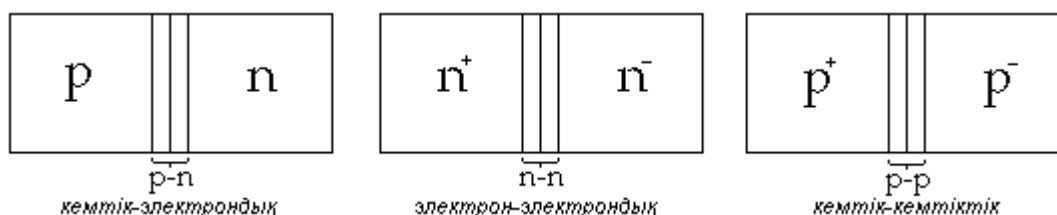


### 3 ЖАРТЫЛАЙӨТКІЗГІШ МАТЕРИАЛДАРДАҒЫ ЭЛЕКТРЛІК АУЫСУЛАР

Жартылайөткізгіш материалдарда арнайы электрлік қасиеттері әртүрлі аймақтар жасалады. Жартылайөткізгіштердің осындай электрлік қасиеттері әртүрлі аймақтарының түйіскен тұсындағы қабат электрлік ауысу деп аталады. Жартылайөткізгіштік материалдардың аймақтарының арасында болатын ауысу түрлері 1 суретте келтірілген.



1 Сурет – Материалдардағы ауысу түрлері

Металлдық-жартылайөткізгіштік. Металлдан және жартылайөткізгіштен электронның шығу жұмысы шамасының қатынастарына қарай ( $A_{Me} > < A_{ж/ө}$ ) металл-жартылайөткізгіш шекарасында екі түрлі ауысу болады:

Омдық контакт – берілген кернеудің бағытына тәуелсіз және төмен кедергілі ауысу қабаты. Электр сигналдарын жартылайөткізгіштерге өткізу үшін омдық өткізгіш ретінде қолданылады.

Түзеткіш контакт – бірбағытты өткізгіштікке ие электрлік ауысу, Шоттки диодтарында қолданылады [5].

#### 3.1 p-n-ауысу (Электрондық-кемтіктік ауысу)

Әртүрлі типті екі жартылайөткізгіштерді механикалық контактіге келтіру арқылы p-n-ауысуды алу мүмкін емес, оған себеп:

- біріншіден, жартылайөткізгіштердің беткі қабатын жақсы диэлектрик болатын тотық басып жатады;

- екіншіден, екі жартылайөткізгіштердің арасында әрқашан атомаралық қашықтықтан қалың ауа қабаты болады.

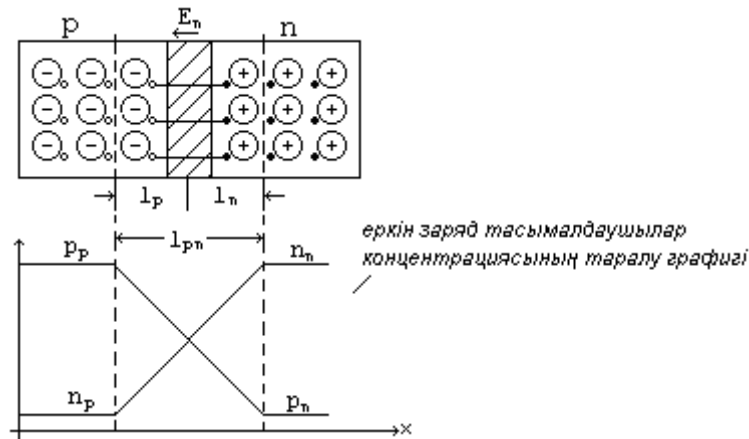
Сондықтан, p-n-ауысу басқа тәсілмен алынады. Олардың негізгілері:

1. Құйма әдісі (жартылайөткізгіш пластинасына қажет қоспасы бар металл немесе құйма балқытылып құйылады).

2. Диффузиялық әдіс.

#### 3.2 Тепе-теңдік күйдегі p-n-ауысуды алу

2 суретте тепе-теңдік күйдегі p-n-ауысудағы үрдістер моделі келтірілген.



2 Сурет – p-n-ауысудың тепе-теңдік күйі [6]

p және n аймақтардың шекарасында еркін заряд тасымалдаушылардың концентрациясының градиенті орын алған. Диффузия әсерінен n аймақтағы электронадар n аймаққа ауысып ондағы кемтіктермен рекомбинацияға ұшырайды (өзара жойылады). Кетіктер керісінше, p аймақтан n аймаққа ауысып электрдармен рекомбинацияға ұшырайды. Нәтижесінде p аймақта шекараға жақын ауданда осы аймаққа өтіп кеткен электрондардың теңгерілмеген артық теріс заряды пайда болады. Керісінше, n аймақтың шекараға жақын аумағында осы аймаққа ауысқан кемтіктердің теңгерілмеген оң заряды пайда болады. Зарядтар арасында « $\phi_k$ » потенциалдар айырымы және кернеулігі  $E_k$  электр өрісі пайда болады. Бұл өріс еркін заряд тасымалдаушыларының (электрондар мен кемтіктердің) p және n аймақтарының терең аудандарынан p-n-ауысудан әрі қарай ауыса беруіне (диффузиясына) бөгет болады. p-n аймақтардың шекарасындағы еркін заряд тасымалдаушылары кеміп қалған (кедейленген) аймақ p-n-ауысу деп аталады. Егер сырттан p-n-ауысуға ешқандай кернеу берілмеген болса, онда p-n-ауысу арқылы бір біріне қарама қарсы тектері екі түрлі зарядтар ағыны (екі түрлі ток) қозғалады, және олар тепе-теңдік ағындар болып табылады. Біріншісі – диффузиялық ток, концентрациялар айырым әсерінен пайда болады. Екіншісі – дрейфтік ток, диффузиялық ток әсерінен пайда болған потенциалдар айырымы еркін заряд тасымалдаушыларды қозғалысқа келтіреді, тек ол токтың бағыты диффузиялық ток бағытына қарама-қарсы болады. Сонымен сырттан кернеу берілмесе, бұл екі ток өзара бірін-бірі теңгереді де p-n-ауысудағы нәтижелік ток нөлге тең болады.

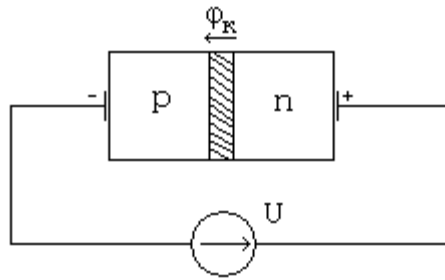
$$I_{pn} = I_{\text{диф}} + I_{\text{др}} = 0$$

Бұл қатынас p-n-ауысудағы токтардың динамикалық тепе-теңдік шарты деп аталады.

### 3.3 Сыртқы кернеу бар кездегі p-n-ауысу

p-n-ауысуға сырттан кернеу берілгенде ондағы токтардың динамикалық тепе-теңдігі бұзылады да p-n-ауысу тепе-теңдік емес болады.

1) p-n-ауысудың p-аймағына сыртқы кернеу көзінің «-» полюсі және n-аймағына «+» полюсі берілген болса p-n-ауысу кері бағытта жылжытылған делінеді (3 сурет).

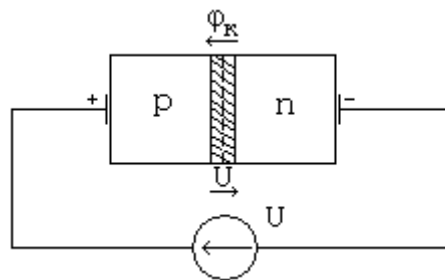


3 Сурет – p-n-ауысудағы кері жылжу

p-n-ауысудағы кернеу  $\phi_k$  потенциалымен бағыттас, ал қорытқы кернеу осы потенциал мен сыртқы кернеудің қосындысына тең:  $U_{pn} = U + \phi_k$ . Бұл жағдайда электр өрісінің  $E$  кернеулігі өседі де p-n-ауысудың ені кеңейеді. Диффузия үрдісі толығымен тоқтайды, ауысу арқылы  $I_0 = I_{pn} = I_{кері}$  кері ток жүреді. Бұл негізгі емес заряд тасымалдаушылардың  $I_0$  жылулық тогы, өйткені  $I_{диф}$  нөлге айналған. Жылулық токтың шамасы қоршаған орта температурасына тәуелді болады.

Кері ток негізгі емес тасымалдаушыларға байланысты болғандықтан (негізгі емес тасымалдаушылардың концентрациясы аз шама)  $I_0$  тогының мәні де аз шама болады.

2) p-n-ауысудың p-аймағына сыртқы кернеу көзінің «+» полюсі және n-аймағына «-» полюсі берілген болса p-n-ауысу тура бағытта жылжытылған делінеді (8 сурет).



4 Сурет – p-n-ауысудағы тура жылжу

Бұл жағдайда сыртқы кернеу  $\phi_k$  потенциалына қарама-қарсы бағытталады да, ауысудағы қорытқы кернеу олардың айырымына тең болады:  $U_{pn} = \phi_k - U$ , бұл ауысудағы электр өрісінің  $E$  кернеулігін әлсіретеді, ауысудың ені кішірейеді. Негізгі заряд тасымалдаушылардың диффузиясы қайтадан басталады. p-n-ауысуда  $I_{pn} = I_{тура} = I_{диф}$  тура ток жүреді, бұл негізгі заряд тасымалдаушылардың диффузиялық тогы.

Тура ток негізгі заряд тасымалдаушыларға байланысты болғандықтан (олардың концентрациясы жоғары болады) кернеу жоғарылағанда диффузиялық ток күрт жоғарылап үлкен мәндерге ие болуы мүмкін.

## ӘДЕБИЕТТЕР

1 Агаханян Т.М. Интегральные микросхемы: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 2015. – 464с., ил.

2 Аринова Н.В. Основы электроники: Рабочая программа, задания и методические указания к контрольным работам для студентов специальности 050716 «Приборостроение» заочной формы обучения. ВКГТУ. - Усть-Каменогорск, 2014. – 51с.

3 Бочаров Л.Н. и др. Расчет электронных устройств на транзисторах / Бочаров Л.Н., Жебряков С.К., Колесников И.Ф. – М.: Энергия, 2012. – 208с., ил. – (Массовая радиобиблиотека; Вып. 963).

4 Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. – М.: Высш. Школа, 2011. – 496 с., ил.

5 Герасимов В.Г., Князев О.М. и др. Основы промышленной электроники. – М.: Высшая школа, 2000.