu_n^2 n - r_p \mu_p^2 / (e n \mu_n + e p \mu_p)^3$;
$R_H = r_n \mu_n^2 n - r_p \mu_p^2 / 2(e n \mu_n + e p \mu_p)^2$;
$R_H = r_n \mu_n^2 n + r_p \mu_p^2 / (e n \mu_n + e p \mu_p)^2$.

Xoll zondlari orasidagi potentsiallar ayirmasi, ya`ni Xoll kuchlanishi tushuvi:
$U_H = R_H I_x B_z / d$;
$U_H = R_H I_x B_z / 2d$;
$U_H = 3R_H I_x B_z / d$;
$U_H = R_H I_x B_z / 3d$.

SI birliklar sistemasida Xoll doimiysining birligi:
$[R_H][m^3/KI]$;
$[R_H][m^2/KI]$;
$[R_H][m^{-2}/KI]$;
$[R_H][Am^3/KI]$.

Xoll effekti bilan bir vaqtda sodir bo`ladigan (hamroh) effektlar:
Ettengauzen effekti; Nernst - Ettengauzen effekti; Rigi-Ledyuk effekti; Ko`ndalang magnit qarshilik effekti; Xoll zondlarining noekvipotensial sirtlarda joylanishi;
Nernst - Ettengauzen effekti; Rigi-Ledyuk effekti; Ko`ndalang magnit qarshilik effekti; Xoll zondlarining noekvipotensial sirtlarda joylanishi;
Ettengauzen effekti; Rigi-Ledyuk effekti; Ko`ndalang magnit qarshilik effekti; Xoll zondlarining noekvipotensial sirtlarda joylanishi;
Ettengauzen effekti; Nernst - Ettengauzen effekti; Ko`ndalang magnit qarshilik effekti; Xoll zondlarining noekvipotensial sirtlarda joylanishi.

O`zgarmas tok va o`zgarmas magnit maydoni yordamida Xoll kuchlanishini o`lchashda Xoll va Ettengauzen kuchlanishlarining ishoralari
bir xil;
har xil;
Qarama-qarshi;
90^0 li burchak ostida.

Namunadagi bo`ylama temperatura gradienti ishorasi tok yo`nalishiga bog`liq bo`lsa (masalan, Pelte effekti yoki barer tufayli), unda to`rtta o`lchov bilan faqat yo`qotish mumkin.
Xoll elektrodlarining noekvipotensial kuchlanishini;
Xoll elektrodlarining kuchlanishini;
Xoll elektrodlarining ekvipotensial kuchlanishini;
Barcha javoblar to`g`ri.

Issiqlik jarayonlarining inertsionligi sababli, namunadanbilan namunadagi temperatura gradienti va u bilan bog`liq bo`lgan Nernst, Rigi-Ledyuk effektlarining Xoll effektiga ta`sirini yo`qotish mumkin.
yuqori chastotali tok o`tkazish;
past chastotali tok o`tkazish;
o`ta yuqori chastotali tok o`tkazish;
to`g`ri javob yo`q.

Xoll o`lchov asboblari faqatelektr signalni o`lchaydi.
--

o`zgaruvchan;
o`zgarmas;
impulsi;
keraksiz (navodokni).

Namunaga qo`yilgan kuchlanishni va namunadan o`tayotgan tokni bilgan holda, kuchsiz magnit maydonida zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi va harakatchanligi quyidagi formulalardan aniqlanadi:
$I = \sigma \cdot (b \cdot d/a) \cdot U; I_H = (a/b) \cdot \mu_{nH} BI;$
$I = \sigma \cdot (b \cdot d/a) \cdot U; I_H = (a+b) \cdot \mu_{nH} BI;$
$I = \sigma \cdot (b \cdot d/a) \cdot U; I_H = (a-b) \cdot \mu_{nH} BI;$
$I = \sigma \cdot (b \cdot d/a) \cdot U; I_H = 3(a/b) \cdot \mu_{nH} BI.$

Ikki kontaktda ekvipotensiallik sharti:
$I_1 R_A \ll U;$
$I_1 R_A \ll U/2;$
$3I_1 R_A \ll U;$
$I_1 R_A \ll 2U.$

.....da n, μ_n ni o`lchashda qatlamning solishtirma qarshiligi kichik $n-n^+,$ yoki $p-p^+,$ yoki $p-n$ tipidagibo`lishi kerak.
Epitaksial strukturalar;
Oddiy strukturalar;
Qarshilikli strukturalar;
gomostrukturalar;

Xoll effektini o`lchashdagi muntazam (sistematik) xatoliklarga ta`sir etuvchi omillar:
Barchcha javoblar birgalikda to`g`ri;
Xoll kuchlanishining Xoll kontaktlari va tok elektrodleri orasidagi masofaga bog`liqligi;
Har bir yarimo`tkazgich uchun magnit maydonining kichiklik shartini qanoatlantiruvchi magnit maydon induksiyasining kattaligini bilish kerak;
Xoll effektini tavsiflaydigan asosiy nazariy formula va tushunchalar anizotrop bo`lgan yarimo`tkazgichlar uchun bajarilmaydi;
Xoll effektini tavsiflaydigan asosiy nazariy formula va tushunchalar faqat energiya zonalari aynimagan yarimo`tkazgichlar uchun hisoblangan;
Xoll faktori magnit maydonining induksiyasiga bog`liq;
Xoll effekti o`lchanayotgan namunaning yoritilishidan ba`zan paydo bo`ladigan fotoo`tkazuvchanlik, foto E.Yu.K. xatolikka olib kelishi mumkin.

Magnit maydonida namuna qarshiligining ortishigadeyiladi.
fizikaviy magnit qarshilik effekti;
fizikaviy qarshilik effekti;
magnetik effekt;
to`g`ri javob yo`q.

magnito solishtirma o`tkazuvchanlik ifoda bilan aniqlanadi.
$\sigma(B) = e\mu_n n(1 - \beta B^2 \mu_n^2)$;
$\sigma(B) = e\mu_n n(1 + \beta B^2 \mu_n^2)$;
$\sigma(B) = e\mu_n n(1/\beta B^2 \mu_n^2)$;
$\sigma(B) = 3e\mu_n n(1 - \beta B^2 \mu_n^2)$.

Korbino doirasi (disk) da magnitoqarshilik bo`yicha harakatchanlik ifoda orqali aniqlanadi.
$\mu_{nH} = 1/B \sqrt{\frac{\Delta R(B)}{R(0)}}$;
$\mu_{nH} = 2/B \sqrt{\frac{\Delta R(B)}{R(0)}}$;
$\mu_{nH} = 3/B \sqrt{\frac{\Delta R(B)}{R(0)}}$;
$\mu_{nH} = 5/B \sqrt{\frac{\Delta R(B)}{R(0)}}$.

Optik asboblarda elektr maydon kuchlanganligi amplitudasi kvadratiga proporsional bo`lgano`lchanadi.
yorug`lik intensivligi (I_v);
yorug`lik bosimi (P_v);
yorug`lik oqimi (Φ_v);
to`g`ri javob yo`q.

Optik asboblarda elektr maydon kuchlanganligi amplitudasi kvadratiga proporsional bo`lgan yorug`lik intensivligi I_vifodadan aniqlanadi.
$I_v = E_{v0}^2 e^{-2\omega\chi\zeta/c}$;
$I_v = 2E_{v0}^2 e^{-2\omega\chi\zeta/c}$;
$I_v = 3E_{v0}^2 e^{-2\omega\chi\zeta/c}$;
$I_v = 5E_{v0}^2 e^{-2\omega\chi\zeta/c}$.

$I_v = I_0 e^{\alpha\zeta}$ ifodaga qonuni deyiladi.
--

Buger-Lambert;
Buger;
Lambert;
To`g`ri javob yo`q.

Elektromagnit to`lqinlarining to`lqin uzunligi $\lambda = 0,2 \div 100$ mkm sohasida yarimo`tkazgichlar kuchsiz magnit xossalariga ega bo`lib, magnit singdiruvchanligi
birga yaqin bo`ladi ($\mu \approx 1$);
$\mu \approx 2$ ga yaqin bo`ladi;
asboblarda sezilmaydi;
to`g`ri javob yo`q.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга курамиз. -Т.: Ўзбекистон, 2017. 488-б.
2. Зайнобидинов С., Тешабоев А.Т. Яримўтказгичлар физикаси. Т.: «Ўқитувчи», 1999.
3. Тешабоев А.Т., Зайнобидинов С., Эрматов Ш. Қаттик жисм физикаси. Т.:«Молия», 2001.
4. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М. Энергия. 1976.
5. Фистуль В.И. Введение в физику полупроводников. М. Высшая школа. 1984 г.
6. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М. Наука. 1990 г.
7. Власов С.И. Физика полупроводниковых приборов. Т.: НУУз, 2006.
8. Власов С.И., Маматкаримов О.О. Транзисторлар. Т.: УзМУ, 2004 й.
9. Маматкаримов О.О., Власов С.И., Назиров Д.Э. «Яримўтказгич материаллар ва асбоблар физикаси практикуми». Т.: ЎзМУ, 2007 й.
10. Hubert Kaeslin Digital Integrated Circuit Design Cambridge University Press, 2008 у.
11. S. M. Sze and Kwok K. Ng. Physics of Semiconductor devices, Wiley, 2007.
12. Charles Kittel, Introduction to Solid State Physics, Wiley, 2005.
13. <https://fayllar.org/mavzu-test-turlari-reja-v2.html>
14. www.maik.ru/cgi-bin/list.pl?page=neorgmat
15. www.ioffe.rssi.ru/iournals/ftp/