

# **1 Электронды техника құраушылары**

## **1.1 Заттың құрылысы туралы негізгі түсініктер**

Бізді қоршаған дүние заттың ең кіші бөлшектерінен - молекулалардан тұрады да, бұл молекулалар осы заттың барлық қасиеттеріне иеленіп, тәуелсіз өмір сүре алады. Молекулалар әртүрлі атомдар топтарынан құралады. Табиғатта жүзден астам элементтер бар, сутегінен бастап (атомдардың ең жеңілінен бастап) уранға дейін (атомдар арасындағы ең ауырлардың бірі).

# АТОМ ҚҰРЫЛЫМЫ

- Н.Бордың және басқа физиктердің ғылыми жұмыстары, электрондардың орбиталары белгілі бір қабаттарда орналасады да, бұл қабаттардағы белгілі бір максималды электрондардың саны болуы мүмкін деген тұжырымдарды қамтыған. Бірінші қабатта 2 электрон, екіншісінде 8 электрон. Жалпы жағдайда әрбір қабаттағы электрондар санын келесі өрнектен таба аламыз:
- $2n^2$  , бұл жерде  $n=1,2,3,\dots$  және т.б.
- Химиялық реакциялардың бәрі және электр эффектер әрбір жеке атомның сыртқы қабатындағы электрондардың тәртібімен байланысты!

# Электрондар және электр тоғы

- Егер атомның соңғы (сыртқы) қабаты толығымен толтырылмаған болса, электронды ядромен байланыстырушы күштер әлсіз болады. Жылулық әсерінен бұл электрондар оңай (жеңіл) үзіліп алынады да, осының нәтижесінде оң зарядталған атомдар - иондар пайда болады. Еркін электрондар зат ішінде басқа бір ионмен кездескенше орын ауыстырады. Егер, кездескен ионға электрондар жетіспейтін болса, яғни оң таңбалы ион бұл кездескен электронды қармап алады. Еркін электрондардың генерациялануы және олардың қайтадан қармап алынуы үздіксіз процесс, сондықтан да мұндай зат теріс таңбалы газбен (электрондық газбен) сіңдірілген сияқты болады.

- Егер, осы заттан тұратын дененің қарама-қарсы шеттеріне полярлықтары әртүрлі электр потенциалдарын түсірсек, еркін электрондар потенциалы оң таңбалы түйіспеге қарай үдемелі қозғала бастайды. Қозғалу жолында олар зат құрамындағы атомдармен соқтығысып, энергия бөліп шығарады. Міне, осы энергияны біз жылу түрінде түсінеміз (қабылдаймыз). Бұл процесс нәтижесінде электрондар оң таңбалы түйіспе бағытында тұрақты жылдамдықпен ығиды, электрондардың осындай қозғалысы ток тудырады. Потенциалдар айырымын өсіргенде электрондардың қозғалуының орташа жылдамдығы да өседі, яғни электр тоғы пропорционалды түрде өседі. Электрондар атомдармен соқтығысқанда оларға энергия береді, ал бұл энергия жылу түрінде бөлінеді. Бұл эффект электр тогымен қыздыру немесе токтың жылулық әрекеті ретінде белгілі.

- Жоғарыда қарастырылған эффекттер - орын алатын материалдар Ом өткізгіштері деп аталады. Омның ашқан заңы бойынша Омның өткізгіштері үшін келесі өрнек жазуға болады.

$$\frac{U}{I} = \text{const}$$

- Мұнда өрнектегі const-та – материалдың электр кедергісі (R-символымен белгіленеді). Егер кернеу вольтпен, ал ток ампермен өлшенсе, онда кедергі оммен өлшенеді.
- Электр кедергі тек қана омдық емес, қызу себебінен және кейбір басқа эффекттердің әсерінен бірқатар материалдарда қатынасы комплексті түрге айналады. Яғни кедергінің келесі түрлері болады:
- белсенді (омдық) кедергі;
- реактивті (сыйымдылықтық және индуктивтік) кедергі;
- комплексті (белсенді және реактивті құраушылардың векторлық қосындысы)

# 1.2 Электрондардың электр өрісі ішінде қозғалуы

- Егер вакуум ішінде екі тілік-пластиналар арасында потенциал бар болса, онда электрон олардың арасына кірген электронға потенциалы оң таңбалы тілікке бағыттайтын тартылыс күші әрекет етеді.
- 
- Тіліктерге түсірілген потенциалдар айырымын өзгере отырып, ауытқу бұрышын басқара аламыз. Бұл эффект электрондық сәуле түтікшелерде қолданылады.

# Электрондардың магнит өрісіндегі қозғалысы.

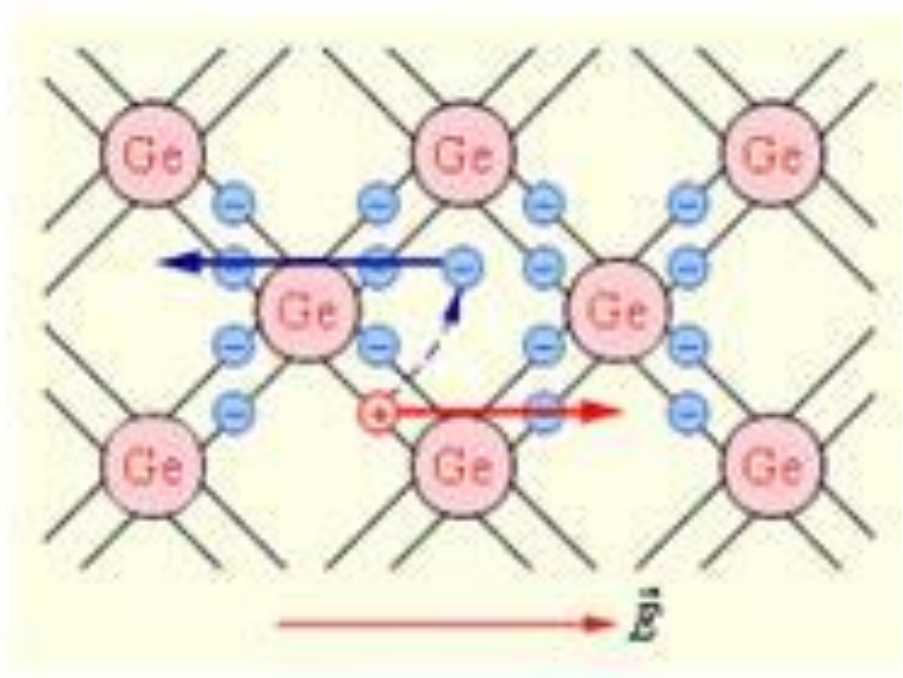
- Тәжірибеден келесі эффект болатынын білеміз. Магнит өрісі ток жүріп тұрған сымға әрекет етуші күштің пайда болуына әкеліп соғады, ал қозғалыстағы электрон – ол да электр тоғы, сондықтан бұл эффекттің әсерін қозғалатын электрондарға да бақылауға болады.
- Бұл күштің бағытын сол қол ережесі арқылы анықтаймыз. Электронға әрекет ететін күш осы электрон магнит өрісі векторына перпендикуляр бағытта қозғалғанда пайда болады. Бұл күш магнит өрісінің векторына тікбұрыш және электронның қозғалу бағытына да тікбұрыш жасайды. Міне, сондықтан, егер электрон магнит өрісінің бағытына параллель қозғалса, бұл күш әрекет етпейді.

- Электронның электр өрісіндегі қозғалысы мен магнит өрісіндегі қозғалысының арасында маңызды айырмашылық бар. Электр өрісінде әрекет етуші күштің бағыты өзгермейді, ал магнит өрісінде бұл күш әрдайым электронның қозғалу бағытына тікбұрышты жасалды. Яғни белгілі бір бағыттағы магнит өрісіне келіп түскен электрон осы магнит өрісінің векторының бойымен спиральді траекториямен қозғалады. Міне, осы эффект, TV-тоғыстаушы түтікшелердегі шарғыларда қолданылады.



# 1.3 Заттың құрылымы

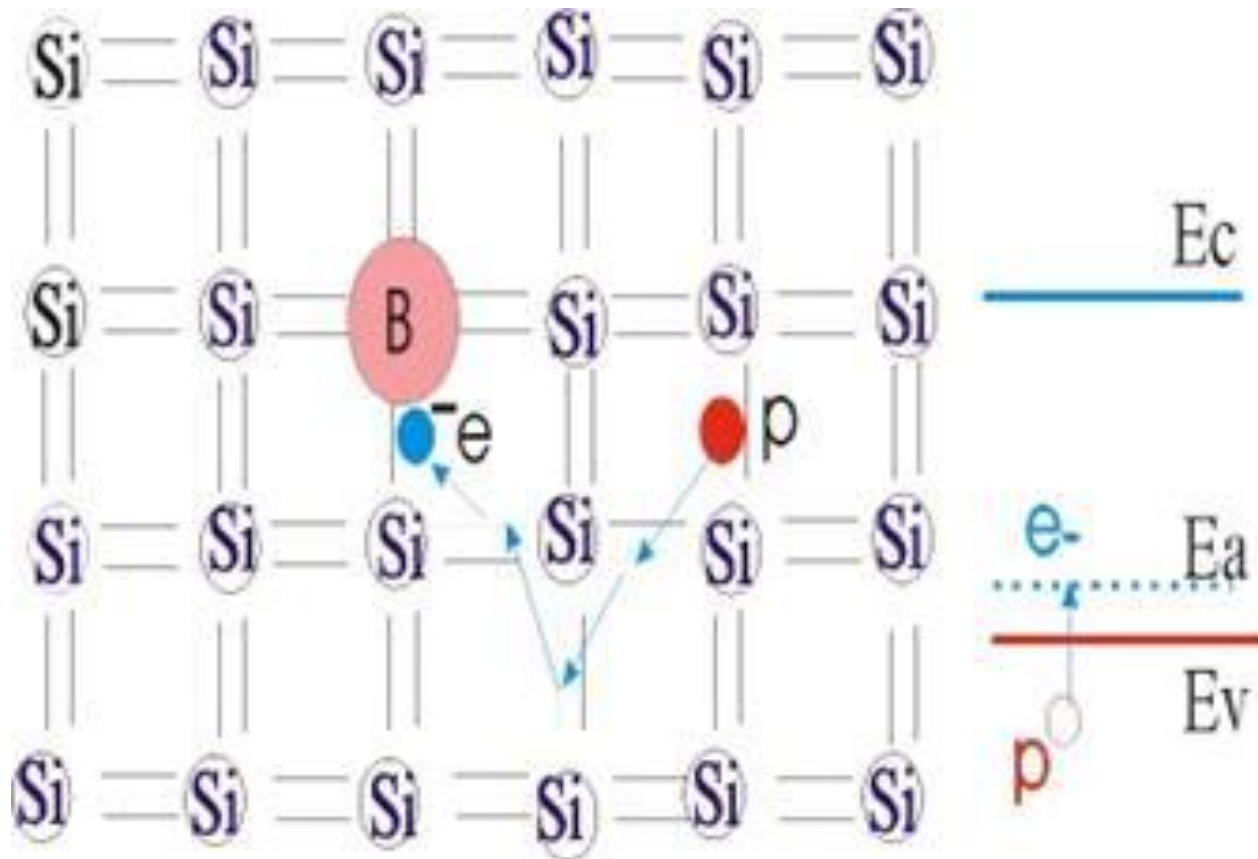
- Зат келесі үш фазаларда (күйлерде) кездеседі: қатты, сұйық және газ түрінде. Суретте Ge немесе Si кристалының құрылымын келтіруге болады, яғни, моделін.
- Қоспалы шала өткізгіштер
- Таза күйінде Si және Ge диэлектриктік қасиеттерге ие, бірақ олардың өткізгіштігі аз мөлшерде (шамада) қоспаларды енгізсе, түпкілікті өзгереді.



- Суретте Ge-дің (кристалл торының) моделі, оның бір атомын As (күшән) атомымен ауыстырылған. Міне, осыны As-атомды қоспа дейді. Күшәннің (As-тің) сыртқы орбитасында 5 электрон, сондықтан Ge-кристалына “тұрғанда” оның бір электроны еркін болып қалады. Бұл артық электрон өте қозғалғыш, сондықтан потенциалдар айырымы пайда болғанда, ток тасымалдаушы бола алады. Еркін электрондар санын, (мөлшерін) шала өткізгіш ішіне енгізілетін қоспа атомдар санымен өзгертіп бақылауға (тексеруге) болады. Қоспаларды шала өткізгіштерге енгізгенде еркін электрондар пайда болса бұл шала өткізгіш енгізілген қоспа “донор” деп аталады, ал шала өткізгішінің өзі “қоспалы шала өткізгіш” деп аталады.

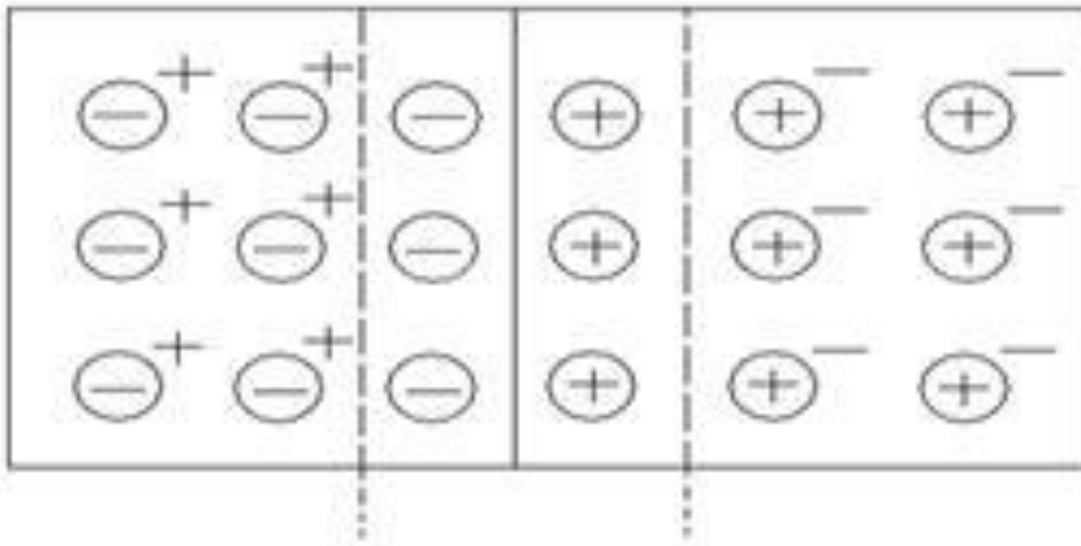
- Донор қоспасы бар шала өткізгіштерде өткізгіштік еркін электрондармен сипатталады да, мұндай шала өткізгіштерді n-типті (negative) деп атайды.
- Егер шала өткізгіш–кристалл тор ішінде сыртқы қабаттарында үш электрон болатын, мысалы Бор, Индий атомдарын енгізетін болсақ, электронның жоқтығы кристалл ішінде кемтіктің пайда болуын келтіреді. Сырттан түсірілген кернеу мұндай шала өткізгіштерде электрондардың оң таңбалы түйіспеге, ал кемтіктердің теріс таңбалы түйіспе жағындағы қозғалысына келтіріледі. Кемтіктердің қозғалысын да ток ретінде қарастыруға болады. Шала өткізгіштерді p-типті (positive) деп, ал қоспаларды “акцепторлар” деп атауға келіскен.

# Шала өткізгіштерді р-типті (positive) – акцепторлар көрсетілген



- Жоғарыда қарастырылған негізгі заряд тасушылармен қатар (бұлар шала өткізгіш ішіне қоспаларды қосқанда пайда болады дедік) кәдімгі қыздыру әрекетінен пайда болатын еркін электрондар (оларды негізгі емес заряд тасушылар деп атайды) да токқа үлесін қосады.
- p-n ауысу
- Төмендегі Суретте көрсетілген құрылымның жартысы (оң жақтағы делік) n-типті қоспамен легирленген, ал екінші жартысы p-типті қоспамен. P-n ауысудың шекарасында кемтіктер n-типті қабатқа, ал электрондар p-типтіге ұмтылады да, еркін тасушыларсыз аймақ пайда болғанға дейін, яғни тасушылар тепе-теңдігі орын алғанға дейін қозғалыста болады. Пайда болған еркін тасушыларсыз аймақ “кедейленген қабат” деп аталады да, диэлектриктер қасиеттерін сақтайды.

# P-n ауысу



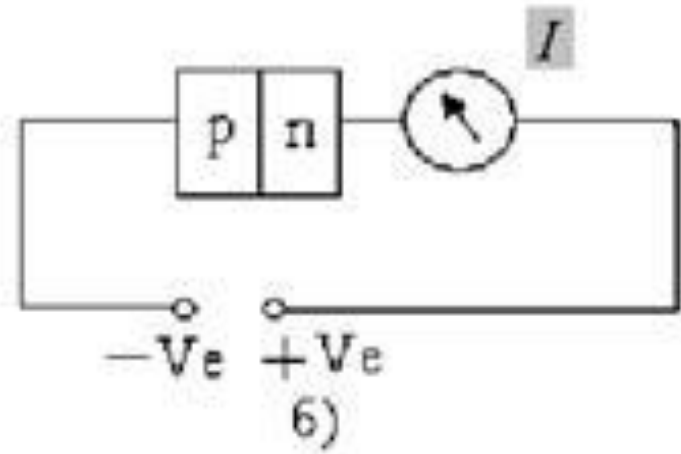
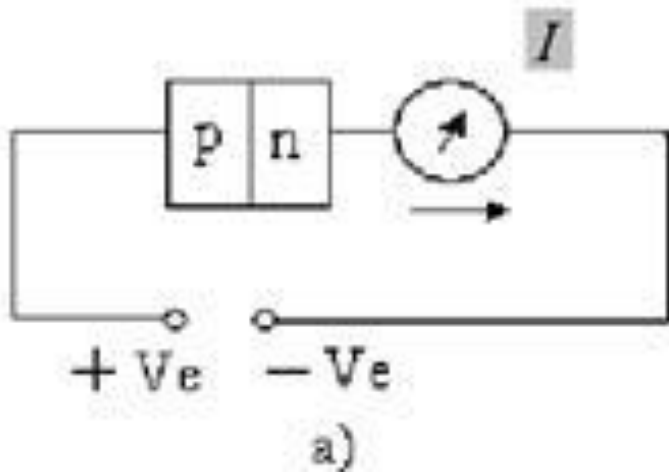
- Кедейленген қабаттағы зарядтың өсуі – бұл ішкі эффект, яғни р-п ауысудың шеттеріндегі потенциалдар айырымының өзгеруі бақыланбайды. Бірақ, егер, р-қабатқа оң потенциал, ал п-қабатқа – терісін (төмендегі Суретте көрсетілгендей) түсірсек, кемтіктер р-п ауысу арқылы р-қабаттан п-қабатқа қарай, ал электрондар п-қабаттан р-қабатқа ұмтылады. Ток пайда болады да, аспап іске қосылады.
- Егер р-қабатқа теріс таңбалы потенциал, ал п-қабатқа – оңын (төмендегі б)-Суретте көрсетілгендей) түсірсек, кейбір электрондар мен кемтіктер орын ауыстырады да, негізгі эффект ретінде кедейленген қабаттың ұлғаюы (кеңеюі) орын алады. Қысқа уақыт аралығында ток ағып (бұл ток шамасын р-п ауысуды конденсатор ретінде қарастырып, сыйымдылығы үлкен емес болғандықтан оның зарядталуына эквивалентті деп санауға болады), аспап ток өткізбей қалады. Шын мәнінде, негізгі емес тасушылардың беретін тоғы ағады, бірақ оның шамасы өте кішкентай болғандықтан, есепке алынбайды.



P-n ауысу түзеткіш ретінде:

а) – тура ығысу

б) – кері ығысу



- Сонымен, р-п ауысудың ВАС-сы айқын түрде көрініп тұрған сызықты емес форманы береді. Төмендегі суреттен келесі жағдайды көреміз. Ауысу ашылу үшін, яғни ол арқылы ток ағу үшін тура бағытта ауысуға шамалы болса да кернеу түсірілуі тиіс. Бұл кернеудің керегі сонда, яғни кедейленген қабаттағы потенциал тосқауылының тасушылары жеңуі тиіс. Потенциал тосқауылының шамасы келесі:
  - – Ge үшін  $\sim 0,2$  В
  - – Si үшін  $\sim 0,7$  В
- Сонымен р-п ауысудың өзі – тамаша түзеткіш. Оның үстіне, бұл атақты ауысу басқа да күрделірек аспаптардың негізін қалайды.

# P-n ауысудың вольт амперлік сипаттамасы

