

## 2 МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ЭЛЕКТРӨТКІЗГІШТІГІ

Электрөткізгіштік – материалдардың электр тогын өткізу қасиетін сипаттайды. Сандық шамасы жағынан ол: 1 – заттың меншікті өткізгіштігімен; 2 – еркін заряд тасымалдаушылар концентрациясымен ( $n$ ) бағаланады. Материалдарды электртогын өткізу қабілетіне қарай үш топқа бөлуге болады:

- диэлектриктер ( $n \approx 10^{12}$  эл/см<sup>3</sup>);
- жартылайөткізгіштер ( $10^{12} < n < 10^{16}$  эл/см<sup>3</sup>);
- өткізгіштер ( $n \approx 10^{19}$  эл/см<sup>3</sup>).

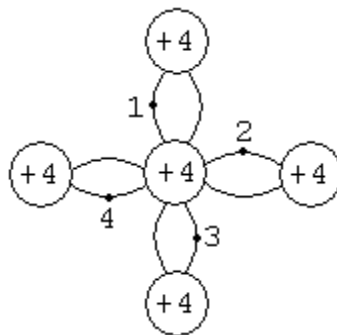
Диэлектриктер электр тогын мүлдем өткізбейді деп айтуға болады. Өткізгіштер электр тогын жақсы өткізеді. Жартылайөткізгіштер өткізгіштігі жағынан осылардың ортасында болады. Жартылайөткізгіштің құрылымы алмаздың кристаллдық торына ұқсайды. Атомдарының арасында коваленттік байланыс болғандықтан жартылайөткізгіштердің құрылымы қатты болады. Жартылайөткізгіштердің маңызды қасиетті – оның электр өткізгіштігінің қоршаған орта температурасына, жарық ағынына ( $\Phi$ ), қоспалар концентрациясына, иондаушы сәулеленуге және т.б. өте сезімталдығында. Жартылайөткізгіштік приборлар жасау үшін мынадай материалдар пайдаланылады:

- 1) 4 валентті топ (Ge (германий), Si (кремний), AsGa (галий арсениді));
- 2) 3 валентті топ (Al (алюминий), B (бор), In (индий));
- 3) 5 валентті топ (P (фосфор), As (мышьяк), Sb (сурьма)).

Барлық жартылайөткізгіштерді екі топқа бөлуге болады:

- 1) Таза (меншікті, қоспасыз) немесе і-типты жартылайөткізгіштер (бір элемент атомдарынан тұратын заттар).
- 2) Қоспалы жартылайөткізгіштер.

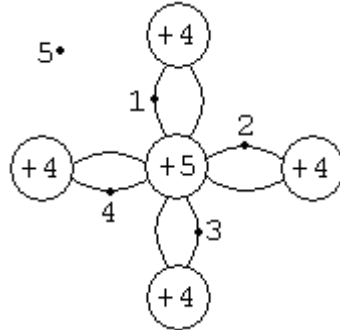
Жартылайөткізгіш атомы көршілес атом электронымен біріге отырып (коваленттік байланыс) кристаллдық тор құрап, кеңістікте қатаң бір тәртіппен орналасады (1 сурет).



1 Сурет – 4 валентті жартылайөткізгіштің жазық графикалық моделі [6]

Таза жартылайөткізгіште абсолюттік ноль температурада (Кельвин бойынша  $T=0$  болғанда) барлық электрондар коваленттік байланыс құрауға жұмсалады да, еркін электрондар болмайды, яғни, жартылайөткізгіш диэлектрикке айналады. Температура жоғарылаған сайын электрондардың

кейбірі қосымша энергияға ие болып, өздерінің коваленттік байланыстарын бұзып еркін электронға айналады. Нәтижесінде екі еркін заряд тасымалдаушы пайда болады: еркін электрон (теріс заряд) және оның орны кемтік (орын босату). Кемтік сан шамасы жағынан электрондікіне тең таңбасы оң зарядқа ие (2 сурет).



2 Сурет – Электрондық өткізгіштікті жартылайөткізгіш [6]

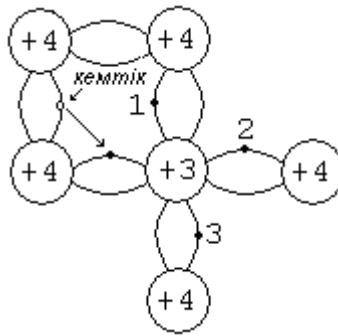
Сонымен, температура жоғарылағанда жартылайөткізгіште еркін заряд тасымалдаушылар пайда болады және таза жартылайөткізгіштерде еркін электрондар мен кемтіктердің концентрациясы тең болады:  $n_i = p_i$ . Еркін электрон мен кемтіктің пайда болу үрдісін электрон-кемтік жұбының генерациясы дейді. Электрон кристаллдық тор көлемінде қозғалыс барысында кемтіктің орнын басуы мүмкін. Бұл кезде электрон және кемтік өзара жойылады, мұны электрон-кемтік жұбының рекомбинациясы деп атайды.

Таза жартылайөткізгіштер сирек қолданыс тапқан. Олардың өткізгіштігі температураға өте сезімтал болғандықтан, олар термодатчиктер жасауға қолданылады. Басқарылатын жартылайөткізгіштік приборлар жасау үшін қоспалы жартылайөткізгіштер қолданылады. Жартылайөткізгішке арнайы қоспа енгізу легирлеу, ал қоспалы жартылайөткізгіш легирленген деп аталады. Енгізілген қоспаның сипатына қарай екі типті жартылайөткізгіш алуға болады:  $n$  – типті (электрондық) және  $p$  – типті (кемтіктік).

$n$  – типті жартылайөткізгіш алу үшін 4 валентті жартылайөткізгішке 5 валентті атомдарды қоспа ретінде енгізеді. Қоспаның әрбір атомы жартылайөткізгішке бір еркін электрон туғызады (2 сурет). Мұндай қоспа донорлық қоспа деп аталады. Жартылайөткізгіште электрондар негізгі, ал кемтіктер негізгі емес заряд тасымалдаушылар болып табылады.

$p$  – типті жартылайөткізгіш алу үшін 4 валентті жартылайөткізгішке 5 валентті атомдарды қоспа ретінде енгізеді. Қоспаның әрбір атомы жартылайөткізгіштің негізгі атомдарының көршілес тұрған атомдарының бірінің электронын тартып алады, нәтижесінде бір кемтік пайда болады. Мұндай қоспа акцепторлық деп аталады.

Акцепторлы байланысты кристаллдық тордың жазық моделі 3 суретте келтірілген.



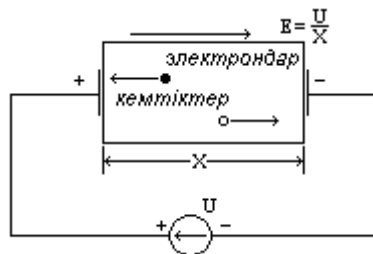
3 Сурет - Акцепторлы байланысты кристаллдық тордың жазық моделі [6]

Жартылайөткізгішті приборлар жасау үшін әдетте қоспалы жартылайөткізгіштер қолданылады. Өйткені олардың өткізгіштігі негізінен ондағы қоспалардың концентрациясына тәуелді болады да, температура, жарықталу және басқа да сыртқы факторларға тәуелділігі төмен болады [3.4].

## 2.1 Жартылайөткізгіштердегі токтар. Дрейф және диффузия.

Жартылайөткізгіштерде электр заряды қозғалысының екі түрлі механизмі мүмкін:

1) Дрейф – заряд тасымалдаушылардың электр өрісі әсерінен қозғалысы (4 сурет);



4 Сурет – Заряд тасымалдаушылардың дрейфтіу механизмі [6]

Электр өрісі әсерінен пайда болатын ток – дрейфтік ток.

2) Диффузия – еркін заряд тасымалдаушылардың материалдың көлемі бойынша біркелкі емес болып таралуы әсерінен туындайтын қозғалысы. Диффузия үрдісі негізгі екі параметрмен бағаланады:

-  $\tau_n$  – артық, тепе-теңдік емес заряд тасымалдаушылар өмір сүру уақыты. Егер өткізгіштің қандай да бір аймағында  $n_0$  артық, тепе-теңдік емес заряд тасымалдаушылар туғызсақ және қандай да бір уақыт мезетінде заряд тасымалдаушыларды туғызатын әсерді тоқтата қойсақ, онда диффузиялық күштердің әсерінен артық концентрация кеми бастайды, яғни, материалдың барлық көлеміне жайылады. Бастапқы  $n_0$  концентрация  $e$  есе кемитін уақыт (тегістелуге кететін уақыт) тепе-теңдік емес зарядтардың өмір сүру уақыты болып табылады. -  $l_n$  – диффузиялық ұзындық, диффузия әсерінен артық зарядтардың ену тереңдігін көрсететін ара қашықтық.

## 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.