



**Коммерциялық емес
акционерлік
қоғам**

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ

Электр станциялары,
тораптары және жүйелері
кафедрасы

ЭЛЕКТРТЕХНИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛТАНУ

5B071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттері үшін
дәрістер жинағы

Алматы 2014

Құрастырушылар: Кузембаева Р.М., Мукашева Р.Т. Электротехникалық материалтану. 5В071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттері үшін дәрістер жинағы. - Алматы: АЭЖБУ, 2014. - 58 б.

5В071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттері үшін дәрістер жинағы. Дәрістер жинағында диэлектриктерде, жартылай өткізгіштерде, өткізгіштерде магниттік заттарда электрмагнит өрісінің әсерінен болатын негізгі физикалық құбылыстар көрсетілген. Материалдарды топтастыру және олардың физика - химиялық, механикалық, электрлік мінездемелері және пайдаланылатын салалары туралы мағлұматтар берілген.

Без. 20, әдебиет көрсеткіші - 10 атау.

Пікір беруші: хим.ғыл.канд., ЭТН кафедрасының доценті Надиров Е.Г.

«Алматы энергетика және байланыс университетінің», коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2014 ж. баспа жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ 2014 ж.

Кіріспе

«Электротехникалық материалтану» пәні электр магнит өрісінің әсерінің заттарда өтетін негізгі физикалық құбылыстарды, материалдардың сипаттамасын, олардың өндіріс технологиясын оқытады. Қазіргі уақытта мағынасы зор. Бұл мәселе электротехниканың жалпы дамуына сәйкес. Жаңа бұйымдарды өндіру осымен байланысты.

Қазіргі деңгейдің басты мәселесі - жаңа талаптарға сай, сапасы өте жоғары электротехникалық заттарды шығару.

Бұлар жоғары жылулыққа төзімді майысқақ полимерлер, жұмыс кезінде сенімді жартылай өткізгіштер, ферромагнетиктер, магниттік мінездемелері жоғары ферриттер, асқын өткізгіштер.

Бакалавр дайындайтын бағдарламаға «Электротехникалық материалтану» курсы енгізу себебі қазіргі заманғы электротехниканы жоғарғы сапалы материалдармен қамтамасыз ету.

1 Дәріс №1. Негізгі түсініктер. Электротехникалық заттарды топтастыру

Дәрістің мазмұны: электротехникалық материалдарды топтастыру.

Дәрістің мақсаты: электротехникалық материалдардың қазіргі классификациясын оқып білу.

1.1 Электр материалдардың негізгі түсінігі. Топтасуы

Электротехникалық материал деп электр магниттік өрісте белгілі сипаттары мен мінездемелерін және техникада сол сипаттарға сай қолданылатын материалдарды айтамыз. Электр өрісіндегі мінездемелері бойынша материалдар мынандай түрлерге бөлінеді: диэлектриктер немесе электр оқшаулайтын материалдар; жартылай өткізгіштер, өткізгіштер. Ал магниттік өрістегі мінездемелері бойынша материалдар диамагнетиктерге, парамагнетиктерге және ферромагнетиктерге бөлінеді.

Электр өрісінде материалдарды мінездейтін физикалық тұрақты шама – ол меншікті электр кедергісі (ρ), ал магниттік өрісте – магниттік өтімділік (μ).

Диэлектриктер деп, меншікті кедергісі (ρ) өте жоғары болатын заттарды айтамыз. Олар электр оқшаулағыш ретінде қолданылады. Олардың мақсаты – электр тізбектегі бір - бірінен ажырату және өткізу. Бірақта, ток жүрмейтін заттарды ток жүретіндерден оқшаулау. Конденцаторларда диэлектриктер электр сыйымдылығын тудыру үшін қолданылады. Активті диэлектриктер жай диэлектриктен өзгеше, олардың сипаттамаларын реттеуге болады. Бұл заттармен электр сигналын өндіру, ұлғайту, модуляциялауға, өзгертуге болады. Активті диэлектриктерге жататындар, лазерлер мен мазерлардың

материалдары, сегнетоэлектриктер, пьезоэлектриктер, электрооптикалық және қисық-сызықты оптикалық материалдар, электреттер т.б.

Жартылай өткізгіштердің өткізгіштігі (γ) кернеумен, температурамен, жарықтықпен, т.б. факторлармен реттеледі және өзгертіледі. Ол материалдардан диодтар, транзисторлар, фоторезисторлар және де басқа жартылай өзгерткіш аспаптар жасалынады.

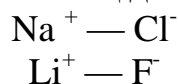
Өткізгіштер электр тогын өткізу үшін қолданылады. Олардың меншікті кедергісі (ρ) төмен. Өткізгіштерге меншікті кедергісі төмен (кирогенді) температурада өте аз болып төмендейтін асқын өткізгіштер мен крио өткізгіштер және кедергісі жоғары резисторлар мен қыздыратын элементтер жатады.

Магниттік материалдарға магниттелу қабілеті бар заттар жатады. Кейбір заттар магниттік өрістің жұмысы аяқталғаннан кейін магниттелгенін сақтайды. Олар да магниттік заттарға жатады. Бұл заттардан индуктивті ораманы және трансформаторлардың өзектерін, электр машиналардың магниттік жүйелерін, информацияны есте сақтайтын құрылғыларды, тұрақтымагниттерді және т.б. бұйымдарды жасайды.

1.2 Заттардың құрлысының негізі. Химиялық байланыстардың типтері және олардың материал мінездемелеріне әсері

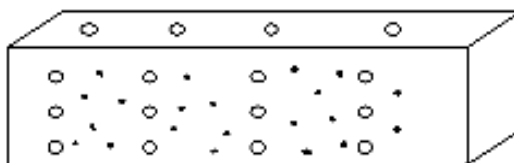
Әртүрлі химиялық байланысты заттардың электрлік және басқа сипаттарының бір-бірінен айырмасы зор. Заттардың бөлшектерінің мынандай-химиялық байланыстары бар: иондық, атомдық (немесе коваленттік), металлдық және молекулярлық.

Иондық байланыстар қарама - қарсы зарядталған иондардың Кулон тартымдары арқылы байланғандар. Бұл байланыстар құрамында қарама – қарсы белгілі иондары бар аноганикалық диэлектриктерде өтеді. Мысалы:



Атомдық (коваленттік) байланыстар деп әр атомнан бір бір валенттік-электроннан қосылып шығарылған байланысты айтамыз.

Металдық байланыстар деп металдардың оң зарядталған иондарымен атомдардан үзілген бір топ валенттік электрондардың арқасында жүретін байланыстарды айтамыз. «Электрондық газ» металдардың кристалдық құрлысына цементтейтін (қатыратын) әсер көрсетеді де, металдардың электр және өткізгіштіктерін анықтайды.



○ - Атомдық тұғыры (остов) ● - Электрон

1.1 сурет - металдық өткізгіштің құрылымының сұлбасы

Басқа молекулалардың ішіндегі қарама – қарсы белгіленген зарядтардың электростатикалық тартылуының арқасында байланған байланыстарды молекулалық байланыстар дейміз. Олар Ван-дер-Ваальс күші. Мұндай байланыстар ішкі молекулалар коваленттік байланысқан кейбір заттардың молекулаларының арасында болады. Молекулалардың бір –біріне таратылуы, көрші молекулалардың валенттік электрондарының қозғалысы шарттас болғанда өтуі мүмкін. Бұл заттардың молекулярлық байланыстары әлсіз болғандықтан, олардың құрамы молекулалардың қызу қозғалысында жеңіл бұзылады және балқу температурасы төмен болады.

1.3 Заттардың агрегаттық күйі

Агрегаттық күйі бойынша электротехникалық заттар қатты, сұйық және газ тәріздес болады. Қатты денелердің формасы серпінді, олар бір қалыпты температурада формасы мен мөлшерін сақтайды.

Қатты денелер өткізгіштерді, диэлектриктерді, жартылай өткізгіштерді, пьезоэлектриктерді, сегнетоэлектриктерді, магниттік заттарды жасап шығару үшін қолданылады.

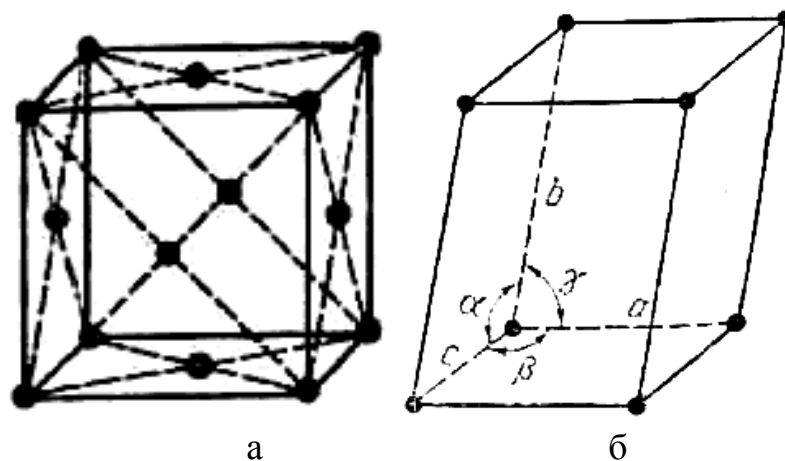
Сұйық денелер, бір жағынан белгілі көлемі бар, ал екінші жағынан белгілі формасы жоқ. Бірінші жағдайы оларды қатты денелермен, екіншісі – газдарға жақындатады. Сұйықтардың ең маңызды ерекшелігі молекулалар аралығы қатты әрекеттестігінде ($20^{\circ}\text{C} = 45 \cdot 10^{-6} \text{ атм.}^{-1}$ судың қысылу коэффициенті). Сондықтан сұйық денелерді қысу өте қиын. Сұйықтардың ішіндегі қысым барлық бағыттарды біркелкі таралады (Паскаль заңы).

Ең көп таралған, бөлшектері бір – біріне әсер ететін күйі әлсіз болатын заттарды газдар деп атаймыз. Соның әсерінен, сыртқы қысатын күш болмаған кезде, газдар бос көлемді еркін толтырып, бір тығыздыққа ие болады. Бұл 3 негізгі агрегатты заттардың күйінен басқа сұйық және қатты заттардың арасында өтпелі агрегаттық күйі: балауыз типті заттар, парафиндер, гудрондар және т.б. және сұйықтықпен газдардың арасында: сұйықтық булар болады.

1.4 Қатты дененің аморфты және кристалды структуралары

Структурасы бойынша, қатты денелер монокристалды, поликристалды, аморфты және аралас болады. Аморфты күй дегеніміз – қатты дененің изотропты болуы. Бұл жағдайда заттың сипаттамалары әр бағытта бірдей және балқу температурасының нақты нүктесі жоқ.

Кристалды структура элементарлы кристалды бөлшектерден тұрады. Кристал – біртектес анизотропты көп қырлы дұрыс дене. Бұл дененің ішіндегі атомдар дұрыс реттелуімен сипатталады және бірдей элементарлы қайта – қайта кездесетін бөлшектерден құралады.



а) кубтық тор; б) гексогоналды тор.
1.2 сурет - Кристалды ұяшықтың торлары

Электрлік және магниттік мінездемелері кристалдардың түрлі тораптарында әр түрлі.

1.5 Кристалды заттардағы дефектері

Кристалды заттардың құрлысы-ның «дефектері», ерекше физикалық қасиеттерді анықтайды және әр-түрлі материалдар мен аспаптарды алу үшін қолданылады. Кристалды қатты заттардың дефектеріне кристалды торлардың электростатистикалық өрісінің қандай да болса бұзылуы жатады.

1.6 Электротехникалық материалдардың қатты денелердің зоналық теориясы бойынша топтасуы.

Электр қасиеттеріне тәуелді барлық заттар диэлектриктерге, өткізгіштерге немесе жартылай өткізгіштерге жатады. Олардың айырмашылығы қатты заттардың аймақтық теориясының энергетикалық диаграммасы көмегімен көрсетуге болады. Осы теория бойынша барлық атомдар белгілі бір энергетикалық күйде немесе бір деңгейде болады. Қалыпты күйде осы денелердің кейбір бөлшектері қоздырылмаған электрондармен толтырылған, кейбір бөлшектерде электрондар тек қана сыртқы факторлардың әсерінен ғана пайда болады. Қатты денелерде жеке энергетикалық деңгейлерден біртұтас жолақ пайда болады, ол энергетикалық деңгейлердің аймағы деп аталады. Бұл аймақтар үшке бөлінеді: 1- шісі электрондардан бос аймақ; 2- шісі электрондардың өтуіне тыйым салынған аймақ; 3-шісі электрондармен толтырылған аймақ. Сонымен, диэлектрик деп тыйым салынған аймақ өте үлкен жай жағдайда электрондық өткізгіштік байқалмайтын заттарды атаймыз. Ал тыйым салдырылған аймақ жіңішке, электрондар сыртқы факторлардың арқасында толтырылған аймақтан бос аймаққа өтуі жеңіл болатын заттарды жартылай өткізгіштер дейміз. Өткізгіш заттардың тыйым салдырылған аймақ жоқ, олардың толтырылған аймағымен

бос аймағы түйісіп тұр, сондықтан электрондар кедергісіз бір-біріне өте береді.

1.7 Магниттік қасиеттері бойынша заттардың топтасуы.

Магниттік қасиеттеріне қарай заттарды диамагнитті, парамагнитті және ферромагнитті болып бөлінеді.

Диамагниттерге магниттік өтімділігі (μ) < 1 болған заттар жатады. Олардың магниттік өтімділігі магнит өрісінің кернеулігіне (H) тәуелсіз. Прагмагнит-тердің магнит өтімділігі (μ) 1-ге тең немесе сол мөлшерге болады да, (H)- қа тәуелсіз келеді. Ферромагнетиктер (магнитті заттар) – магниттік (μ) \ll 1 болса, салыстырмалы магнит өтімділігі (μ) магнит өрісінің кернеулігіне (H) тәуелті заттар. Материалдардың магнитті қасиеттері элементарлы шеңбер тоқтары болып келетін, электр зарядтардың ішкі формаларымен анықталады. Классикалық ферромагнетиктерге темір, никель және олардың балқымалары жатады.

Магнитті заттар үш топқа бөлінеді: магниттік жұмсақ заттар, магниттік қатты заттар және арнайы магнит заттар.

2 Дәріс №2. Диэлектриктердегі физикалық процестер. Диэлектриктердің электрөткізгіштігі мен поляризациясы.

Дәрістің мазмұны: диэлектриктердің өрістенуі, олардың сандық мінездемелерімен өтімділігі.

Дәрістің мақсаты: диэлектриктің өрістенуі және оның электр өтімділігімен байланысты оқу.

Әрбір диэлектрикте, электр кернеуінің арқасында болатын, ең негізгі процесі – диэлектрикте өрістенуі - кедергілі зарядтардың шектелген ығысу немесе дипольды молекулалардың өріспен бағыттасуы.

Өрістенудің әсерінен диэлектриктерде болатын құбылыстардың диэлектрик өтімділігімен анықтауға болады, ал егерде өрістенуге қоса диэлектрикті қыздыратын қуат серпілісі қабаттасса, онда диэлектриктің шығынымен анықталады. Аздаған диэлектрикті тесіп ішімен не сыртымен өтетін тоқ та техникалық диэлектриктерді қыздырады. Ол тоқ заттың бейнесіндегі еркін электрондар мен иондардың әсерінен пайда болады. Сонымен, техникалық диэлектриктерде электр өткізгіштік құбылыстар болады. Бұл қасиеттерді анықтайтын меншікті беттік не көлемдік кедергілер.

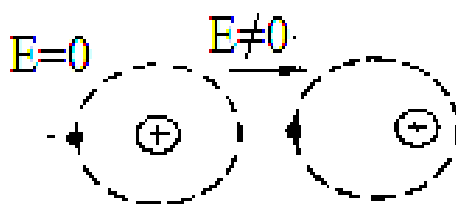
Әрине әрбір диэлектрикті шек мағынасынан аспайтын кернеуге дейін пайдалануға болады. Ол кернеудің мағынасы түрлі - түрлі заттың табиғатына және басқа факторларға байланысты. Егерде өрістің кернеуі осы шек аймағынынан асып түссе, онда диэлектрик мүлдем тесіледі де ол ток өткізбейтін қасиетін жоғалтады. Тесіп ету болған кездегі кернеудің мәнін

тескіш кернеу (U_T) деп атауға болады, ал соған сәйкес біртұтас сыртқы электр өрісінің кернеулігін – диэлектриктің электр беріктігі дейміз (E).

2.1 Диэлектриктің өтімділігі және оның электрлік полярлануымен байланысы

Барлық диэлектриктер байланысқан электрлік зарядтарға ие: атомдардың сол зарядталған электрондық қабыршықтары және оң зарядталған атомдық ядролар. Электр өрісіне диэлектриктер қосылмаған кезде осы зарядтар концентрикалық күйде орналасқан, сондықтан атомдар электрлік нейтралды.

Электр өрісінің (E) әсерінен диэлектриктегі бөгелмелі электр зарядтар әсер еткен күштің бағытымен ығысады. Ол ығысудың шамасы өріс кернеулігінің мөлшерімен байланысты. Егер электр өрісінен ажыратса, онда жаңағы зарядтар өз қалпына қайтадан оралады да, қайтадан атомдар электр нейтралды болады.



а) нейтральды атом б) поляризованған атом.

2.1 сурет

Дипольды молекулалар немесе полярлы диэлектриктер, электр өрісінің арқасында өріспен бағыттасады. Егерде өрістен сондай диэлектриктерді ажыратсақ, жылулық қозғалыстың әсерінен дипольдар бейберекет болып бағытын жоғалтады. Диэлектриктер зарядтарының көбісінің ығысуы өрістің кернеулігімен сызықты байланысады.

Конденсатордың заряды

$$Q = CU - \text{ға тең.} \quad (2.1)$$

мұндағы C – конденсатор сыйымдылығы;

U – оған келтірілген кернеу.

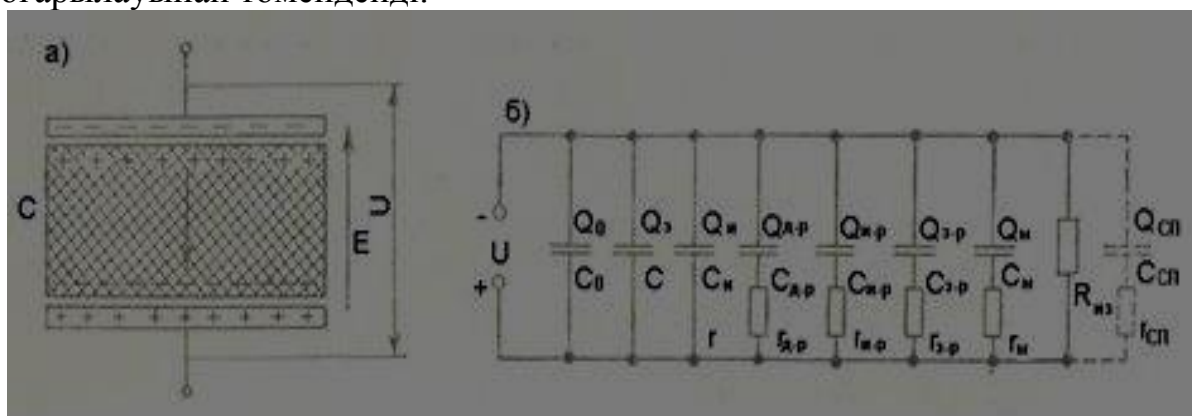
Келтірілген кернеудің берілген мәніндегі электр саны Q екі құрастырушыдан тұрады: біріншісі вакуум бөліп тұрғанда бар болатын заряд Q_0 , екіншісі электродтарды шын мәнінде бөліп тұратын, диэлектриктің өрістенуімен бейімделген құрастырушы Q_d . Сонда

$$Q = Q_0 + Q_d. \quad (2.2)$$

2.2 суретте: әртүрлі өрістену механизмдері бар диэлектриктің эквиваленттік сұлбасы кернеу көзіне (U) параллель қосылған бірқатар сыйымдылықтарды қамтиды. Сыйымдылық (C_0) пен заряд (Q_0), егер де олардың арасында диэлектрик жоқ болса, (вакуум) өзіндік электродтар өрісіне сәйкес келеді.

Электрондық өрістену атомдар мен иондардың электрон қабықшаларының серпімді ығысуы мен деформациясы арқасында пайда болады. Электрондық өрістенуге 2.2 суретте C_7 және Q_7 сәйкес келеді.

Электронды өрістенудің орнығу уақыты өте аз (10^{-15} сек) мезгілде болады. Таза электронды өрістенулі заттың диэлектрлік өтімділігі, санды түрде жарық сыну көрсеткішінің (n) квадратына тең. Атомдар немесе иондардың электронды орбиталарының ығысуы мен деформациясы температураға тәуелді емес, дегенмен заттың электронды өрістенуі диэлектриктің жылулық кеңейуімен және көлемі (2.2 суретте C_u, Q_u) ұлғайғанда бөлшектер санының төмендеуімен байланысты, температураның жоғарылауынан төмендейді.



2.2 сурет - Әртүрлі өрістену механизмді электр өрісіндегі құрамы күрделі диэлектрик (а) және оның эквиваленттік сұлбасы (б)

Өрістену негізгі екі үлкен топқа бөлінеді. Біріншісіне - лезде, серпімді, электр қуатын шашыратпай, диэлектрикті жылытпай өтетін өрістенулер жатады. Олар электрондық және иондық өріс-тенулер, нәтижесінде ығысу тогы ($I_{ығ}$) пайда болады.

Электрондық өрістену атомдар мен иондардың электрон қабыршағының деформациясы және серпінді ығысуы арқасында пайда болады. Бұл өрістену диэлектриктің құрамымен агрегаттық күйіне қарамай барлық диэлектриктерде 10^{-15} сек ішінде өшеді де, сыртқы қуаттың шығынына әсер етпейді. Қоршаған ортаның жылулығына да тәуелсіз, бірақта термиялық ұлғаюдың әсерінен өзіндік көлемінің ішінде атомдардың саны азаяды деп, өрістену де азайған сияқты көрінеді. Бұл көрінудің түрі тек қана полярлы емес диэлектриктерге сәйкес.

Электрондардың ығысуы серпімді болады, электр өрісін алып тастағанда, электрондар бұрынғы қалпына келеді.

Иондық өрістену құрамы иондық қатты денелерде өтеді. Өрістенудің бұл түрі серпінді байланысқан иондардың өз орнынан ығысқанымен шарттасады, өтетін уақыты 10^{-13} сек арасында, қуат шығынын шығармайды. Иондық өрістенудің мәні - сол зарядты иондардың өріске қарсы қозғалуында, ал оң зарядты иондардың өріспен бағыттасуында. Серпінді иондық өрістену практикалық жиілікке байланысты емес жиілік спектрінің инфрақызыл торауына дейін.

Екінші тобына, баяу ағатын, ұлғаюы да, кемуі де ақырын болатын, диэлектрикті қыздыратын қуаттың сейілуі бірге жүретін, өрістенуді жатқызамыз. Оларды релаксациондық өрістену дейміз. Ол топқа жататындар: дипольды - релаксациондық, ионды – релаксациондық, электронды – релаксациондық, спонтандық, резонанстық, миграциялық, жоғары вольттық және қалдық өрістенулер. Осы өрістенулердің арқасында диэлектрикте активті және реактивті ток ($I_{a\text{ абс.}}$, $I_{p\text{ абс.}}$) жүреді. Ол токтардың аты абсорбциялық токтар. Техникалық диэлектриктерде баяу өтетін өрістенулер 1 мин уақыт арасында бітеді, электр өрісінің қуатын шығындатады, өйткені диполдар өріспен бағыт-тасу үшін тұтқыр ортаның кедергісін басып өту керек. Эквиваленттік сұлбада мұндай өрістенуді сыйымдылық пен активті кедергіні тізбектеп қосады.

Полярлы диэлектриктердің өтімділігі температураға және жиілікке байланысты.

Ерекше топқа сегноэлектриктер жатады. Сегноэлектрик деп, белгілі бір температурадан төмен, немесе белгілі температура аралығында сыртқы өріс жоқта өздігінен өрістеніп тұратын заттарды айтамыз (спонтанно-самопроизвольно – өзінен-өзі), олардың электр ығысуы кернеуліктің өзгеруімен қисық сызыққа тәуелді. Ондай байланыс бірінші рет сегнет тұзында байқалған, сондықтан осы топқа сәйкес келетін диэлектриктерді «сегнетоэлектриктер» дейміз. Осындай диэлектриктердің бір түрі - барий титанаты $BaTiO_3$, оның кристалдары бөлек-бөлек бөлшектерден (домндерден) тұрады. Әрбір доменнің ішінде электрлік моменттер бір жаққа қарай бағытталған. Егер кристалды электр өрісіне енгізсек, онда электрлік моменттер өріспен бағыттала бастайды. Осының нәтижесінде кейбір домендердің өсуі басталады, домендердің арасындағы шекаралар ығысады да, бір мезгілде домендердің бәрі бір тұтас электрлік дипольге ұқсайды. Сонымен, сегнетоэлектриктердің ерекшелігі сол сыртқы өріспен өзіндік байланыста болады.

2.2 Диэлектриктердің өтімділігі

Диэлектрлік өтімділік (ϵ) – заттан қандай сыйымдылық алуға болатынын және өрістенудің дәрежесін көрсетеді. Диэлектрик өтімділігінің (ϵ) макроскопиялық шамасымен диэлектриктердің өрістену дәрежесі анықталады.

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0}, \quad (2.3)$$

мұнда C – диэлектрик толтырылған конденсатор сыйымдылығы;
 C_0 - электродтардың арасында вакуум бар конденсатордың сыйымдылығы. Ал, конденсатор дегеніміз екі жағына электрод қосқан диэлектрик. Электр өрісінде конденсатордың заряды болады

$$Q = CU, \quad (2.4)$$

мұнда C – сыйымдылық;

U – кернеу.

Белгілі кернеудің мағынасы конденсатордың заряды, немесе электр мөлшері

$$Q = Q_0 + Q_d, \quad (2.5)$$

мұнда Q_0 – электродтардағы заряд егерде электродтардың арасында болса вакуум;

Q_d - өрістенген диэлектриктің заряды.

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_0} = \frac{Q_0 + Q_d}{Q_0} = 1 + \frac{Q_d}{Q_0}. \quad (2.6)$$

Сонда

Әрбір заттың диэлектрик өтімділігі «1»-ден көп болуы керек.

Жоғарыда көрсетілген (2.2) теңдікті былай деп көрсетуге болады

$$Q = Q_0 \varepsilon = CU = C_0 U_\varepsilon, \quad (2.7)$$

мұнда C_0 - электродтардың арасында вакуум бар конденсатордың сыйымдылығы.

Диэлектриктің өтімділігі заттың табиғатымен және сипатымен байланысты. Құрамы күрделі қатты диэлектриктердің диэлектрлік өтімділігін (компоненттердің қоспалары) ығысуы логарифмдік заңының негізімен анықтауға болады.

$$\varepsilon^x = \theta_1 \varepsilon^x 1 + \theta_2 \varepsilon^x 2, \quad (2.8)$$

мұндағы $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ - жеке компоненттердің диэлектрлік өтімділігі;

θ_1, θ_2 – компоненттердің көлемдік мөлшері;

x – компоненттердің диэлектрикте бөліп тарату тұрақтысы, мағынасы (+1)-ден (-1)-ге дейін, жалпы $(\theta_1 + \theta_2) = 1$.

Диэлектриктен құрастырылған конденсатордың сыйымдылығы және онда жиналған зарядтар, өрістенудің түрлі-түрлі механизмдеріне шарттас келеді.

Полярлы емес нейтралды диэлектрик өтімділігі (ε) онша үлкен емес және өрістің жиілігімен байланысты емес, ал температура ұлғайған сайын (ε) азаяды.

Иондық диэлектриктерде температураны көбейткенде, иондық байланыстың әлсіреуінің арқасында өрістену өседі, осының әсерінен иондық диэлектриктердің (ε) аз мөлшерде ұлғаюы мүмкін, немесе иондық өрістену электрондық өрістенумен қабаттасқанда (ε) кемуі де мүмкін.

Полярлы диэлектриктерде жиілікті өзгерткен кезде (ε) басында тұрақты болып тұрады, себебі өрістің полярлығын ауыстырған кезде дипольдар орын ауыстырып үлгереді. Ал, барынша үлкен жиіліктерде дипольдық молекулалар өрістің бағытына қарай ауысуға үлгермейді, бағытталуы әлсірейді де, (ε) азаяды. Сол мезгілде, жиіліктің өте жоғарғы санында, электрондық өрістену ғана байқалады. Температура өзгерген сайын өзінің ең жоғарғы шегіне жетеді де, сонан соң максимумнан өткеннен кейін азая бастайды. Төменгі температураларда ε электрондық өрістену арқылы ғана анықталады. Температура ұлғайған сайын, дипольдардың тербелу амплитудасы көбейеді де бір тепе-теңдік қалыптан, екінші тепе-теңдік қалыпқа өтіп кету мүмкіндігі туады. Температура үлкейген сайын өту уақыты азаяды. Сондықтан белгілі бір температура мен жиілікте электр өрісіндегі диэлектрик өтімділігі максималды шек мағынасына жетеді. Әрі қарай температураны көбейткенде, жылулық қозғалыстың деформациялық күші релаксациялық өрістенуге әсер етеді де, (ε) кемуі бастайды. Ал жиілікті көбейткен сайын (ε) жоғарғы шегі үлкен температуралар жаққа қарай ығысады.

Электр өрісімен бағыттасқан дипольдардың, өрісті алып тастағаннан кейін, жылулық қозғалыстың арқасында, қайту уақыты бастапқы қалыптан 2,7 есе айырмашылықтан қалған азаю уақытын релаксация уақыты (τ_0) дейміз.

Ерекше топқа сегнетоэлектриктер жатады, олардың электр ығысуы кернеуліктің өзгеруімен қисық сызыққа тәуелді. Ондай байланыс бірінші рет сегнет тұзында байқалынған, сондықтан осы топқа сәйкес келетін диэлектриктерді «сегнетоэлектриктер» дейміз. Спонтандық өрістену белгілі ең жоғарғы температураға дейін сақталады, оны Кюри нүктесі дейді. Диэлектрик өтімділігі (ε) өріс кернеулігінен сызықсыз байланыстылығымен сипатталады. Бір кезде, домендердің электр моменттерінің бағытталуы қанығады. Техникада сегнетоэлектриктерден сыйымдылығы айнымалы конденсаторлар (варикондтар) жасайды. (ε) тәжірибе жүзінде анықталады.

3 Дәріс №3. Диэлектриктердің электр өткізгіштігі. Диэлектрлік шығындары

Дәрістің мазмұны:

- диэлектриктердің электр өткізгіштігі;
- диэлектрлі шығындардың мінездемелері.

Дәрістің мақсаты: диэлектрлі шығындар мен электр өткізгіштікті оқып білу.

3.1 Диэлектриктердің электр өткізгіштігі

Диэлектрик бойында өрістену процестері біткеннен кейін тек өткінші ток қана ағады. Диэлектриктің өткізгіштігін өлшегенде өрістену токтарды бірге қарастырған жөн, себебі жоғарғы айнымалы кернеуде өте аз уақыттың ішінде, бұл диэлектриктен тек қана өткізгіш ток емес жәнеде ығысу мен абсорбция токтары жүруі мүмкін. Тұрақты кернеуге қосқан диэлектриктің өткізгіштігі өткінші токпен ғана анықталады. Жалпы тұрақты кернеуде диэлектриктен өтетін өткінші ток екі түрлі токпен құралады.

$$I_{\mu T} = I_K + I_{\sigma}, \quad (3.1)$$

мұнда I_K – көлемдік ток;

I_{σ} – беттік ток, А;

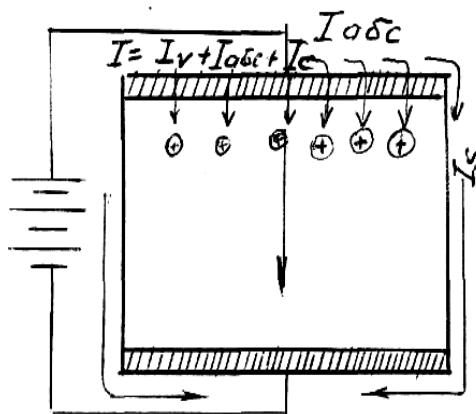
Сонда диэлектриктің өткізу қабілеті (G) /проводимость/

$$G = \frac{I_{\mu T}}{U}, \quad (3.2)$$

мұнда U – кернеу, В;

$$G = G_K + G_{\sigma}, \quad G_K = \frac{I_K}{U}, \quad G_{\sigma} = \frac{I_{\sigma}}{U}, \quad (3.3)$$

мұнда G_K , G_{σ} – диэлектриктің көлемдік және беттік өткізу қабілеті.



3.1 сурет - Диэлектриктегі электр тогының түрлері

Өткізу қабілетінің кері шамасын ток өткізбейтін заттың электр кедергісі (R) дейміз; көлеміне сәйкес кедергіні— R_k , бетіне сәйкес кедергі— R_b
Сонда жалпы

$$R = \frac{1}{G} = \frac{R_k \cdot R_b}{R_k + R_b}. \quad (3.4)$$

Сонымен өткінші тоқты анықтайтын диэлектриктің кедергісі мына формуламен есептеледі

$$R = \frac{1}{G} = \frac{U}{I_{\text{ит}} - (I_{\text{бл}} + I_{\text{abc}})}, \quad (3.5)$$

мұнда I – қарастырылып отырған ток, А;

U – берілген кернеу, В;

$(I_{\text{бл}} + I_{\text{abc}})$ – жәй ағатын өрістену токтарының қосындысы.

Жәй ағатын өрістену токтарының мөлшері 1 минуттың ішінде бітеді, сондықтан өткінші ток ($I_{\text{от}}$) өлшеу үшін диэлектрикті 1 минут кернеуде ұстап, жалпы диэлектриктен өтетін тоқты өлшейді де кедергіні кернеудің сол токқа қатынасы арқылы есептейді. Қатты электр айыратын заттардың көлемдік және беттік электр өткізгіштігін жеке қарастыру керек. Әр түрлі заттарға салыстырмалы баға беру үшін меншікті көлемдік кедергі ρ_k мен меншікті беттік кедергінің ρ_b мәндерін табу керек. Жазық заттың біртекті электр өрісінде меншікті көлемді кедергісін мына формуламен есептейміз.

$$\rho_k = R_k \cdot S / h (\text{Ом} \cdot \text{м}), \quad (3.6)$$

мұнда ρ_k - меншікті көлемдік кедергісі, ($\text{Ом} \cdot \text{м}$);

R_k - көлемде өлшеп алған жалпы кедергі (Ом);

S - электродтың ауданы, (м^2);

h - қалыңдық (м).

Меншікті беттік кедергіні мына формуламен есептеуге болады.

$$\rho_k = R_k \cdot S / h(\text{Ом} \cdot \text{м}), \quad (3.7)$$

мұнда R_k - бір-бірімен байланыстығы

L қашықта параллель қойылған жалпақтығы

d - электр-одтардың арасындағы өлшеп алынған беттік кедергі.

3.2 Меншікті өткізгіштіктің агрегаттық күйіне, химиялық құрылысы мен құрылымы, сыртқы факторлардың әсеріне: температура, ЕҒ ылғалдылық және т.б. тәуелділігі

3.2.1 Газдардың электрөткізгіштігі. Аз мөлшерлі кернеулік E кезінде әлсіз өріс маңында газдар аз электрөткізгішке ие $\rightarrow 0$. Бос иондар мен электрондардың саны 10^8 1/см-ден аспайды. Токтың тығыздығы $\rightarrow 10$ А/см, яғни 0-ге жақын. Газдарда ток тек қана бос электрондар бар болғанда пайда бола алады. Газдың нейтрал молекулаларының иондалуы сыртқы факторлар әсерінен немесе зарядталған бөлшектердің молекулалармен қақтығысынан пайда болады. Сыртқы иондағыштарының әсерінен пайда болған газдардың электрөткізгіштігі өзіндік емес деп аталады. Мықты өрістерді газдың көлемі иондалудың арқасында электрондар атқылауы пайда болғанда өткізгіштік өзіндік болады. Әлсіз өрістерде иондалу болмайды және өзіндік электрөткізгіштік байқалмайды. Сыртқы факторлармен негізделген газдардың иондалуы кезінде молекулалар оң және теріс иондарға бөлінеді. Сонымен қатар оң иондардың бір бөлігі теріс иондармен қосылып нейтрал молекулалар құрайды. Бұл процесс рекомбинация процесі деп аталады.

3.2.2 Сұйық диэлектриктердің электрөткізгіштігі. Сұйық диэлектриктердің электрөткізгіштігі өздік және қоспалық болып бөлінеді. Сұйық диэлектриктердің өздік электрөткізгіштігі молекулалардың диссоциациясы және молион – зарядталған қоспа бөлшектерінің қозғалысынан пайда болатын иондардың тура орын ауыстыруымен анықталады. Полярлы емес сұйықтықтардың (мұнай майлары, кремний органикалық және т.б.) электрөткізгіштігі өте төмен және де полярлы немесе диссоциацияланған қоспаларды, суды қоса санағанда, үлкейткенде өседі. Полярлы сұйықтықтадың электрөткізгіштігі сұйықтық молекулаларының диссоциациясы мен ондағы қоспаның бар жоқтығымен анықталады. Полярлы сұйықтықтарда электрөткізгіштік полярлы еместерге қарағанда көбірек.

Меншікті өткізгіштіктің температуралық тәуелділігі (γ) экспоненциалды оң сипатқа ие.

$$(\gamma) = Ae^{-a/T}, \quad (3.8)$$

мұндағы A – сұйықтықты сипаттайтын коэффициент

$a=W/k$ – активация энергиясының Больцман тұрақтысына қатынасына тең коэффициент немесе

$$(\gamma) = \gamma_0 \cdot e^{\alpha}, \quad (3.9)$$

мұндағы α – температуралық коэффициент .

Сұйықтықтың γ қоюлық η тәуелділігі:

$$\gamma = \frac{n_0 \cdot q^2}{L \cdot \eta} \quad (3.10)$$

мұндағы η – қоюлық коэффициенті;

l – бөлшектер арасындағы ара қашықтық;

q – ионның заряды;

n_0 - көлем бірлігіндегі иондар саны.

Сұйық диэлектриктердің меншікті кедергісі

$$\rho = Be^{a/T}. \quad (3.11)$$

Осы тәуелділіктен газдарда сияқты ток тығыздығын қанықтыру ауданы сұйықтықтарда болмайды.

3.2.3 Қатты диэлектриктердің электрөткізгішітігі. Қатты диэлектриктердің электрөткізгішітігі көбінесе иондық сипатқа ие. Бұл диэлектриктерде тиым салынған зонаның ені $\Delta W \gg kT$ болғанға байланысты және жылулық қозғалыс арқасында аз ғана электрондар саны атомдардан бөліне алады. Ал иондар тордың бкіліктерінде әлсіз байланысқан, және оларды үзуге кететін энергия $W - kT$ -мен салыстырылады.

Мысалы, NaCl үшін $\Delta W=6$ эВ, ал оң ионның (+Na) үзілу энергиясы $W=0.85$ эВ, сондықтан, электрондардың қозғалысынан ($u_{эл}$) иондардың аз қозғалысына қарамастан ($u_{ион}$), иондық электрөткізгіштің γ көбінесе электрондық болып табылады.

Диэлектриктердің меншікті кедергісі берілген кернеудің бағытына тәуелді емес, ол химиялық құрылысы мен құрылымына тәуелді. Қатты диэлектриктердегі ток пен кернеу арасындағы пропорционалдыңтың сақталуы $E=10 \cdot 10^{-2}$ В/м дейін байқалады. Осы шектен асатын E кезінде тәуелділік экспоненциалды сипатқа ие және Пуль заңы бойынша есептеледі:

$$\gamma = \gamma_0 e^{\beta E},$$

мұндағы E – өріс кернеулігі;

γ_0 – E -ге тәуелсіз ауданның меншікті электрөткізгішітігі;

β – материалды сипаттайтын коэффициент.
Қатты диэлектриктердің меншікті кедергінің температураға тәуелділігі:

$$\rho_v = Ve^{b/T} \text{ немесе } \rho = \rho_0 e^{-\alpha t},$$

мұндағы - V немесе v берілген материалдың коэффициенттері;
 ρ_0 – C кезінде меншікті кедергі;
 α – температуралық коэффициент;
 b – қатты диэлектриктер үшін 10000-22000 аралығында болады.

4 Дәріс №4. Диэлектриктегі физикалық процесс. Диэлектрлік шығындар.

Дәріс мазмұны: диэлектрлік шығындар сипаттамасы.

Дәріс мақсаты: диэлектрлік шығындар құбылысын зерттеу.

4.1 Диэлектрлік шығындар табиғаты

Диэлектриктің шығындар деп диэлектриктің қызуын тудыратын электрлік өрістің әсерінен диэлектрикте уақыт бірлігінде таралатын энергияны айтады.

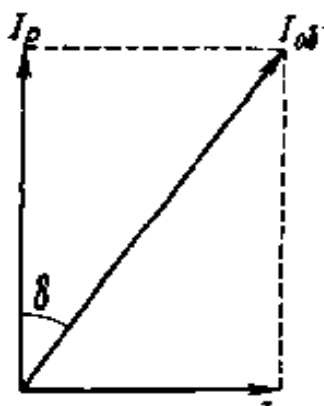
Диэлектрикте шығындар айнымалы ток та да, тұрақты ток та да байқалады. Өйткені материалда өткізгіштікпен негізделген тура ток пайда болады. Тура өткізгіштік тогын актив ток деп атайды. Ол диэлектриктің қызуын тудырып, диэлектрлік шығындарды анықтайды. Тұрақты кернеу кезінде, периодты поляризация болмағанда, диэлектрик материалдың сапасы ρ_v және ρ_s кедергілерімен сипатталады. Айнымалы кернеу кезінде, тура электрөткізгіштіктен басқа, диэлектрикте энергия жоғалтуына әкеліп соғатын себептер пайда болады.

Диэлектриктегі шығындар шамасын тарататын қуаттың көлем бірлігіне қатынасымен, яғни меншікті шығынмен сипатталады. Энергияны тарататын қасиетін анықтайтын диэлектрикті сипаттау үшін көбінесе диэлектрлік шығындар бұрышымен δ және диэлектрлік шығын бұрышының тангенсімен $\operatorname{tg}\delta$ қолданады.

Диэлектрлік шығындар бұрышы δ деп актив – сыйымдылықты тізбекте ток пен кернеу арасындағы фазалар ығысуын $\varphi = 90^\circ$ -қа толықтыратын бұрышты айтады.

Идеал диэлектрик болған жағдайда диэлектрик арқылы тек ығысу тогы жүреді. Өткізгіштік ток 0-ге тең. Бұл жағдайда $\langle \varphi = 90^\circ$ и $\langle \delta = 0^\circ$. Диэлектрик энергияны неғұрлым көп таратса, φ бұрышы соғұрлым аз және δ бұрышы соғұрлым көп. Оқшауламада үлкен диэлектрлік шығынды қатты жылыту тудырады, және де жылулық жойылуға әкеліп соға алады. Диэлектрлік

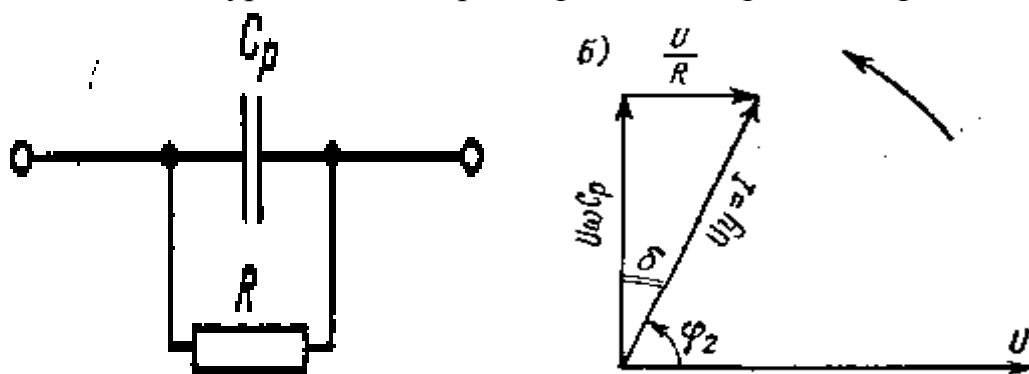
шығындардың табиғаты әртүрлі және заттың агрегаттық күйіне байланысты: газ, сұйық, қатты.



4.1 сурет - Диэлектрлік шығын бұрышын анықтау үшін

Энергия шығындарын зерттеуде айнымалы кернеуі бар тізбектегі осы диэлектрикпен конденсатордың өзгерісімен байланыстыруға болады. Конденсатор мен шығындары бар диэлектрикке эквивалент сұлба – осы сұлбада ұсталатын актив қуат, конденсатор диэлектригінде таратылатын қуатқа тең болу керек. Ток кернеуді қарастырылып жатқан конденсаторда сияқты бұрышқа озу керек.

Бұл қиындық шығыны бар конденсатордың идеал конденсаторға тізбектей қосылған актив кедергімен немесе идеал конденсаторға шунтталған активті кедергімен алмастыруға болады. Бұндай сұлбалар тек қана шартты түрде енгізілген. 3.2 суретінде токтар диаграммасы параллель сұлбаға сай.



4.2 сурет – Диэлектриктегі токтардың векторлық диаграммасы (C_p мен R кедергісінің параллель қосылуы)

Диэлектриктегі қосынды ток:

$$I = I_c + I_a, \quad (4.1)$$

мұндағы I_c - сыйымдылықты құраушы;
 I_a - актив құраушы.

Токтардың векторлық диаграммасы бойынша айнымалы кернеу кезінде диэлектрлік шығындар формуласы:

$$P = U^2 \omega C \operatorname{tg} \delta, \quad (4.2)$$

мұндағы P – диэлектрлік шығындар, Вт;

U – кернеу, В;

ω – бұрыштық жиілік, с^{-1} ;

C – сыйымдылық, Ф;

Анықтамаға сай, $\operatorname{tg} \delta$ актив токтың реактив токқа қатынасына тең. Токтарды кернеудің кедергіге қатынасымен алмастыра отырып, келесі формуланы аламыз:

$$\operatorname{tg} \delta = 1/\omega C_p R. \quad (4.3)$$

4.2 Диэлектрлік шығындардың түрлері

Диэлектрлік шығындарды ерекшеліктері және физикалық табиғаты бойынша төрт негізгі топқа бөлуге болады:

- а) поляризациямен негізделген диэлектрлік шығындар;
- б) тура электрөткізгіштіктің диэлектрлік шығыны;
- в) құрылымның әртектігімен негізделген диэлектрлік шығындар;
- г) иондалған диэлектрлік шығындар.

Поляризациямен негізделген диэлектрлік шығындар релаксациялық поляризацияға ие заттарда; дипольдық құрылымды диэлектриктерде және тығыз емес қапталған ионды құрылымды диэлектриктерде нақты байқалады.

Релаксациялық диэлектрлік шығындар электр өрісінің әсерінен бөлшектердің жылулық қозғалысының бұзылуымен тудырылады. Олар берілген кернеудің үлкеюімен көбейеді. Әсіресе радио жиіліктер мен өте жоғары жиіліктерде. Релаксациялық диэлектрлік шығын бұрышының тангенсінің температуралық тәуелділігінің максимумы берілген затқа тән кейбір температурада байқалады.

Сегнетоэлектриктердегі диэлектрлік шығындар өзіндік поляризациямен байланысқан. Сондықтан сегнетоэлектриктердегі шығындар Кюри нүктесінен төмен температураларда байқалады. Бұл шығындар жиілікпен өседі. Кюри нүктесінен жоғары температурада шығындар азаяды.

Поляризацияны баяулаған түрлерімен негізделген диэлектрлік шығындарға жарықтық жиіліктерде пайда болатын резонансты шығындар да жатады. Шығындардың бұл түрі кейбір газдарда белгілі бір жиілікте ғана және өріс энергиясын жұтуда ғана байқалады. Егер электр өрісімен тудырылған мәжбүр тербелістердің жиілігі қатты заттың бөлшектерінің өздік тербелісінің жиілігімен сәйкес болса резонансты шығындар қатты заттарда да бола алады. Диэлектрлік шығын бұрышының тангенсінің жиіліктік

тәуелділігінде максимумның болуы резонанстық шығындарға да тән. Бірақ, бұл жағдайда температура максимум жағдайына әсер етпейді.

Байқалатын электрөткізгіштікке ие диэлектриктерде тура электрөткізгіштікпен негізделген диэлектрлік шығындар байқалады.

4.3 $\operatorname{tg} \delta$ өлшеу әдістері

$\operatorname{tg} \delta$ анықтау үшін көпірлік әдіс қолданылады. Өлшеулер 4.2 суретіне сай айнымалы токта жүргізіледі. $\operatorname{tg} \delta$ шамасы келесі формуламен анықталады:

$$\operatorname{tg} \delta = 2\pi f \cdot c_4 \cdot 10^{-6} \cdot R_4. \quad (4.4)$$

$R_4 = 10000/\pi$ және $f = 50$ Гц шамалары кезінде

$$\operatorname{tg} \delta = [c_4.] \quad (4.5)$$

5 Дәріс №5. Диэлектриктердің электрлік беріктілігі

Дәрістің мазмұны: диэлектриктердің тесілуі мен электрлік беріктілігін анықтау.

Дәрістің мақсаты: диэлектрикті тесу құбылысын зерттеу.

5.1 Диэлектриктерді тесіп өту

Электр өрісіне қосқан диэлектриктің электродтарының арасындағы потенциалдар айырымы белгілі мәнге жеткенде, диэлектрикті токпен тесіп өтеді. Сонда диэлектрик ток өткізеді және электр тізбегінен айыратын қасиетін жоғалтады. Тесіп өткен кездегі кернеу- тескіш кернеу (U_t). Бірыңғай өрістегі электр беріктігі тескіш кернеулікке (E_t) тең. Ол мына формуламен есептеледі

$$E_t = U_t / d(B/m), \quad (5.1)$$

мұнда U_t – тескіш кернеу;

d – қалыңдық, не болмаса екі электродтың арасы.

СИ жүйесінде E_t В/м-мен өлшенеді; бірақ практикалық есептеулер үшін ыңғайлы өлшеу бірлігі болып кВ/мм саналады: $1 \text{ В/м} = 10^{-6} \text{ кВ/мм}$.

Қатты диэлектриктің бетіндегі ауадағы разряд беттік тесу деп аталады. Беттік разрядтың шамасына электродтар мен диэлектриктердің конфигурациясымен негізделген, электр өрісінің формасы, айнымалы токтың жиілігі, диэлектриктің бетінің жағдайы, ауаның қысымы әсер етеді.

Газ және сұйық диэлектриктерде тесу кезінде молекулалардың қозғалысы әсерінен, U кернеуінен кейін тесілген бөлік өзінің бастапқы қасиеттерін қалпына келтіреді.

Қатты диэлектриктерді тескен кезде дұрыс емес формалы тесілген, күйдірілген немесе балқытылған тесік ретінде ізі қалады. Жалғастыратын іздердің пайда болуымен байланысқан қатты диэлектриктің бетін бұзу трекинг деп аталады.

Электроқшаулағыштың номиналды кернеуі U_n тесу кернеуінен U_T аз болуы тиіс.

$$U_T / U_n = K_T. \quad (5.2)$$

Бұл қатынасты электр беріктіліктің қор коэффициенті деп аталады.

Жоғары кернеулікті E электр өрісінің жалғастырылған әсері диэлектриктердегі қайтпайтын процесстерге әкеліп соғады. Нәтижесінде оның U_T төмендейді, яғни оқшауламаның электр тозуы болады. Осындай тозудың әсерінен оқшауламаның жұмыс істеу мерзімі азаяды. U_T -дің U кернеуді беру уақытына тәуелділігі бейнеленген қисықты электр оқшауламаның өмір қисығы деп атайды.

Диэлектриктердің электр беріктілігі агрегаттық күйіне, химиялық құрамына, заттың құрылысына және сыртқы факторлардың әсерлеріне тәуелді.

Газ, сұйық, қатты диэлектриктерді тесу механизмі әртүрлі болады.

5.2 Газдарды тесу

Газдарды азғана ғарыш сәулесінің, жер бетінің радиоактивтігінің әсерінен бір секунд ішінде көлемі 1 см^3 –де $10 \div 20$ бос электрондар, оң және теріс иондар пайда болады. Олар бейтарап молекула сияқты, бейберекетсіз жылулық қозғалыста болады. Өріс әсер еткеннен кейін жаңағы бөлшектер қосымша жылдамдық қабылдап, өріс бағытымен немесе оған қарама – қарсы қозғала бастайды. Бөлшектердің бағыты олардың зарядының таңбасына байланысты. Сол кезде газдағы бөлшектер қосымша энергияға ие болады

$$W = qU\lambda, \quad (5.3)$$

мұнда q – заряд;

U – кернеу;

λ – еркін жүру жолының ұзындығы.

Егерде өрістің тектестігі жеткілікті болса, онда болады да зарядталған бөлшектердің қосымша энергиясы соқтығысқан молекулаларға беріледі.

$$U\lambda = E\lambda, \quad (5.4)$$

$$W = Eq\lambda. \quad (5.5)$$

Егерде осы энергияның өлшемі үлкен болған жағдайда атомдар мен электрондардың қозуы басталады. Бұл жағдайда электрондардың ядродан біршама жердегі орбитаға көшуімен байланысты, ал кейбірде молекулалардың иондануымен де байланысты болады. Ионизация /иондану/ дегеніміз молекуланың оң иондануымен электрондарға немесе оң және теріс иондарға бөлінуі. Иондану шарты: $W \geq W_n$, бұл жерде W_n - жылулық қозғалысты қосып алған молекуланың қосымша энергиясы.

Газдың қысымы және температурасының берілген мәндерінде, өрістің анықталған кернеулігінде пәрменді соқпа иондануы басталады, себебі q мен λ әрбір газдарға тұрақты болады. Бұл өріс кернеулерін (E_0) бастапқы кернеулік дейміз. Кейбір жағдайларда өрістің әсерінен өтеген электрондар молекуланы ыдыратпайды, бірақ қоздыруы мүмкін.

Келесі жағдайда қоздырылған молекула өзінің артық энергиясынан сәулесін таратып - фотон ретінде шығарады. Фотонды басқа молекула қабылдауы мүмкін соның нәтижесінде сол молекула ионданады. Осындай ішкі фотондық газдың иондануы, сәуле шығару тез өткендіктен, газдың өткізгіш-тігін көбейтеді. Газды тесіп өту құбылысы электр өрісінің тектестігінің дәрежесіне байланысты.

Қалыпты өрісте тесіп өту, температура мен газ қысымына байланысты мағынасы қатаң белгіленген кернеуде өте тез болады. Егерде кернеу көзінің қуаты үлкен болған жағдайда электродтардың арасында ұшқын пайда болады, содан кейін сол ұшқын доғаға ұласады. Қалыпты жағдайда қысым 0,1 МПа, температура 20⁰С электродтардың арасы 1 см болса, ауаның электрлік беріктігі шамамен 3,2 МВ/м (32 кВ/см). Газдың электрлік беріктігі көптеген факторлармен байланысты. Біртектес емес өріс кернеулігінің кризистік мәндерінде тәж тәріздес бөлшектену разрядтар пайда болады, сонан соң кернеулік ұлғайған сайын тәж ұшқынға, ары қарай доғаға айналады. Екі электродтың арасындағы ауа разрядына қарағанда, қатты диэлектриктің бетіндегі ауа разряды (беттік разряд) кішірек кернеуге өтеді. Разрядтық кернеуге электродпен диэлектриктің бейнесімен анықталатын электр өрісінің түрі, өрістің жиілігі, диэлектриктің бетінің жәйі, ауаның қысымы, ылғалдығы әсер етеді.

5.3 Сұйық диэлектрикті тесіп өту

Қалыпты жағдайда сұйық диэлектриктердің газдарға қарағанда, электр беріктігі бірнеше есе жоғарырақ кернеуге өтеді. Кіріселер болғандықтан, бұл заттардың тесіп өту теориясын қалыптастыру қиын. Сұйықтарды электрлік тесіп өту теориясы тек кіріселерден тазартылған сұйықтарға ғана байланысты. Сол электр өрісінің кернеулігінің өте үлкен мәндерінде электродтардан электрондар ыршып (жұлынып) шығуы мүмкін және зарядталған бөлшектердің келіп соқтығуынан, газдардағы сияқты сұйықтың молекуласы ыдырайды. Бірақ газға қарағанда сұйықтардың электрлік беріктігінің жоғарылығы электрондардың еркін жолының қысқаруымен анықталады. Газ

қосқыштары бар сұйық-тарды тесіп өтуі, сұйықтың бір жерінің қатты қызумен түсіндіріледі, өйткені газдың көбірішіктері сұйыққа қарағанда, өте жеңіл ионданады да, қосымша энергия туғызады. Осы энергияның арқасында екі электродтардың арасында газ каналы пайда болады.

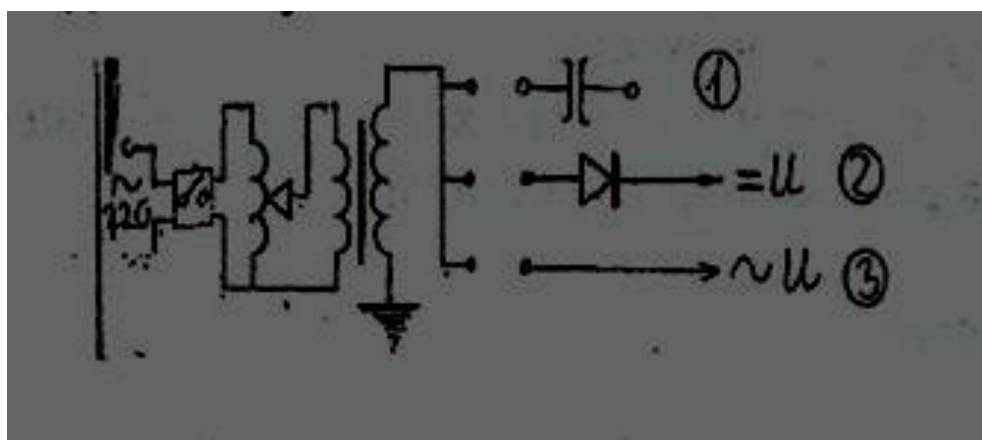
Сұйық диэлектриктің электрлік беріктігін азайтатын, оның құрамындағы ылғалдылығы мен температурасы осыларға қосылып электр беріктігін азайтатын және өрістің түрін өзгертетін қатты түрлі ластар, кірлер. Сұйық диэлектриктерді осы кірмелерден тазартса, электр беріктігі жоғарылайды.

5.4 Қатты диэлектриктерді тесіп өту

Қатты диэлектрикті тесіп өтудің бірнеше түрі байқалады: электрлік, электр жылулық, электр химиялық, электр механикалық ионизациялық макроскопиялық бір текті емес денелерді тесіп өту. Диэлектриктердің электрлік тесіп өтуі туралы көптеген теориялар бар, бірақ олардың бірде - біреуі толық аяқталмаған. Қазіргі уақытта қатты диэлектриктер құрамында соқпа иондану бар екені туралы сөздер айтылып жүр. Бұл сөздер қатты диэлектриктерде электрлік тесіп өтуін мінездеу үлкен экспериментальды материалға сүйенеді. Егерде диэлектриктің химиялық қасиеті өзгермесе және жылулық тесіп өтуінің мүмкіндігі болмаса, онда электрлік тесіп өту пайда болады. Электр өрісінің кернеулігі белгілі мәніне жеткенде тоқтың өсуі секірмелі түрде пайда болады да, диэлектриктің механикалық бұзылуы басталады. Тесіп өтудің электрлік түрі жылулық пен химиялық тесіп өтулерге қарағанда, тесу кернеулігі температурамен әлсіз байланыста болады.

5.5 Электрлік беріктікті тәжірбиелік әдіспен анықтаудың тәсілі

Диэлектриктердің электр беріктігін зерттеу үшін типі АИИ – 70 немесе осындай құрылғылар пайдаланылады.



1 – сұйық диэлектрикті зерттейтін ыдыс;
2,3 – тұрақты және айнымалы кернеуді қосатын нүктелер.

5.1 сурет - Құрылғының принципіалдық сұлбасы

6 Дәріс №6. Электрқшаулағыш материалдардың физика – механикалық қасиеттері.

Дәрістің мазмұны:

- механикалық және жылулық қасиеттері;
- ылғалдылық қасиеттері;
- физика-механикалық қасиеттері;
- радиациялық әсерлерге төтеп беруі.

Дәрістің мақсаты: электротехникалық материалдардың таңдалуы кезінде нақты қолданысының сипаттамаларын зерттеу.

6.1 Электрқшаулағыш материалдардың механикалық және физика – механикалық қасиеттері

Нақты қолданысқа арналған электротехникалық материалдарды таңдау кезінде олардың тек электрлік қасиетін ғана емес және механикалық, жылулық қасиетін, төменгі температураға шыдамдылығын, дымқылдығын, радиациялық және сыртқы факторларды ескеру керек.

6.2 Диэлектриктердің механикалық қасиеті

Диэлектриктердің механикалық жүктеменің әсерінен ішкі кернеулерді тексеруі мүмкін. Негізгі механикалық сипаттамаларға жататындар: созылу кезіндегі материалдардың шыдамдылық шегі (δ_p), созылу кезіндегі белгілі ұзаруы (l_p), сығылысу кезіндегі материалдың шыдамдылық шегі (δ_c), статикалық майысу кезіндегі материалдың шыдамдылық шегі ($\delta_{из}$) және меншікті соққы тұтқырлығы δ_y , сонымен қатар қаттылығы мен тұтқырлығы.

Осы барлық сипаттамалары арнайы орнатылған формалар бойынша стандарт арқылы анықталынады.

6.3 Жылулық қасиеттері

6.3.1 Қызуға шыдамдылық электроизоляцияланған материалдардың аз немесе көп уақыт бойы өте үлкен температураларға шыдауын қызуға шыдамдылық деп атаймыз.

Жылуға төзімділіктің үлкендігін $t^{\circ}\text{C}$ шамасымен өлшейді, сол кезде осындай өзгерістер болады.

Жылуға төзімді оқшаулауға арналған материалдар өзара кластарға бөлінеді. Жалпы қолданыстағы электрқондырғыларды қолданған кезде әрбір класс үшін өзіне бекітілген жұмыстық температурасы болады, осы типтегі эксплуатацияға арналған электр қондырғылар ұзақ уақыт бойы қалыпты жұмыс істейді.

Халықаралық электротехникалық комиссияның ұсынысы (ХЭК) жылуға төзімділіктің класы қарастырылған, 4.1 кестеде көрсетілген.

6.1 к е с т е - Қызу шыдамдылығының класы

Қызу шыдамдылығының класы	У	А	Е	В	Ғ	Н	С
Ең үлкен жұмыс температурасы, °С	90	05	20	30	55	180	180

У класы - талшықты сұйық диэлектрикке сіңірілмеген және батырылмаған оқшаулағыш материал(ағаш, қағаз, картон, фибра, мақтадан істелінген талшық, табиғи жібек), полиамиттер, поливинхлоры, табиғи каучук.

А класы – талшықты материалдар, бірақ майлы және басқа лактармен немесе мұнайлы және синтетикалық майларға батырылған.

Е класы – терморреактивты байланыстағы қабатты пластинкалар, эпоксидтты лактағы эмальданған сымдар, поликарбонатты қабыршықтар және т.б.

В класы – органикалық емес материалдар: слюда, шыныталшық, байланыстыратын және сіңіретін органикалық құрамы бар асбест, политрифторхлорэтилен және т.б.

Ғ класы – жылуғатөзімділігі мықты байланыстырушы және сіңіретін құрамы бар органикалық емес материалдар, полиэфиримидтті және полиэфирцианутты лакты эмальданған сымдар.

Н класы – кремнийорганикалық байланыстырушы және сіңірілетін құрамымен байланысады, кремнийорганикалық эластомерлер.

200 класы - органикалық емес материалдар (слюда, электротехникалық керамика, сілтісіз шыны, кварц) байланыстырушы материалдарсыз немесе органикалық емес байланыстырушылармен.

220 класы – политетрафторэтилен, полиимидтты материалдар – қабықша, талшықтар, полиимидтің және фторопласт-4 – тің эмальсымды оқшалануы, оксидтті және фторидтті оқшаулану, минералдар.

6.3.2 Жылуөткізгіштік – материалдағы жылу берілу процесі; ол жылуөткізгіштікпен $\gamma_{ж}$ сипатталады; Фурье теңдігіне кіреді.

6.3.2 Диэлектрик немесе басқа материалдардың жылулық ұлғаюы, сызықты ұлғаю температуралық коэффициентімен бағаланады, ол температураны 1 градусқа өзгерткен кезде сызықты өлшемнің қанша есе өзгергенін көрсетеді.

6.3.4 Криогенді аймақтағы температуралық шыдамдылық және суыққа шыдамдылық. Көптеген жағдайда оқшауламалардың эксплуатациясында, мысалы, ашық қосалқы станциялардың оқшаулама қондырғыларына суыққа төзімділік маңызды, т.б. (60 – 70) °С және оданда төмен (криогенді) температурадағы оқшауламаның эксплуатациялық беріктілікті төмендетпеуі. Оқшаулағыш материалдардың электрлік қасиеті төменгі температурада

жақсарады, бірақ көптеген материалдар, иілгіш және майысқақ қалыпты температурада, төменгі температурада қатты және сынғыш болып келеді. Электроқшаулағыш материалдарды суыққа төзімділікке тексеру біруақытта дірілдің әсерімен жүреді.

6.4 Дымқылдық қасиеті

6.4.1 Дымқылғатөзімділік – атмосферадағы берік эксплуатацияға оқшаулану қабілеті, булы суға қанығуға жақын.

6.4.2 Дымқылөткізгіштік - дымқыл будың әртүрлі 2 жақты қысымының әсерінен, материалдың судың буын өткізу қабілеті.

6.4.3 Дымқылжұтылуы – оқшаулағыш материалдың суды атмосферадағы қаныққан сулы пар күйінде жұту қабілеті.

6.4.4 Судысіңіру – материалдың судың суға бату кезіндегі жұтылуы.

6.4.5 Дымқылданғыштық – диэлектриктің сумен дымқылдану қабілеті, судың тамшысының дымқылдану бұрышымен θ мінезделеді. Дымқылданғыштық сұйықтықтың қатты денемен адсорбциясын мінездейді.

6.4.6 Материалдың ылғал тартқыштығы Ψ оның дымқыл ортада жұмысы кезінде судың буының материалға әсер ету тұрақты дәрежесін анықтайды.

6.5 Қорғаныс әдісі

Атмосфералық дымқылмен сіңірілген электрберіктілігінің төмендеуі диэлектриктің тесілуіне әкеледі, одан құтылу мақсатында талшықты материалдың судысіңіруіне қарсы әдістер қолданылады. Бұл әдіс талшықты және кеуек оқшаулағышты сіңірілетін лакпен сіңдіру және сыртынан су тепкіш жабыны бар лакпен сіңдіру.

Сіңірілетін лактың тағайындалуы – материалдың саңылауларын лакпен толтыру. Бұл мақсат үшін сіңірілетін лактың тұтқырлығы аз болу керек. Жабынды лактарда жеткілікті тұтқырлық болады, олар гидрофобты сұйықтық болып келеді.

6.6 Радияциялық беріктік

Радияциялық беріктік деп жоғарғы энергиядағы корпускулярлық немесе толқынды радиоктивті сәулеленудің әсерінен материалдардың электрлік және механикалық дәрежесінің сақталуы. Радиоктивті беріктік синтез үшін арналған радиоктивті сәулеленуді, полимеризацияны және материалды өңдеуді қолданған кезде есепке алынады.

Сәулелену энергиясы, материал бетіне тиген кезде, тереңдікке енуіне байланысты кемиді ол мына заң бойынша

$$P_x = P_0 e^{-\mu x}, \quad (6.1)$$

осы жерде P_0 - материал бетіндегі физикалық қуаттың ауадағы мөлшері;
 x – ену тереңдігі;
 μ – материалдағы сәулеленудің қолайлы әлсіреу коэффициенті;

$$\mu = K\lambda^3 Z^3 \rho, \quad (6.2)$$

осы жерде λ - сәулелену толқынының ұзындығы;
 Z – Менделеев кестесіндегі элементтің нөмірі;
 ρ – тығыздық;
 K – пропорционалдық коэффициенті;

Материалдағы сәулеленудің жұтылуы материалдың табиғатына (Z^3) және сәулеленудің сапасына (λ^3) байланысты

Өте ұзақ және қарқынды сәулеленудің әсерінен кез келген полимер бұзылады немесе оның құрылысы бір қалыптан екінші қалыпқа өтеді. Кварц, слюда, глинозем, ZrO_2 , BeO , шыны тәріздес құрылысы бар сдлюдалы материалдарға сәулеленудің әсері өте жоғары. Сәулеленуге берік материалдар екі қасиетке ие болу керек:

- аса ионизациясыз энергияны жұту қабілеті;
- тізбектердің үзілуін анықтауға қарағанда жоғарғы дәрежедегі қос байланысты тудыру қабілеті;

Дәл осындай өзгерістер электротехникалық материалдардың физика – механикалық қасиетімен болады.

6.7 Химиялық тұрақтылық

Материалдардың химиялық тұрақтылық дәрежесі олардың тұрақтылығы ерігіш әсерінде (толуол, бензин, спирттар, және т.б. минералдық майлар), тотықтардың (озон, хлор, азоттың, және т.б. тотықтары) және сыртқы реагенттерінің (ащылықтар, щелочьтар, олардың еріткіштігі мен булануы) сипаттамаларымен аталады. Диэлектриктің химиялық тұрақтылығы толық зерттелген үлгінің механикалы және электр сипаттамасы үлгісімен анықталады, және өзге реагенттердің немесе ұзақ уақытта болған өзгерістердің шамасына әсер етеді.

7 Дәріс №7. Диэлектрикті материалдар. Газ тәрізді және сұйық диэлектриктер.

Дәріс мазмұны:

- газ тәрізді диэлектриктер;
- сұйық диэлектриктер;

Дәріс мақсаты: газ тәрізді және сұйық диэлектриктердің көп таралған түрлерін қарастыру.

7.1 Диэлектрлік материалдар

Электроқшаулағыш материалдар электротехникада аса маңызды мағынаға ие. Олар бір-бірімен тоқты басқарушы бөліктің оқшауы үшін пайдаланылады және жер арқылы да пайдаланылып отырады. Әрине, тіпті ешқандай ең жай, электр құрылымы электроиз материалдарынсыз орындалмайды. Бұдан басқа, электроизоляцияның материалдары электржинағыштың жұмысы барысында диэлектриктерді пайдаланады. Электроқшаулағыш материалдар және активті диэлектриктерге қатысты болады, диэлектриктер ретінде электр ерекшеліктерімен қабылданады (сегнетоэлектриктер, пьезоэлектриктер және басқалар).

Әр түрлі жағдайларда электроқшаулағыш материалдарға әр түрлі талаптар қойылады. Электр құрылғыларынан бөлек ($\epsilon, \rho_v, \operatorname{tg} \delta, E_{\text{пр}}$), инженер таңдауы механикада үлкен роль атқарады, ал сосын материалдарға деген қабілеттілігі өнімнің дайындалу барысында байқалады.

Электроқшаулағыш материалдар көп сандық электромагниттік бөліктермен ерекшеленеді, көптеп мыңдаған түрлері есептелген. Электроқшаулағыш материалдардың барлық түрін оқу-аса ауыр еңбек. Біздің мақсат - электроқшаулағыш материалдардың негізгі рационалды классификациясын ұсыну және көптеген типтерін және электроизоляциялы материалдардың кең таралған түрлерін тарату.

Электроқшаулағыш материалдар, бәрінен бұрын, газ тәрізділері агрегаттық түрлерде бөлінеді, сұйық және қатты материалдар. Көп таралғаны - қатты материалдар. Негізгі топты қатты материалдар құрайды, бастапқы құрамын-сұйық, содан соң қатайды (лактар, компаундар, смолалар).

Электроқшаулағыш материалдар химиялық табиғатынан органикалық және бейорганикалық болып бөлінеді.

Көптеген органикалық заттар құрамдарымен бағаланады: иілгіштігімен, майысқақтығымен және талшықты түрлердің шығарылғандығымен, пленкалы және басқада түрлерімен. Бірақ барлық органикалық материалдар төмен қыздырылғандығымен ерекшеленеді.

Бейорганикалық материалдар көп жағдайда иілгіштігімен және майысқақтығымен, жиі сынғыштығымен, технологиялық дайындалудың қиындығымен ерекшеленеді, бірақ жоғары тұрақтылықпен қызады.

7.2 Газ тәрізді диэлектриктер

Газдар тұрақты өлшемде болмайды, формасы және құрылымы болады. Газ бұлтшаларының қатысуымен шексіз кеңейту қажет. Газдың тығыздығының қысымы 760 мм.рт.ст.

Газ тәрізді диэлектриктер электроизоляциялы материалдарды қолдану барысында келесі артықшылықтары бар: жоғары ρ , $\epsilon \approx 1$, аз $\text{tg}\delta$, жеткіліксіз жоғарылығы $E_{\text{пр}}$. Жоғары қуатты шамасы құрылымында $E_{\text{пр}}$ ұлғаяды, жоғары қысымдағы және газдың үлкен электрлік беріктілігі ұлғаяды. Электрлік құрылғыларда газдардың қатты материалдары комбинацияларда қолданылады.

Ауадан бөлек, электртехникалар ауысады және басқа газдарда. Салыстырмалы кестеде кейбір газдар 7.1 кестеде көрсетілген.

7.1 к е с т е

Газ	Тығыздық, кг/м ³	Химиялық құрам	U _{пр} газ
			U _{пр} ауа
Ау	1,293	N ₂ , O ₂ и др.	1,0
Азот	1,251	N ₂	1,0
Сутегі	0,089	H ₂	0,6
Элегаз	650	SF ₆	2,4
Фреон		CCl ₂ F ₂	2,5

Ауа. Газды диэлектриктер, бәрінен бұрын, ауада болуы қажет, өзінің кеңейтілген күшімен, және электротехникалық құрылғылардың құрамымен шығуы керек. Ауаның қатты оқшаулануы орынсыз, ол иондық қажетсіздіктерді құрайды, ал жоғары күште пеште изоляция алынады.

Ерекше назар аударатын жағдай, электротехникалық сутегіні көрсетуі, суытқыштан бөлек ауаға арналған суытқыш күшті турбогенераторда қолданылады.

7.2 к е с т е - Ауаның және сутегінің салыстырмалы сипаттамасы

Сипаттама	Ауа	Сутегі
Салыстырмалы салмақ	1	0.07
Салыстырмалы жылу өткізгіштік	1	6.7
Салыстырмалы жылусыйымдылық	1	14.35
Газ қаттылығының денесінің эффективті жылу бергіштігі	1	1.51
Электрлі беріктілік	1	0.6

Өзгеде бірдей шарттардың әртүрлі газдары электрлік беріктілік мағынасымен ажыратылады. Бірақ кейбір газдар, жоғары молекулалық массаға

және қосындыларға ие, галогендерді құрайтындар (фтор, хлор және басқалар) иондық газдарға арналғандары үлкен энергияны қажет етеді, электрлік беріктілік ауаны едәуір керек етеді. Гексофторид күкірті SF₆ (элегаз) электрлік беріктілік шамасымен жоғары дәреже береді, ауаға қарағанда. Дихлордифторметан CCl₂F₂, мұны *фреон деп атаймыз*, электрлік беріктікке ие, электрлік беріктілік элегаздарға жақын. Бірқатар қызықты электртехникаға арналған сутегіні ұсынамыз. Сапалы суытқышты ауамен бірге қолданамыз. Сутегіні қолданғанда, суытқыштың айналмалы электр машиналары жоғарлауы маңызды.

Электрвакуумды аспаптарды және лампасын толықтырғанда ар-гонды инертті газдарға, неонға, криптонға, ксенонға, гелийге және т.б ауысады, және төмен электрлік беріктілікке ие болады. Негізгі үлкен маңызға, төмен температуралы хладагенттер сапасына ие болады, ерекшелігі, құрылғысында, асқын өткізгіштіктік құбылыс қолданылады, сұйытылған гелийге ие болады.

7.3 Сұйық диэлектриктер

Сұйықтылық мөлшері бойынша анықталады, бірақ формасына байланысты емес.

Сұйытылған әртүрлі сұйықтықтар $2 \cdot 10^{-6}$ до $2 \cdot 10^{-4}$ атм⁻¹ шамасында табылады. Сұйықтықтың мөлшері температураға байланысты.

$$V - V_0 = A \cdot e^{-\frac{U}{kT}},$$

V_0 - минимальды мөлшер, мұнда $T=0$;

U – активті энергия;

$V - V_0$ – сұйықтықтың ерікті мөлшері.

Сұйықтың жабысқақтығы немесе ішкі үйкелісі - сұйықтық құрамына кері әсер етеді, сұйықтықтың бір бөлігі келесі бөлігіне ауысады. Сұйық диэлектриктер 3 топқа бөлінеді:

Сұйық диэлектриктердің көлемі бар, бірақ пішіні болмайды.

Сұйық диэлектриктер 3 топқа бөлінеді:

- мұнайдан жасалынған;
- синтетикалық сұйықтар;
- өсімдік майлары.

7.3.1 Мұнайдан жасалынған майлар.

Минералды майды, мұнайды бөлшектеп айыру әдісімен алады. Олардың химиялық құрамы мұнайдан алынған майлар көмірсутектерінің қоспасы болып табылады.

Мұнайдан май даярлау - физика-химиялық операциялардың бірнешеуінен құралған күрделі технологиялық процесс. Мұнайдан құрамында болатын оның жекелеген бөлімдері әртүрлі температурада қайнайды.

Сондықтан одан вакуумда әр түрлі температурада қоздырғанда аталған бөлімдер бөлініп қалып отырады. 300⁰С-тан төменгі температурада мұнайдан жеңіл өнімдер: бензин, керосин, лигроин бөлінеді. 300⁰С-тан жоғары температурада мазут деп атала-тын қалған бөлігінен солярлы май бөлінеді. Осы солярлы майда қышқыл және сілтімен өндеп, одан химиялық тұрақсыз қосылыстарды бөліп шығарады. Сонан соң сумен жуып, кептіріп электроизоляциялық майларды алады.

Электроизоляциялық майдың белгілеуі мен эксплуатациялық шарттарды электротехникалық қондырғыларды әрбір жеке жағдайларда қолданған кезде; оларға физика-химиялық қасиеттер қатынасында ұсынылатын талаптар да өзгешеленуі тиіс.

Мұнайдан жасалынған майлар үш топқа бөлінеді: трансформаторлық, конденсаторлық және кабельдік.

Трансформаторлық майлар күш трансформаторларында, майлы айырғыштарда, май толтырылған жоғары вольттік өткізгіштерде (ввод), реактор, реостаттарда т.б. электр құрылғыларында пайдаланады.

Жаңа трансформаторлық майда трансформаторлар мен аппараттарға құюдан бұрын ГОСТ-982-80 талаптарына сәйкес сынақтан өткізіледі.

7.3.2 Синтетикалық сұйық диэлектриктер.

Трансформаторлық мұнай майлары өртке қауіпті қасиетке ие.

Бұл жағдайдан шығу жолы құрғақ трансформаторлар және өртенбейтін электрооқшаулағыш сұйықтарды қолдану. Оған жататындар: хлорланған дифенил (совол, совтол және басқалары), бірақ олар айтарлықтай қымбат (200-1000есе трансформаторлық майдан). Бұл олардың қолдануын шектейді.

7.3.3 Өсімдік майлары.

Электрооқшаулағыш техникада өсімдік майлары тұтқырлы сұйықтар, маңызды мәнге ие және оларды лак, эмаль және қатты заттарды сіндіруде қолданылатын әр түрлі өсімдік тұқымдарынан алады (зығыр, тунг, майсана-ның).

8 Дәріс №8. Қатты органикалық диэлектриктер

Дәріс мазмұны: қатты органикалық диэлектриктер;

Дәріс мақсаты: қатты органикалық диэлектриктердің көптеген түрлерін оқу.

8.1 Қатты органикалық диэлектриктер

Барлық қатты диэлектриктер химиялық құрамына сәйкес 2 топқа бөлінеді: органикалық және бейорганикалық.

8.1.1 Полимерлер жоғары молекулалы қосылыстарда болады, құрамында өзінің молекулаларымен мыңдаған атом құрамдары болады, сызықты немесе кеңістік бағытын, бастысы қышқылдардың бір-бірімен валенттілігін байланыстырады. Мөлшері және жоғары молекулалы қосылудың молекулаларының өлшемі мономерлі заттарда мың реттік өлшемде жалғанады. Жоғары молекулалы заттар-полимерлер мономерге немесе олигомерлі реакцияларда полимеризацияланады немесе поликонденсацияланады.

Органикалық гетероцепті полимерлер негізі табиғатқа әсер етеді: белоктар, нуклеин қышқылдары, целлюлоза және басқалар; синтетикалық полимерлер, полиамиадтар, полиэфирлер, полиуретендар, поли-органислюксандар және басқалар.

8.1.2 Смола лактардың, пампундтардың, пластикалық массалардың, пленкалардың, жасанды және синтетикалық талшықты материалдың негізгі құрамы ретінде кең қолданылады. Электротехникада негізгі қолданылатын, полимеризациялық диэлектриктерге полистирал, полиэтилен, поливинин хлорид және басқалар жатады.

8.1.3 Пластмассалар жасанды материалдары деп аталады, негізгі полимерлер немесе басқада смолалардан жасалады, жанған және жұмсарту қысымы, пластикті болады, берілген тапсырылған формаларды қабылдайды. Электротехникада және радиотехникада синтетикалық *термопластикалық смолалар* химиялық құрамда күрделі қарастырылады, структурасы, полярлы және жиілікті:

- полярсыз жоғары жиілікті полиэтилен, политетрафторэтилен, полипропилен, полиизобутилен, полистирол, полиимидтер және т.б.;

- әлсіз полярлы және жоғары жиілікті полярлы каучук, эскапон, полиформальдегид;

- әлсіз полярлы және төмен жиілікті полярлы: поливинилхлорид, полиметил;

- төмен жиілікті: винифлекс, полиамид, эпоксидты смола, полиэфирлер, полисилоксандар (кремнийорганикалық) сызықты структура.

Терморреактивті синтетикалық смола, поликонденсациялы әртүрлі өнімде: фенол-формальдегидті смолалар, резольды, созылған, глифталеветы, эпоксиденді және т.б.

8.1.4 Лактар, эмалдар және электроизоляциянды материалдар қатты компаундарға әсер етеді. Лактар диэлектрикті материалдар деп аталады, коллоиданды растворлар пленканы құрайтын заттар (смол, битумдар және суалма майлар) пластификаторлар растворлар арқылы қосылып отырады. сіндіргіш, жабынды, жабысырмалы, құрамына қарай – полимерлі, нитроцеллюлозды және майлы болып бөлінеді.

8.1.5 Талшықты ажыратылған материалдар қзартылған формаларда құралады-волокон: табиғи, жасанды және синтетикалы. Электротехникалы волоконды материалдар кабельдерге, конденсаторларға, маталарға, телефондық қағаздарға, электрокардондарға лакоткандарға көбірек әсер етеді.

8.1.6 Тоқыма материалдар арнайы жасалған ұзын волоконды әдіспен шығарылады. Тоқымалар қағаздардан толық анықталған құрылымда ажыратылады.

8.1.7 Жамылғы эмальдар тұрақтылықты иемденеді, жақсы электроизоляцияның қасиеті және қыздыру тұрақтылығы. Қатты және эластикті изоляциялы пленкаларда орындалады. Эмальдарда қыздыру болады және суық құрғақтылық болады, ол құрамына байланысты. Көптеген эмалды топтарда әртүрлі эмальблоктар қыздырылған (90 нан 220⁰С-қа дейін) тұрақтылықта құрауға арналған эмалды орауыш сымдарында болады.

8.1.8 Желім ерітінді немесе органикалық балқыту жоғары молекулалы заттармен жүзеге асырылады, табиғи, синтетикалық, бейорганикалық силикатты материалдар; әр түрлі материалдарымен және өнімдерімен ауысып отырады. Желім гидрофилді коллойдты, суда жақсы еритін және органикалық сұйықтықтардың жақсы ерімейтіні және олеофильді болып бөлінеді-майлар жақсы ериді, органикалық ерітінділерде, бірақ суда ерімейтіндерде емес.

8.1.9 Электроизоляциялы компаунд. Компаунд – композициялы материалдар, ерітінділерді құрамайды, қалыпты температурада сұйықтықты құрайды және қатты салқындатады. Компаундтар 3 топқа: сіндіргіш, құйылған және жабынды. Негізгі компаунды материалдардың құрамы бойынша мыныдай топтарға бөлінеді: битумды, балауыз тәрізді, эпиксидты, кремнийорганикалық және бейорганикалық.

8.1.10 Конденсаторлы қағаздар пропитанмен және пропитансыз түрде ауысып отырады. Пропитанды түрі диэлектрикті қағазды конденсаторды қамтиды. Екі түрі қарастырылады - кәдімгі конденсаторлы қағаз және «силикон» -силиконды конденсаторға арналған қағаз. Көлемдік массасына әр түрлі маркалар тәуелді болады.

Картондар негізінен қағаздардан үлкен жуандықта айырмашылыққа ие. Электроизоляциялы картондар 2 түрде дайындалады: ауада қаттырақ және иілгіш, бағытты ауаға бағытталған жұмыс және майлы - бос және жұмсақ. Майлы картондар майлармен жақсы азықтанады және жоғары электр беріктілікте азықтанады.

9 Дәріс №9. Қатты бейорганикалық және активті диэлектриктер

Дәріс мазмұны: қатты бейорганикалық және активті диэлектриктер.

Дәрістің мақсаты: қатты бейорганикалық және активті диэлектриктертердің көптеген түрлерін оқу.

9.1 Қатты бейорганикалық изоляциялы материалдар

Бұл топта относятся электроизоляциялы шыныларға - бейорганикалар, аморфты термопластикалық заттар; керамика, жоғары температурада қыздыру, слюда-басты табиғи электроизоляциялы материалдар; асбест-бейорганикалық волокондар, және оксидты изоляциялар, кейбір оксиденді

металлдар, жоғары электроизоляциялы оксидтер және термиялық құрамдар әсер етеді.

9.2.1 Электроизоляциялы шыны.

Шыны – бейорганикалық, аморфты термопластикалық зат күрделі құрамды әр түрлі оксидтерді құрайды. Негізгі шыныларды шыны құраушы оксидтер құрайды. Бұл SiO_2 – окись кремний; B_2O_3 – окись боры, P_2O_5 – фосфорлы ангидрид. Бұлардың әрбіреуі оксидті таза күйдегі шыны. Шыны құрамы шығады және басқа оксидтерде, басқа құрамды шыныға қосу үшін: температураның балқуын түсіру қажет, сыну коэффициентін ұлғайту қажет, шыныны бояу қажет және т.б сілтілі оксидтерге әсер етеді - Na_2O , K_2O ; сілтілілер – CaO , BaO ; содан соң PbO Al_2O_3 және басқалар.

9.2.2 Электроизоляциялы керамика.

Керамикалы материалдар (керамика) бейорганикалық материалдар деп аталады, жоғары температураларда қыздырылады. Керамикалық материалдар әр түрлі құрамда және көп жерлерде қолданылады. Электротехникалық керамикалар диэлектриктер ретінде қолданылады, жартылай өткізгіштік, ферриттер, сегнеттер және пьезоэлектрикалық материалдар.

9.2.3 Фарфор - әр түрлі формаларда дайындалатын бірден-бір материал. Фарфордың дайындалуы кезінде саздың арнайы сорттары алынады каолин (ақ балшық), кварц SiO_2 және әртүрлі химиялық заттар. Көрсетілген материалдар майда болады және суға араластырылады. Шыққан нәтиже жарқырайды немесе формасы керекті формаға ие болады.

9.2.4 Конденсаторлы керамика - жоғары көлемді материалдар диэлектрикті өткізгіштікте болады (ϵ), диэлектриктерді қолдану барысында компактты конденсаторлар қолданылады. Материалдың үлкен бөлігі негізгі құрамды минералды рутилды құрайды (двуакись титан, титанды белил) TiO_2 , мәні $\epsilon=173$. Әр түрлі қосындыларда ϵ (маңы 55 ден 160 дейін) тиконды құрайды.

9.2.5 Слюда және оның материалдық негізі.

Слюда – негізгі табиғи электроизоляциялы материал, бағалы сапаға ие: жоғары электрлік беріктікке $E_{пр}$; жоғары қыздырылуға (класс 220); жоғары салыстырмал қарсылыққа; жоғары тұрақтылыққа, жоғары механикалық беріктілікке; иілгіштікке ие. Сондықтан барлық жауапты электрлі изоляцияға ауысып тұрады, мысалы электрлік машиналар жоғары қуатта және жоғары күште (ірі турбогенераторлар, гидрогенераторлар, электродвигателдер және т.б) сондай диэлектрикті конденсаторлардың шамасына, радиолампарға және т.б.

9.2.6 Оксидті және фторидті изоляция.

Көптеген окисленген металдар үстінде оксидтер қабатын түзеді (оксид), электроизоляциялы құрамына ие. Бұл құрам оксидтерде тек тұтастай болуы мүмкін.

9.3 Активті диэлектриктер

Бұл материалдар тобына жататын диэлектриктер генерацияға, күшейтуге, модуляцияға және электрлік сигналдарды ауыстыруға арналған.

Бұлар - сегнетоэлектриктер, электреттер, пьезоэлектриктер, пироэлектриктер.

Сегнетокерамикалық материалдар активті диэлектриктер ішіндегі ең көп таралғаны және әртүрлі қасиетке ие, оларға химиялық құрамы және қоспалардың концентрациясы әсер етеді. Сегнетокерамикалық материалдардың ішінде кеңінен қолданылатындары конденсаторлық керамика, сызықсыз керамика, терморезистивтік сегнетокерамика және тікбұрышты ілмекті гистерезисі бар сегнетоэлектриктер. *Конденсаторлық сегнетокерамикаға* бари ВаТiO₃ титаны арқылы жасалған материалдар жатады. Оларды сызықсыз конденсаторды жасауға қолданады, ал оларды жиілікті ұлғайтатын диэлектриктер, кернеуді және қуатты күшейткіштер, стабилизаторлар ретінде қолданады. *Сызықсыз сегнетокерамиканы* конденсаторлар жасауда қолданады, олардың көлемі *вариконда* деп аталатын бекітілген кернеуге байланысты. *Терморезистивті сегнетокерамика* секірмелі кедергісі бар терморезисторлы – позисторды жасауға қолданылады. Позисторларды температураны реттеуге және өлшеуге, радиосұлбалардың термокомпенсациясында, азгабаритті термостаттарда, стабилизаторларда және т.б. қолданылады. Тікбұрышты ілмекті гистерезисі бар сегнетоэлектриктер электрлі – есептейтін машиналардың (ЭЕМ) есте сақтау қондырғыларында (ЕСҚ) қолданылады. Ең жақсы сегнетоэлектриктер үшін жылдам қозғалыс ондаған наносекундты құрайды. ЕСҚ қондырғысын жасау үшін цирконат – титанат қорғасын ерітіндісі негізінде жасалған керамика қолданылады.

Электризация немесе поляризацияның арқасында өзінің қоршаған кеңістікте ұзақ уақыт электрлік өріс туғызатын диэлектриктерді *электреттар* деп атайды.

10 Дәріс №10. Өткізгіштік материалдар

Дәрістің мазмұны:

- өткізгіштердің классификациясы;
- электрөткізгіш металдардың табиғаты.

Дәрістің мақсаты: өткізгіштердің қасиетін зерттеу және оларды аппараттың құрылысымен, басқа электротехникалық бұйымдармен байланыстыра білу.

10.1 Өткізгіштік материалдардың анықтамасы, классификациясы және қолданылуы

Өткізгіштік материалдардың анықтамасы, классификациясы және қолданылуы бұл токты жеңіл өткізетін заттар. Өткізгіш материалдарға сұйық және қатты заттар жатуы мүмкін. Қатты өткізгіштерге металдар және олардың қорытпасы, ал сұйыққа – металдардың қорытпасы, ртуть - 20°C температурада сұйық күйінде қалатын металл. Газдар иондалған жағдайда плазма күйінде (10^4 температурада) өткізгіш бола алады.

Қатты өткізгіштер және сұйық металдар электронды өткізгіштікке ие болады; сұйық ерітінділер – иондық өткізгіштікпен; плазмалы өткізгіштіктер бұл жерде қарастырылмайды; газдар және металдың булары қалыпты жағдайда диэлектрик болады.

Электрөткізгіштігі бар қатты өткізгіштер бірінші текті өткізгіштер болып классификацияланады. Екінші текті өткізгіштер немесе элетролиттер бұлар судың және тұздың ерітіндісі, қышқылдар, сілтілер және молекуласы иондық құрылыстан тұратын заттар. Электролит арқылы токтың өтуі электролиз құбылысымен байланысты; бұл жерде электр зарядтары молекуланың (иондар) электролиттері бөлшегімен бірге қозғалады, Фарадей заңы бойынша электроттарда электролиз өнімдері белгіленеді, ал электролиттің құрамы өзгереді. Электр өткізгіштігі бар металдарда олар арқылы ток өткенде металдың массасының және химиялық құрамының өзгерісі байқалмайды.

Электртехникада маңызды қатты өткізгіш ретінде металл және олардың қорытпалары алынады.

Электрөткізгіш материалдар электрөткізу мөлшеріне және қолданысына қарай келесі түрде жіктеледі:

а) өткізгіштігі жоғары металдар (қалыпты температура кезінде меншікті кедергілерді $\rho \leq 0,5 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$). Олар электр машиналардың орамдарына және аз шығынмен үлкен қашықтықтарға электр энергиясын тасымалдау үшін қолданылады;

б) кедергілері жоғары қорытпалар ($\rho \geq 0,05 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$), электрэнергияны жылу энергияға айналдыруға, электротехникалық көмірден жасалатын кедергілерге, компазициялық резисторларда, прожекторларда, электролиттік ванналарда, микрофондарда пайдаланылады;

в) өте төмен (криогендік) температура кезінде меншікті кедергілері тым аз болатын материалдар – асқын өткізгіштер және криогендік өткізгіштер;

д) электротехникада пайдаланылатын әр түрлі металдар және олардың балқымалары, яғни дәнекерлер және термоқостар.

Металдағы электронды газдар туралы болжамды көптеген тәжірбиелер растайды, олар:

1) 2 метал контактары арқылы ұзақ уақыт ток өткенде ол металдардың массасының өзгеруі байқалмайды және бір металдан келесісіне атомдардың өтуі байқалмайды.

2) Металдарды жоғарғы температураға дейін қыздырған кезде бос электрондардың жылу қозғалу жылдамдығы V_T артады және термоэмиссияны

тудырып сыртқы потенциалды жеңу арқылы неғұрлым жылдам электрондар металдардан ұшып кетеді.

3) Жылдам қозғалыстағы біліктің күрт тоқтауы қозғалыстың бағытын жылжыту мүмкін, бұл тоқтатылған біліктің соңында потенциалдар айырымын туғызады.

4) Көлденең магнитті өріске салынған металл пластинкада көлденең ЭҚК пайда болады және өткізгіштің электрлік кедергісі өзгереді (Холл эффектісі; алдында қарастырылған).

Металды жүйе ретінде қарастыратын болсақ, ондағы оң иондар мен қозғалыстағы электрондарды байланыстыратын болсақ, онда металдардың негізгі табиғи қасиетін білуге болады: ырғақтылық, созымдылық, жылтырлығы, жоғарғы жылуөткізгіштігі және үлесті электрөткізгіштігі.

10.2 Балқыту кезіндегі үлесті кедергінің өзгеруі

Металдардың қатты күйден сұйық күйге өтуі кезінде үлесті кедергісінің өсуі байқалады. Металдардағы ρ -ның өзгеруі 10.2 кестеде көрсетілген.

10.2 к е с т е

Элемент	Hg	Cu	Au	Zn	Sn	Ag	Al	Na	Ga	Bi
$\rho_{\text{сұйық}}/\rho_{\text{қатты}}$	3,2	2,4	2,28	2,19	2,1	1,9	1,64	1,45	0,58	0,43

Қатты күйге қарағанда, балқу кезіндегі көлемі көп металдардың үлесті кедергісі балқу кезінде өседі; қарама-қарсы көлемінің өзгерісі бар металдарда балқу кезіндегі ρ -ның кемуі байқалады (Ga, Bi) 10.2 кесте.

10.3 ρ -ның деформация кезінде өзгерісі

Серпімді созылу немесе сығылу кезінде ρ мына формуламен анықталады:

$$\rho_1 = \rho \cdot (1 \pm \varphi \sigma),$$

бұл жерде σ – кимадағы механикалық кернеу;

φ – механикалық кернеудің коэффициенті.

Формуладағы плюс таңбасы созылудың беріктілік шегіне сәйкес келеді σ_p , ал теріс таңбасы – сығылу кезіндегі беріктілік шегі.

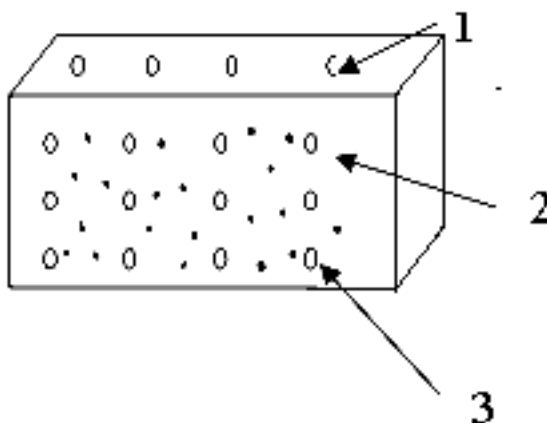
Серпімді деформация кезінде ρ -ның өзгеруі кристалды тордың амплитуданың тербелісінің өзгерісімен түсіндіріледі; созылған кезде үлкейіп, ал сығылғын кезде кристалды торлар кішірейеді. Тордың тербелісінің амплитудасының көбеюі заряд тасушының қозғалысының кемуіне алып келеді, осыған байланысты электрөткізгіштік γ төмендейді, т.б. үлесті кедергі

ρ – артады. Кристалды тордың тербелісінің амплитудасының азаюы кері әсерге алып келеді.

Кристалды тордың бұрмалануы кезінде ырғақты деформация ρ артады.

10.4 Электрөткізгіш металдардың табиғаты

Металдардың электронды теориясы бойынша, қатты өткізгіштер кристалды тордан тұрады, 10.1 суреттегі бейне



1- кристалды тор; 2- кристалды тордағы металдардың оң иондарының түйіні;
3 – электронды газ.

10.1 сурет - Металдың кристалды өткізгішінің құрылысы

Металдың электронды теориясы бұрын тәжірбие жүзінде табылған электрөткізгіштің негізгі заңдарының талдамалы сипаттауға және анықтауға мүмкіндік берді.

11 Дәріс №11. Өткізгіштердің негізгі электрлік және физикалық қасиеті

Дәрістің мазмұны:

- өткізгіштердің басты сипаттамалары;
- өткізгіш металдар;

Дәрістің мақсаты: өткізгіш материалдардың физикалық табиғи қасиеттерін білу.

11.1 Өткізгішті металдардың табиғаты, негізгі электрлік және физикалық қасиеттері

Металдардың – қатты өткізгіштер, электрондық теорияға сәйкес олар, кристаллды торлардан құрылған. Кристалдық тордың түйінінде оң иондар орналасқан, арасында еркін- электрондық газ. Металлдың электр және жылу өткізгіштігі электрондардың еркін жылжуымен анықталады.

Металдардың электрондық теориясы бойынша өткізгіштігі эксперименталды жолмен табылады және электрондық заңдардың негізінде аналитикалық түрде баяндауға және түсіндіруге болады.

Металл өткізгіштердің негізгі мінездемелеріне мыналар жатады:

- меншікті өткізгіштігі және меншікті кедергісі (γ и ρ);
- меншікті кедергінің температурасы коэффициенті ($T_{\text{кр}}$);
- меншікті жылуөткізгіштік (γ_T);
- потенциалдар айырмасының контакті және термоэлектр қозғаушы күші;
- созылу кезіндегі беріктік шектігі және салыстырмалы созылу.

Тұрақты қимасы (S) және ұзындығы (l), (ρ) өткізгіш үшін мына өрнек бойынша есептеледі

$$\rho = RSI. \quad (11.1)$$

Металл өткізгіштік 20°C температурадағы (ρ) мәндер диапазоны күміс үшін 0.016 бастап және кейбір балқымалар үшін 10 мк Ом \cdot м дейін құрайды.

Металл өткізгіштердің (ρ) меншікті кедергісі, металдардың электронды теориясына негізделіп, былай көрсетілуі мүмкін

$$\rho = 2mV_T / e^2 N \lambda_{\text{орт}}, \quad (11.2)$$

мұнда m -электронның массасы;

V_T - электронның жылу қозғалысының орташа жылдамдығы;

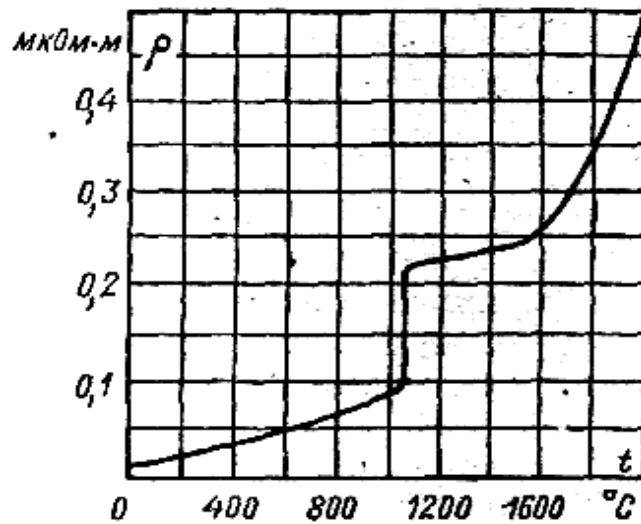
$\lambda_{\text{орт}}$ - электронның тор түйінімен екі рет қақтығысуының арасындағы еркін өтуінің орташа ұзындығы;

e - электрон заряды;

N - өткізгіштің бірлік көлеміндегі бос заряд тасымалдаушылардың саны.

Өртүрлі өткізгіштер үшін v_T – шамамен бірдей. Болмашы ерекшеленеді және N , мысалы, Cu және Ni үшін – бұл айырма 10% . Өткізгіштегі температура ұлғая отырып N саны өзгеріссіз қалады. Ұлғайған кезде t^0 тор тораптарының тербеліс амплитудасы ұлғаяды. Бұл бағытталған қозғалыс жолында көп кедергі тудырады $\lambda_{\text{ср}}$, және электрондардың қозғалмалылығы төмендейді. Сондықтан ρ металдар t^0 – ұлғаяды.

ρ металл өткізгіштің (мыстың) типтік қисық өткізгіші t^0 байланысты 11.1 суретте көрсетілген,



11.1 сурет - Мыстың ρ -ның t –тәуелділігі

ρ -ның секіруі мыстың балқу температурасына сәйкес келеді (1083 °C). Температураның шағын ауқымдарында осындай тәуелділіктегі желілік – шамалап жақындатуға жол беріледі, және ρ шамасы бізді қызықтыратын температура ауқымында Δt формуласы бойынша табылуы мүмкін

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha_\rho \Delta t), \quad (11.3)$$

мұнда ρ_0 мәні (11.3) теңдіктегі (α_ρ) шамасы меншікті кедергінің орташа температуралық коэффициенті деп аталады

$$T_{\kappa_\rho} = \alpha_\rho = \rho_t - \rho_0 / \rho_0 \Delta t [\text{ГРАД}^{-1}] \quad (11.4)$$

Қатты таза металдардың α_ρ сан мәні идеал газ үлкеюінің температуралық коэффициентіне жақын, $\alpha_\rho = \rho_t - \rho_0 / \rho_0 \Delta t [\text{ГРАД}^{-1}]$

11.1.1 Термо ЭҚК. Екі металдың түйісуінен олардың арасында потенциал-дар айырмасы пайда болады. Металдардың электрондық теориясынан, А және В металдардың түйісу потенциалдар айырмасы мынаған тең

$$U_{AB} = U_B - U_A + KT/e \ln(n_{0A} / n_{0B}), \quad (11.5)$$

мұнда U_B, U_A -потенциалдар айырмасы;

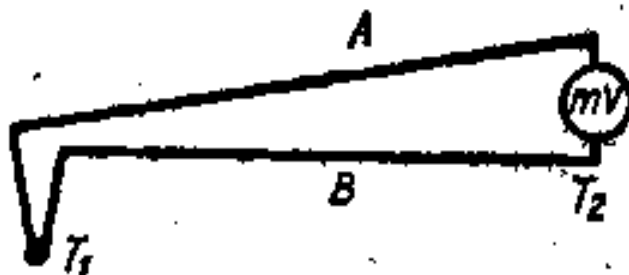
n_{0A} / n_{0B} А және В металдарда электрондардың шоғырлануы.

Егер дәнекерлердің температуралары бірдей болса, онда түйықталған тізбектегі потенциалдар айырмасы 0 тең. Егер бір түйісу T_1 , ал екіншісі T_2 , онда термо ЭҚК пайда болады.

$$U = U_{AB} + U_{BA} = U_B - U_A + KT_1 / e \cdot \ln(n_{0A} / n_{0B}), \quad (11.6)$$

$$U = K / e(T_1 - T_2) \ln(n_{0A} / n_{0B}) = A(T_1 - T_2). \quad (11.7)$$

Үлкен КРП-і және сызықты тәуелділігі $U = f(T_1 - T_2)$ бар екі металды қабылдай отырып оны температураны анықтау үшін анықтаймыз. (термопары).



11.2 сурет– Термопар сұлбасы

Термопарлар температураны өлшеуге қиын болатын жерлерді басқа тәсілдермен өлшеуге арналған (ол электрлік машиналардың магнитті өткізгіштерін, трансформаторларды және тағы басқа).

11.2 Өткізгіштігі жоғары өткізгіш материалдар

Электрөткізгіштігі жоғары, көп таралған материалдарға алюминий мен мыс жатады.

11.2.1 Мысты сульфид кендерін өңдеу арқылы алады. Қатты мысты жоғары беріктілік керек жерлерде қолданады: бұл трамвайлар мен троллейбустардың түйіспелі сымдарында және электр машиналардың коллекторлы пластиналарында қолданылады. Жұмсақ мысты икемділік қажет кезде машина, трансформаторларды орау үшін сым ретінде қолданады, ал беріктіктің σ_p едәуір маңызы жоқ.

Мыс – қымбат және тапшы материал. Жер құрамында Cu 0.01% ғана кездеседі. Сондықтан мысты тұтынуға радиотехника, электр техника және байланыста иілгіш кабельдер мен құрастыру сымдарына талшық жүргізілетін электр машиналары, коллекторлық платиналар, түйіспелі сымдарда орауыш сымдар ретінде қолдануға шектеу қойылған.

11.2.2 Алюминий- көп тараған элемент. Жер қойнауында мөлшері бойынша 8.8 %. Өте көп минералдардың құрамында $Al_2 O_3$ қышқыл түрінде кездеседі. Таза күйінде – жылтыр-ақ металл. Техникалық таза металдың құрамында 99.5 – 99.7% алюминий бар. Меншікті кедергісі $\rho_{Al} = 0.0286 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$, бұл мыстан 60% жоғары, бірақ алюминийдің мыстан 3.3 есе жеңіл екенін ескерсек, алюминий-дің электрөткізгіштігі γ мыстан 2 есе артық. Алюминиді электроникада әуе желілерінің сымдарын, құрама шиналарын,

трансформатордың орамаларын, кабельдердің сымдарын және қорғаныс қабыршақтарын, т.б. жасауға қолданылады.

11.2.3 Темір Fe темір жоғары механикалық берік, барынша арзан және қолжетімді металл, кейбір жағдайларда меншікті кедергісі $\rho = 0,098$ барынша жоғары өткізгіш материал ретінде қолданылады.

12 Дәріс №12. Жартылай өткізгіштер

Дәріс мазмұны:

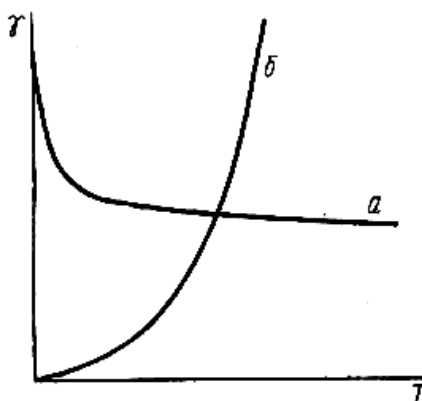
- жартылай өткізгіштердің өткізгіштігінің физикалық негіздері;
- қарапайым және күрделі жартылай өткізгіштер, оларды қолдану облыстары.

Дәріс мақсаты:

- жартылай өткізгіштердің электр өткізгіштік түрлерінің физикалық мәнін және оның әртүрлі факторларға тәуелділігін түсіндіру ;
- жартылай өткізгіштердің қасиетін зерделеу және электр энергетикасында олардың қолданылу облысы.

12.1 Жартылай өткізгіш материалдар

Бөлме температурасында меншікті кедергісі $10^{-6} - 10^9$ Ом·м құрайтын жартылай өткізгіштер, материалдар мен диэлектриктердің арасында орын алады. Жартылай өткізгіштердің меншікті кедергісі сыртқы факторларға, түріне және құрамындағы қоспалардың мөлшеріне, тәуелді. Жартылай өткізгіштердің меншікті кедергісінің температуралық коэффициенті теріс, ал меншікті өткізгіштігі оң.



12.1 сурет - а-материалдары мен б-жартылай өткізгіштерінің $\gamma=\varphi(T)$ ге тәуелділігі

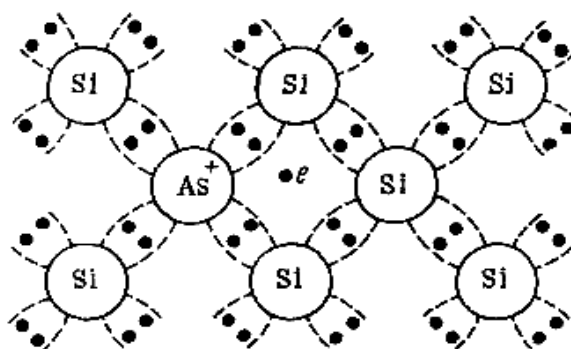
Жартылай өткізгіштерге химиялық элементтер тізбегі жатады (жай жартылай өткізгіштер): германий Ge, кремний Si, селен Se, бор B, көміртегі C, фосфор P, мышьяк As, сурьма Sb, сера S, теллур Te, қалайы Sn, йод I.

Күрделі жартылай өткізгіштер бинарлы қосылған $A^{III}B^V$ (GaP, GaAs, және басқалары) бастап, $A^{VIII}B^{VI}$ дейін (Fe_2O_3, NiO), үш қосынды $A^I B^V B^{VI}_2$ ($CuSbS_2$ және басқалары) бастап, $A^{IV} B^V B^{VI}$ ($PbBiSe_2$ және басқалары) дейін, қатты ерітінді: GeSi; $GaAs_{1-x}P_x$, және басқалары.

Көп фазалы жартылай өткізгіштерге кремнидің карбиді, графит, арнайы керамикалық немесе басқа байланыс (тирит, силит және т.б.), қазіргі уақытта шыны тәрізді және сұйық жартылай өткізгіш жасалуда. Жартылай өткізгіштердің ерекше қасиеттеріне орай, техникалық кең қолданылуы әр түрлі аспаптардың – жартылай диод, транзисторлар, тиристорлар, фотодиодтар, фототранзисторлар, светодиодтар, жартылай өткізгішті лазерлер, қысым датчиктерін, магнитті өрістерді, температура, сәулелену, және т.б. жасалуында қолданылады. Жартылай өткізгішті электроника, электрондық жабдықтардың микроминиатюризациясына жол ашты. Жартылай өткізгіштерден жасалған аспаптар бір қатар артылықшылықтары бар: ұзақ мерзімді қызметі, көлемі және салмағы аздығы, конструкцияның оңайлығы және сенімділігі, механикалық беріктігі үлкен жартылай өткізгішті аспаптар, қыздыру тізбектерінің жоқтығы, төмен қуатты қолданылуы және инерциялығының аздығы. Көп мөлшерде өндіргенде олар экономикалы орынды.

12.2 Жартылай өткізгіштердің электрөткізгіштігі

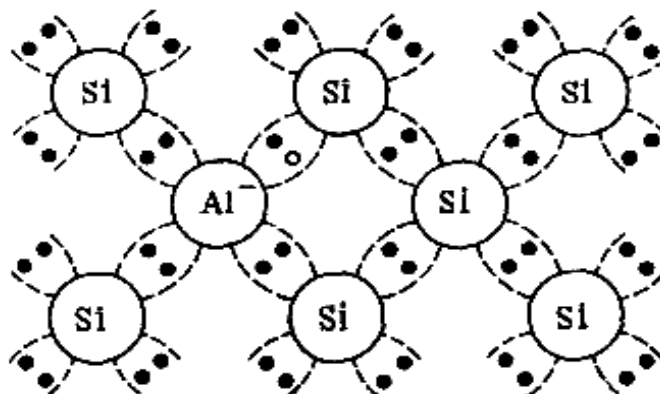
Өздік деп құрамында қоспалары болмайтын жартылай өткізгіштерді айтады. Қоспалы деп құрамында донорлы және акцепторлы қоспалары бар жартылай өткізгіштерді айтады. Егер Si және Ge – ға қоспа ретінде 5 валенттік электрондары бар, Менделеев кестесіндегі V топ элементі мышьякты As қоссақ, онда бесінші электрон As коваленттік байланыста болмайды. Ол өзінің атомдарымен кулондық күшпен байланысты.



12.2 сурет - n-типті жартылай өткізгіштің кристалды торының жазық үлгісі (кремний Si мышьякпен As қосылған)

Жақындағы атомдармен байланысын біріктіру үшін керек валенттік электрондары көп қоспа донорлы деп, ал мұндай қоспасы бар жартылай

өткізгіш – электронды электрөткізгіштігі бар жартылай өткізгіш деп аталады (немесе n-типті). Егер IV топтағы жартылай өткізгішті III топ элементіне қоспасын қосса, мысалы Al, онда алюминийдің барлық үш валенті электрондары ковалентті байланысқа қатысады. Мұндай қоспа акцепторлы деп, ал мұндай қоспасы бар жартылай өткізгіш – тесік электрөткізгіштігі бар жартылай өткізгіш деп аталады (немесе p-типті).



12.3 сурет - p-типті жартылай өткізгіштің кристалды торының жазық үлгісі (кремний Si алюминиймен Al қосылған)

12.3 Жартылай өткізгіш электрөткізгіштігінің шоғырлануы мен зарядтың жылжымалы тасымалдауышымен байланысы

Сыртқы электр өрісін есептегенде, жартылай өткізгіш арқылы ағатын тоқ тығыздығы

$$I_n = nev_n, \quad (12.1)$$

мұнда n – электрондардың өткізгіш зонасындағы шоғырлануы;

e – электрон заряды;

v_n – электрондардың жылдамдығы.

Жартылай өткізгіштің меншікті өткізгіштігі электрондардың қозғалтқышын есепке алып, электрондармен түсіндіріледі.

$$\gamma_n = neu_n. \quad (12.2)$$

Өзіндік жартылай өткізгіш үшін ұқсас саңылау құраушы

$$I_p = pev_p \text{ және } \gamma_p = peu_p. \quad (12.3)$$

Жартылай өткізгіш арқылы ағатын толық тоқ тығыздығы

$$I = I_n + I_p = (neu_n + peu_p)E, \quad (12.4)$$

$$\gamma_{\text{сoб}} = \gamma_n + \gamma_p = neu_n + peu_p = en_i(u_n + u_p), \quad (12.5)$$

мұндағы $n=p=n_i$ (i – intrinsic – собственный).

Электронды жартылай өткізгіштіктің меншікті өткізгіштігі, меншікті электрлі өткізгіштігі γ_{np} және $\gamma_{\text{сoб}}$ қосындысына тең.

$$\gamma_n = \gamma_{\text{np}} + \gamma_{\text{сoб}}, \quad (12.6)$$

мұнда $\gamma_{\text{np}}=n_d eu_n$;

n_d – донорлы қоспалардың есебі бойынша бос электрондардың шоғырлануы.

Тесік жартылай өткізгіште

$$\gamma_p = \gamma_{\text{np}} + \gamma_{\text{сoб}}, \quad (12.7)$$

мұнда $\gamma_{\text{np}} = p_a eu_p$; p_a – акцепторлар арқасында тесіктердің шоғырлануы.

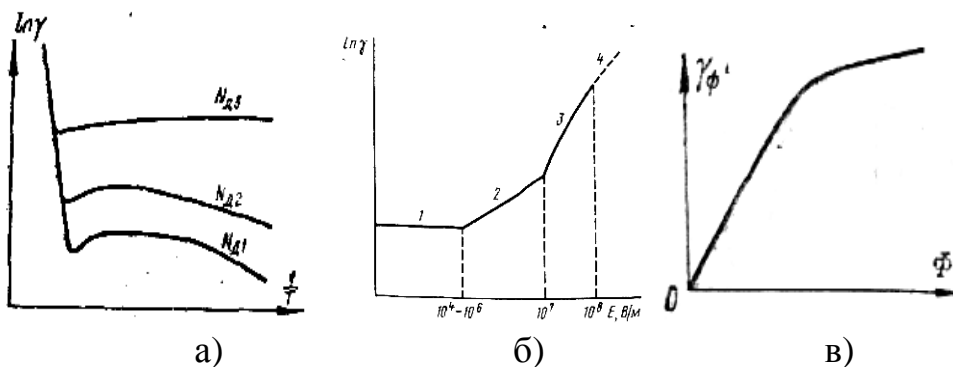
12.4 Жартылай электрөткізгіштің сыртқы факторлардың әсеріне тәуелділігі

Зарядтың тасымалдаушыларының қозғалғыштығы температура жоғарлаған сайын, мына теңдікпен жартылай өткізгіштің электр өткізгіштігіде жоғарылайды.

Заряд тасымалдағыштарының қозғалмалылығы температураның артуымен төмендегі формулаға сәйкес ұлғаяды

$$u \sim T^{3/2}, \quad (12.8)$$

осымен бірге жартылай өткізгіштердің электрөткізгіштігі де артады.



а) T температурадан (қоспаның шоғырлануы $n_2 > n_1$);

б) әр түрлі температурадағы ($T_2 > T_1$) E электр өрісі кернеуінің;

в) L жарықтануға тәуелділігі.

12.4 сурет – Жартылай өткізгіштің меншікті өткізгіштігі

13 Дәріс №13. Жартылай өткізгіштер. Қарапайым және күрделі, органикалық және органикалық емес жартылай өткізгіштер

Дәріс мазмұны:

- жартылай өткізгіштердің өткізу қабілетінің физикалық негіздері;
- органикалық емес және органикалық жартылай өткізгіштер.

Дәріс мақсаты: жартылай өткізгіштер мен олардың әртүрлі факторларға тәуелділігін зерделеу;

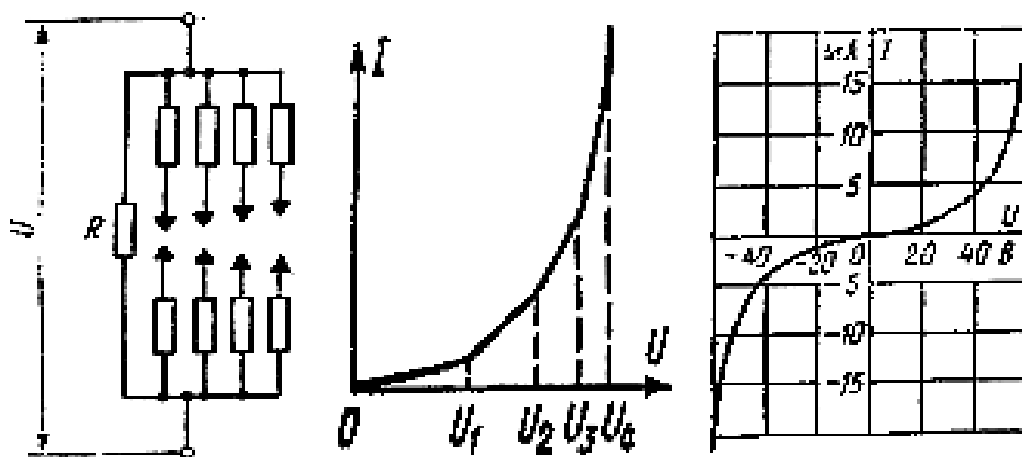
13.1 Қарапайым жартылай өткізгіштер

Жартылай өткізгішті аспаптардың өндірісінде кең қолданыс тапқан ең алғашқы жартылай өткізгіш – германий (Ge). Оны түзеткіш және импульсті диодтарды, транзисторларды, фотодиодтарды, фоторезисторларды, тиристорларды, тензометрлерді және т. б. жасау үшін қолданады. Кремний (Si) – бұл Менделеев кестесіндегі IV топ элементі. Технологиялық қатынаста кремний германийға (Ge) қарағанда күрделі, оның балқу температурасы 1420°C және балқытылған күйінде айтарлықтай активті. Кремнийді әр түрлі диодтар, транзисторлар, тиристорлар, стабилитрондар, фотодиодтар, Холлдың тетіктері, тензометрлер, интегралды сұлбалар және т. б. жартылай өткізгішті аспаптар үшін қолданады. Жай элементтерден жартылай өткізгішті аспаптарды жасау үшін IV топ элементтері (Se) және (Te) қолданады.

13.2 Күрделі жартылай өткізгіштер

Кремний карбиді SiC - бұл SiC_x ($x=1$) формуласына сәйкес келетін IV топ элементтері кремний мен көміртектің қосындысы. Оның 70% Si, 30% C (салмағы бойынша) SiC доғалы электрлік пештерде кварцты құм SiO_2 коксты біріктіру арқылы өндіреді. SiC-тің таза кристалдары түссіз, ал Si мен C қоспалары мен басымдылықтары әр түрлі түстерге бояйды. SiC кристалдарының қоспаларының электрөткізгіштігі (γ) - 20°C - та үлкен аумақта тербеледі.

Варисторлардағы SiC түйіршіктері байланыстырғыш заттармен бекітіледі. Байланыстырғыш ретінде сазды, ультрафарфорды, сұйық шыныны және т.б. қолданады. SiC түйіршіктерінен тұратын резистордың эквивалентті сұлбасы жалпы түрде 13.1 суретте көрсетілген.



13.1 сурет - SiC-а порошок дәндерінен тұратын резистордың эквиваленттік сұлбасы; $U_1 < U_2 < U_3 < U_4 < U_5$ -б жеке контактілердің иілу кернулерінің ВАС және в- айнымалы токтағы шешуші ВАС

Берілген кернеуді үлкейткен сайын электроөткізгіштік (γ) тез өседі, осыған сәйкес жіңішке резистордың сызықсыз ВАС-ы варитор деген ат алған. электроникада SiC: ЛЭП-ті кернеу өзгеріснен құтқаратын вентильді разрядтар үшін; жоғары температуралы электропештердің қыздырғыштар үшін; игнитронды жандырғыштар үшін және т.б.

13.3 Органикалық және органикалық емес жартылай өткізгіштер.

Жартылай өткізгіш материалдар келесі класстарға жіктеледі:

- а) меншікті жартылай өткізгіш химиялық элементтер;
- б) қоспалы жартылай өткізгіш химиялық элементтер;
- в) жартылай өткізгіш органикалық есес қоспалар;
- г) жартылай өткізгіш органикалық қоспалар.

13.3.1 Меншікті жартылай өткізгіш химиялық элементтер.

Жартылай өткізгіш химиялық элементтер қатарына зоналар теориясы бойынша қатты дененің энергетикалық диаграммасында өзіндік тыйым салынған зонасының ені жоқ химиялық элементтер кіреді (13.1 кесте)

13.1 к е с т е - Жартылай өткізгіш химиялық элементтер.

Элементтер	Менделеев кестесінің тобы	Тыйым салынған аумақ ені	Элемент	Менделеев кестесінің тобы	Тыйым салынған аумақ ені
Бор В	III	1.1	Мышьяк As	V	1.2
Кремний Si	IV	1.12	Сера S	VI	2.5
Германий	VI	0.72	Селен Se	VI	1.7
Фосфор P	V	1.5	Теллур Te	VI	0.36
Индий In	III	1.15	Иод J	VII	1.25

13.3.2 Қоспалы жартылай өткізгіш химиялық элементтер.

Қоспаның болуынан жартылай өткізгіштің негізгі элементінің тыйым салынған аймағы он есе қысқарады және жартылай өткізгіштің сыртқы энергияның әсерінен өтімділігін онайлатады. Жартылай өткізгіш қоспалардың химиялық қосылуларын тек басқа элементтердің атомдарының қосылуы ғана емес, сонымен қатар сол қосылыстың химиялық формуласының құрамына кіретін стехиометрикалық құрамы бойынша артық болатын элемент атомдары.

Сонымен қатар қоспалар кристалды тордың дефектілерінің ролын ойнайды: бос түйін, атомдар мен иондар, междуузлии торында пайда болғандар, дислокациялар және орын ауыстырлар, кристалдың пластикалық деформациясы кезінде пайда болғандар, микрожарықтар және т.б.

13.3.3 Жартылай өткізгіш органикалық емес қоспалар.

Органикалық емес жартылай өткізгішті қосылыстарға: оксидтер, сульфидтер, теллуридтер, шынытектес жартылай өткізгіштер, $A^{III} - B^V$; $A^{II} - B^{VI}$ текті химиялық элементтер қосылыстары, Ge – Si құрамы, люминофорлар жатады. Кәдімгі жартылай өткізгіштік оксидтер қатарына мыс шала тотығы Cu_2O және марганец оксиді жатады.

Карбидтер – көміртектің (C) басқа элементтермен қосындысы. SiC кремний карбиді кең қолданысқа ие, себебі ол - карборунд - жартылай кристалды өткізгіш.

Сульфидтер – жоғарғы өткізгіштік қасиетке ие күкіртті қосылыстар. Ең көп қолданысқа ие күкіртті металдар: PbS, Tl_2S және т.б.

Селенидтер және теллуридтер деген Se мен Te кей материалдармен Pb, Hg, Cd қосындылары. Металл артық болған жағыдайда стехиометриялық формулаға қатысты электронды электрөткізгіштік (γ) – n типті түрінде түзіледі; Se немесе Te артық болған жағыдайда тесік электрөткізгіштік болады. Бұл топ жартылай өткізгіштің басты қолданыстағы аймағы болып термоэлектрикалық генераторлар мен мұздатқыштар табылады.

Шыны тәрізді жартылай өткізгіштер. Көп жағдайда органикалық емес шынылар жартылай өткізгіштік қасиетке ие. Шыны тәрізді жартылай өткізгіштің энергетикалық спектрі кристаллдық секілді аумақтан тұрады, бірақ реттелген құрылысына байланысты валентті және өткізгіш аймақтың кеңеюі және рұқсат етілмеген аймақтың тарылуы болады.

$A^{III} - B^V$ жартылай өткізгіштері III топ элементтері - Al, Ga, In мен V топ элементтерінің - P, As, Sb қосындысынан түзіледі.

$A^{II} - B^{VI}$ жартылай өткізгіштері II топ элементтері (Zn, Cd, Hg және т.б.) мен VI топ – S, Se және Te. қосындысынан түзіледі.

Ge және Si қоспасы, балқу температурасы 960-1400 °C -да қайта ерітінді түзеді. Бұл қоспалар n-өткізгіштігі (P және Sb - ді қосқанда) және p-өткізгіштігі (B мен Ga - ді қосқанда) алынуы мүмкін. Бұндай ерітінділер $t^\circ - 500-850$ °C - та термоэлектрлік генераторлар ретінде қолданылады.

Люминофорлар. Люминесценсті сәулелену үшін алынған энергияны (мысалы, электрондар) жарық энергиясына өзгертуді температураны

өзгертпейтін заттар қолданылады. Бұған активатор - қоспалары бар көптеген органикалық емес заттар жатады. Активаторлардың атомдары кристаллдық торға түсіп, оны өзгертеді. Сондықтан люминифорлар дефектті құрылымға ие.

13.4 Жартылай өткізгіштік материалдардың электрлік және физикалық қасиеттерінің салыстырмалы сипаттамасы

13.4.1 Германий - бұл жартылай өткізгіштерді практикалық өндіруде ең алғашқы қолданылған жартылай өткізгіш элементтердің бірі. Оны түзеткіш және импульсті диодтарды, транзисторларды, фотодиодтарды, фоторезисторларды, тиристорларды, тензометрларды және т.б. жасау үшін қолданады.

13.4.2 Кремний - Менделеев IV топ элементі. Si топырақ қабатының 28% құрайды. Табиғатта еркін кездеспейді. Оның қосылыстары - кремнезем (SiO_2) мен силикат. Кремнийді әртүрлі диодтарда, транзисторларда, тиристорларда, стабилитрондарда, фотодиодтарда, Холл тетіктерінде, тензометрлерде, интегралдық сұлбаларында және басқада жартылай өткізгіштерде қолданылады.

13.4.3 Селен Se – VI топ элементі. Ол жер қабатында – $7.10^{-6}\%$ ға дейін кездеседі. Se - сұр түсті. Си -ді электролитикалық тазарту кезінде зиянды өнім ретінде алады. Жартылай өткізгіш аспаптарды жасағанда - фотоэлементтер мен түзеткіштерді сұр кристалл Se-дн жасайды. $W_0=1.79$ эВ.

Теллур (Te) - VI топ элементі. Жартылай өткізгіш, тиым салынған аумағы $W = 0.35$ эВ; балку $t^\circ = 451^\circ C$, жеңіл буланады.

14 Дәріс №14. Магнитті материалдар

Дәріс мазмұны:

- магнитті материалдар классификациясы, магниттелу процесі;
- жұмсақмагнитті және қаттымагнитті материалдар.

Дәріс мақсаты:

- ферромагнетизм табиғатын ұғыну;
- магнитті материалдардың негізгі сипаттамасын, қолдануын білу.

14.1 Магниттік материалдардың жалпы құрамы

Магнитті материалдар, электр энергияны генерирлеу кезінде, жоғары кернеулі тоққа төменгі кернеулі тоқты трансформациялауға және керісінше, электр энергияны механикалық және т.б. энергияға айналдыру кезіндегі магнитті ағынды лезде үдету үшін керек.

Табиғаттағы барлық заттар элементар магнетиктер болып келеді, яғни магниттік қасиеттерге ие және магниттік өріс тудырады. Атомдардың магниттік қасиеттері электрондардың магниттік қасиеттерімен анықталады.

Басқа бөлшектер магнетизмі салыстырмалы аз. Қорытындысында ферромагнетиктердің доменді құрылымы пайда болады. Ферромагнетика көлемі өздігінен локальді облыстардың көлемді санына домендерге бөлінеді, олардың әрқайсысы техникалық қаныққан магнитті көрсетеді. Домендерде атомдардың элементар магнетиктер өздігінен немесе тосын бір бағытта бағдарланған. Домендердің болуы эксперимент жүзінде дәлелденген. Домендердің сызықтық мөлшері 0.001 ден 0.1 мм құрайды. Домендердің магниттік моменттерінің бағыты, магниттік емес ферромагнетика көлемінде тең ықшамдалды. Сондықтан макро бөлшектің қорытқы бір доеннің екінші доенге магниттелу векторының бағытының біртіндеп өзгеруі жүретін шекаралық қабырғалармен өзара бөлінген.

Магниттелудің қисығын анықтауыш доменді құрылымдардың пайда болу теориясы және олардың магниттік моменттердің қайта құрылуы, магнетизм теориясының ең негізгі бөлім болып келеді және де ол магнитті материалдардың техникалық қасиетімен байланысқан.

Магниттелудің қисығын анықтауыш доменді құрылымдардың пайда болу теориясы және олардың магниттік моменттердің қайта құрылуы, магнетизм теориясының ең негізгі бөлім болып келеді және де ол магнитті материалдардың техникалық қасиетімен байланысқан.

Магниттелудің негізгі қисығының және гистерезис жібінің фигуралары түрі бойынша барлық магниттік материалдар 3 топқа бөлінеді:

- жұмсақ магнитті (ЖМ) материалдар;
- қатты магнитті (ҚМ) материалдар;
- арнайы белгіленген магниттік материалдар.

Жұмсақ магнитті материалдардың өзіндік қасиеттері, олардың әлсіз магниттік өрістерде де қанығуына дейін магниттелуі мен қайта магниттелу кезіндегі кішігірім шығындары болып табылады. Жұмсақ магнитті материалдардың бұл қасиеттері оларды электр машиналардың магнитөткізгіштігі үшін, өлшеуіш приборларда, телефондарда және магниттік өріс шоғырлануымен көрсетеді.

Қатты магнитті материалдар тұрақты магнетиктер үшін қолданылады, үлкен меншікті энергиямен, гистерезис тұзағының үлкен ауданы мен қайта магниттелудің үлкен шығынына ие.

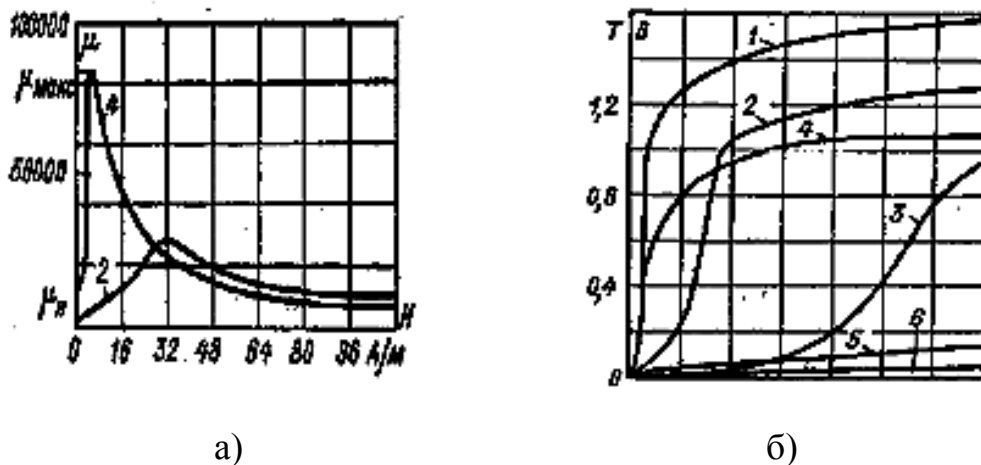
14.2 Магнитті материалдардың негізгі сипаттамасы

Магниттік индукцияның (В) магниттік өріс кернеулігінен (Н) материалдарда тәуелділігін магниттелу қисығы деп аталады.

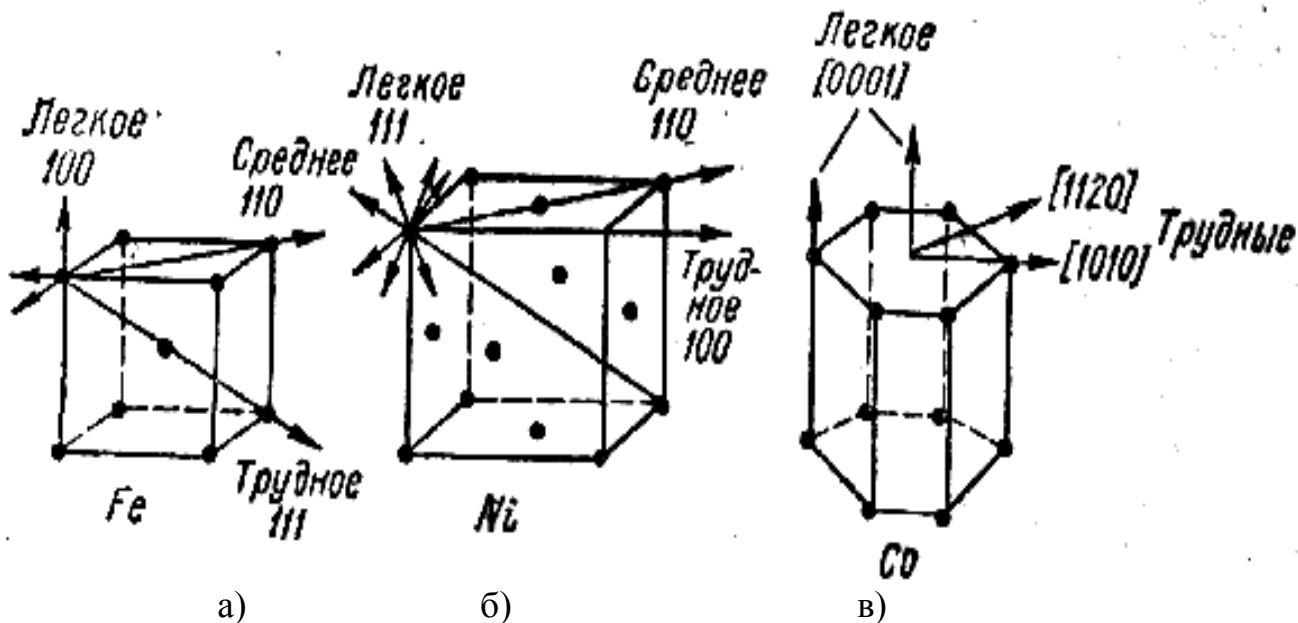
Барлық магниттік материалдар химиялық құрамы мен кристалдық құрылуына тәуелді өзінің магниттелу қисығына ие.

Магниттік өрістегі магнитті домендердің бамагнитті домендердің бағдар процесі магниттік заттың бөлшектерінің сызықтық өлшемінің бойымен сәйкес еледі, және магнитструкция деп атлады. Магнитструкция көлемі кристалл металындағы түрлі бағыттар үшін әртүрлі. Ферромагниттік заттар моно-

кристалы әр түрлі кристалдың осьтер бойымен жеңіл магниттелу түрлілігіне келетін, магниттік анизатропиямен сипатталады.



а) б)
 1 - ерекше таза темір; 2 - таза темір (99.88 %);
 3 - техникалық таза темір (99,92 % Fe); 4 - пермаллой (78 % Ni);
 5 - никель (100 % Ni); 6 - темір - никель балқымасы (26 % Ni).
 14.1 сурет - Магниттелу қисығы (а) және магниттік өтімділік (б)



а - темір; б - никель; в - кобальт.
 14.2 сурет - Монокристалдардағы жеңіл, орташа және қиын магниттелулер бағыттары

Ферромагниттік заттардың монокристалды магниттік әртүрлі кристалдық осьтердің маңында әртүрлі жеңіл магниттелуге әкеліп соғатын анизатропиямен сипатталады. 9.2 суретте Fe, Ni және Co үшін жеңіл, орташа және қиын магниттелу бағыттары көрсетілген.

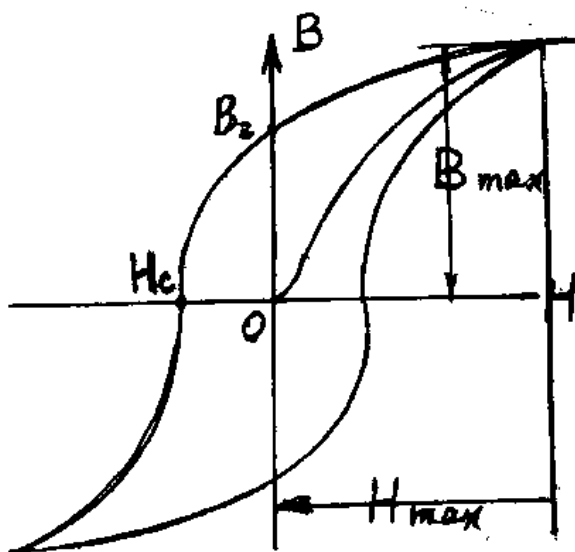
Поликристаллдық магнетиктерде анизатропия жеткілікті тез ұсталған болса онда ферромагнетик магниттік текстурамен иелік етеді айтуға болады.

Магниттік текстура техникада белгелі бір бағытта магниттік материалдардың жоғары магниттік сипаттамаларын құруға арналған.

Айнымалы магниттік өрістердегі ферромагнетиктердің сипаттамасы болып динамикалық магниттік өтімділік болып табылады μ , бұл магниттік индукцияның B_m амплитудалық мәнінің, магниттік өтімділік кернеулігінің H_m амплитудалық мәніне қатынасы болып табылады.

$$\mu = B_m / H_m. \quad (14.1)$$

Магниттелу теориясының басты практикалық сипаттамасы болып гистерезис тұзағы болып табылады. Егер сыртқы магнит өрісте ферромагниттің асқын магниттелуін шығаратын болсақ, онда сол кез келген негізгі сызықтың асқын магниттелген нүктісінен H -ты кішірейтіп бастасақ онда B кеми бастайды, бірақ бас қисық бойымен емес ақырын азая береді осыдан гистерезис құбылысы пайда болады (негіз). Кернеулікті өсірген сайын магниттік өрістің кері бағытындағы үлгі магнитсізденуі мүмкін жаңадан H , B айнымалыларын бергенде орнына қайтып келуі мүмкін.



14.3 сурет - Бастапқы магниттелу қисығы және ферромагниттік материал үшін гистерезис тұзағы

Қалдық индукция (B_r) деп B -ның $H=0$ кезіндегі үлгінің магнитсіздендіру процессін мәнін айтамыз. Индукцияның мәнін B_r -дан нөлге дейін кішірейту үшін, тоқтатың (коэрциттік) күш деп аталатын кері бағытталған өзгеріс кернеулігін кері қою қажет.

15 Дәріс №15. Магнитті материалдардың қасиеті және қолдану облысы

Дәріс мазмұны: магниттік материалдар, олардың қасиеті және қолдану облысы

Дәріс мақсаты:

- магниттік материалдардың қасиеттерін үйрену;
- олардың қолдау облыстары туралы жалпылама білу.

15.1 Жұмсақ магнитті материалдар (ЖМ)

Түрлі жұмсақмагниттік материалдардың жиілік диапазоны едәуір дәрежеде олардың меншікті қарсылық ρ -мен анықталады. Ол неғұрлым үлкен болса, соғұрлым жоғары жиілікте (f) жұмсақ магнитті материалдарды қолдануға болады.

Болат.

Үндетілген электротехникалық болат – негізгі кең ауқымды қолданылатын жұмсақ магнитті материалы. Болат құрамына кремнийдің екеуі ρ - ді көбейтеді (үлкейтеді), яғни R_B -ға шығынын азайтады. Бұдан басқа, Si болат құрамында болуы C көміртегіні ерітеді. Бұл жағдай μ_a көбейтеді, не кішірейтеді, R_g азайтады. Бірақ кремнийдің болаттағы қосындысы оның сынғыштығын көбейтеді де лестер құюға кедергі жасайды. Текстурленген болат анизатропты және орама жолымен жасалған трансформаторлар жүрекшелері үшін қолданады, олардың салмағы мен габаритті өлшемдерін 40% -қа дейін кішірейтуге мүмкіндік береді.

Пермаллои.

Пермоллейлер деп аталатын темір- никельдің қорытпалар әлсіз өрістердегі облыстарда $\mu_{баст}$ бастапқы үлкен мәніне ие. Бұл жағдай оларда анизатропия мен магнитострукцияның жоқтығына байланысты. Жоғары никельділер құрамында никель Ni -72 – 80 % және төмен никельді пермаллоялар – құрамында Ni – 40 -50 % деп оларды айырады.

Жоғары никельді пермаллоялар аз габаритті дроссельдер жүрекшелерінде, дыбысты диапазонның аз габаритті транзисторларында, импульстік трансформаторларда, дроссельдерде және т.б. жоғары концентрациялы магнитті ағынның құрал жабдықтарында, импульстік трансформаторларында, магниттік үдеткіштерде қолданылады.

Төмен никельді пермаллоя жоғары никельділерге қарағанда 2 есе жоғарым қанығу индукциясына ие, яғни төменгі никельді пермаллояды күшті трансформаторларда, дросселдерде және т.б. магнит ағының жоғарғы концентрациясы приборларда қолданылады.

Альсифирлер.

Қорытпалар Fe, Si ;және Al – үштік қорытпалар альсифирлер деп аталады. Олардың тиімді құрамы 9.5% Si; 5.6 % Al; қалғаны – Fe құрамында

көп мөлшерде кремний болғандықтан бұндай қорытпа қатты және сынғыш, бірақ фасондық ағызулар ретінде қолданылады.

Альсифирдан жасалғандар: приборлар корпусының магнитті экраны және т.б. Альсифирді порошок түрінде үгітіп, жоғары меншікті престелген өзектер жасау үшін қолдануға болады.

Ферриттер

Магнитті материалдардағы R_B құйындық нүктелерге шығыны f^2 жиілігіне пропорционалды, сондықтан магнитті материалдар жоғары және өте жоғары жиіліктерде аз электрлік өткізгіштің және жоғары меншікті кедергіге ие болуы керек.

Бұл заттар спиндердің кейбіреулерімен антипараллельді орналасуын бірінің бағытын бірі тәуелденуіне ие – бұл ферромагнетиктер. Олар домендік құрылымды Кюри нүктесіне ие; оларға ферромагнетиктерге келтірілген барлық сипаттамалар қолданылған. Ферриттер деп аталатын күрделі оксидті материалдар – ферримагнетиктер деп аталады.

15.2 Қатты магнитті материалдар (КМ)

Өте үлкен коэрцитивті күшіне H_C ие, енді гистерезис тұзағы бар ферромагниттік материалдар қатты магнитті материалдар (КМ) деп аталады. Әлсіз магнитті фазалар арасында арналған магниттелмеген домендердің суу процесінде ғана H_C жоғары мәндері кейбір қорытпаларға (40000 А/м астам),

Мұндай материалдарда домендердің қосылу процесі күрделі, және де домендердің магнитті моменті магнитті өріс бағытымен бағдарланған болып қалады. Осылайша тұрақты магниттер пайда болады.

Қатты магнитті материалдардың сипаттамасы болып H_C коэрцитивті күші, W_{max} сыртқы B_r қалдық индукция мен максимальді энергия қызмет атқарады. Қатты магнитті материалдық μ төмен. Сонымен қатар, H_C неғұрлым жоғары болса, соғұрлым B_r төмен.

Тұйық жағдайдағы магнит (терроид түрі) сыртқы кеңістікке энергияны бермейді. Көлемі саңылаудың ұзындығына байланысты, сонымен бірге B_1 индукциясының аралықта магнит полюстерінің магнитсізденуі әрекетінде B_r -дан аз болатын, ауадағы саңылау бар болғанда полюстердің арасында энергияны кеңістікке жіберу пайда болады. Бірлік көлемінде берілген ауадағы саңылау энергиясы – магнитті меншікті энергия (энергия тығыздығы) келесі формуламен анықталады

$$W = B_1 H_1 / 8\pi [Дж / м^3] \quad (15.1)$$

Магнит ұзындығы және саңылауы кіші болған сайын, полюстердің магнитсізделу өрісі үлкен және B_1 кіші болады. Тұйықталған магнитте $B_1 = B_r$ және $W = 0$, яғни $H_1 = 0$ тең. Егер саңылау үлкен болса, онда $W \rightarrow 0$, сөйтіп $B_1 = 0$, $H_1 = H_C$, кейбір мәндерде B_1 мен H_1 , $W_1 = max$. Бұл W_{max} мәні магниттің

қолдануын анықтайды және тұрақты магниттер үшін негізгі сипаттамалық қасиеті болып табылады.

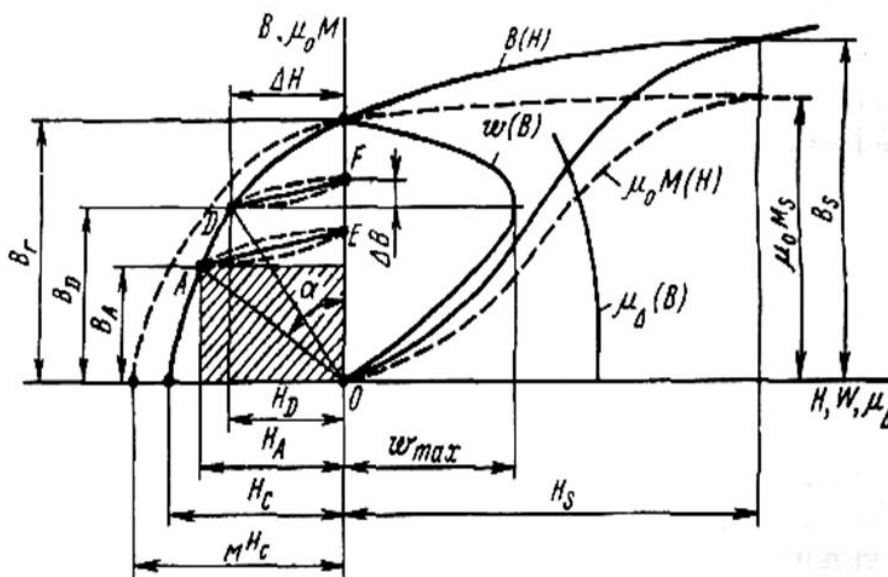
Fe-Ni-Al - гі қорытпалар тұрақты магниттер үшін негізгі болып табылады. Жоғарғы коэрцитивті түзелуде, қорытпалардың бұл әлпетінде қорытпаның қаттығу механизмі үлкен роль атқарады. Ұнтақталу, металлургия тәсілімен алынатын магниттер, металлокерамикалық, металлопластикалық, оксидті және микроұнтақтар болып бөлінеді. Металлокерамикалық магниттерді престоу арқылы металды ұнтақтарды да алады.

Металлопластикалық магниттерді металды ұнтақтардан прстейді, ысытуды байланыстыру затының полимизациялануына дейін жасайды. Олар төмендетілген магнитті қасиеттерге, жоғарғы ρ , аз тығыздыққа ие және сәйкесінше арзан.

Оксидті магниттер арасында практикалық мәнге барии ферриті мен кобальт негізіндегі магниттер ие.

Mn – Bi, Fe мен Fe – Co микроұнтақтардан тұратын магниттер.

Mn – Bi ұнтақтың магнитті қасиеттері тұрақты магниттердің күшті металды материалдары үшін сәйкес келеді. Аса үлкен коэрцитивті күшке H_C – ке ие. Бірақ бұл қасиеттер (+20) температураға дейін сақталады, бұдан төмен температурада олар құлайды және оларды қайта құру үшін қайта магниттеу керек болады.



15.1 сурет - Магнитті қатты материалдардың құрылымдарын сипаттайтын қисық магниттеу

Fe және Fe – Co магнитті ұнтақтардан 0.01 – 0.1 микрон өлшем бірлікпен химиялық әрекеттерді талап етеді. Мұндай ұнтақтардан керек формалы магниттерді прстейді.

Мартенситте балқытылған, легирленген болаттар. Балқыту арқылы алынатын болаттың микроструктура түрі мартенсит деп аталады.

Тұрақты магниттер үшін мартенситті болаттар басқа материалдардан да ертерек қолданылған. Қазіргі уақытта оларды төмен магнитті қасиеттер үшін сәйкесінше аз қолданады. Бірақ олардан нақты бас тартпайды, өйткені олар арзан және металл кескіш станоктарда механикалық түзетуге жібереді.

Қатты магнитті ферритер. Қатты магнитті ферритге ұнтақтан жасалған, яғни ұнтақталған металлургия әдісімен алынған магниттер жатады. Олар жоғарыда көрсетілген металлокерамикалық, металлопластикалық, оксидті магниттер және домен көлеміне тең микроұнтақтардан жасалған магниттер. Қатты магнитті ферриттерге барлық ферриттер, кобальтан жасалған ферриттер, Mn-Vi, Fe, Fe-Co микроұнтақтардағы магниттер. Пластикалық деформацияланатын қорытпалар және магнитті ленталар. Жазып алу мен дыбысты қайта өндіру үшін қатты материалдар – лента мен сым темір жасауға мүмкіндік беретін болат және қорытпалар, биметалды ленталар, ұнтақ тәрізді магнитпен олардың бетіне қорытпалар, биметалды ленталар, ұнтақ тәрізді магнитпен олардың бетіне қондырылған немесе магнит толтырғыштың көлемімен ендірілген пластмассадан және целлюлозадан жасалған ленталар қолданылады.

15.3 Құрастырылған материалдар – шойындар мен болаттар

Бұл материалдар, электро машиналар жасауда, аспап жасауда қолданыла-тын, жоғары механикалық қасиетімен және кең технологиялық мүмкіндіктерімен ерекшеленуі керек. Магнитті қасиетіне қарай олар магнитті материалдар және магнитті материалдар емес болып бөлінеді. Біріншісіне сұр шойын, көмірқышқылданған және легирленген болаттар; екіншісіне – магнитті емес шойын және магнитті емес болат жатады.

Әдебиеттер тізімі

1. Алиев И.И., Калганов С.Т. Электротехнические материалы и изделия. – М.: Academia, 2005. – 280 б.
2. Серебряков А.С. Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. — М.: Маршрут, 2005. - 280 с.
3. Чумаченко Ю.Т., Чумаченко Г.В. Материаловедение. Учебник. Среднее спец. образование. 2005. - 316 с.
4. Электротехническое материаловедение. Учебное пособие, — Владивосток, 2006 - 115 с
5. Электротехнические материалы и изделия Справочник. И.Алиев, С.Калганова., — М.: РадиоСофт, 2007. - 352 с.
6. Серебряков Л.С. Электротехническое материаловедение. Проводниковые, полупроводниковые и магнитные материалы: Учебное пособие. — М.: ГОУ , 2008. - 372 с. Часть 1 Часть 2.
7. Электротехнические и конструкционные материалы. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. В.Матюнин, В.Н. Бородулин, В.А.Филиков. Изд-во: Академия 2012. – 280 с.

Мазмұны

Кіріспе.....	3
1 Дәріс №1. Негізгі түсініктер. Электротехникалық материалдардың класификациясы.....	3
2 Дәріс №2. Диэлектриктердегі физикалық процесстер. Диэлектриктердің поляризациясы мен электр өткізгіштігі.....	7
3 Дәріс №3. Диэлектриктің электрөтімділігі.....	13
4 Дәріс №4. Диэлектриктердегі физикалық процесстер. Диэлектрлік шығындар.....	17
5 Дәріс №5. Диэлектриктердің электр беріктілігі.....	20
6 Дәріс №6. Электроқшаулағыш материалдардың физико-механикалық қасиеттері.....	24
7 Дәріс №7. Диэлектрлік материалдар. Газтәрізді және сұйық диэлектриктер.....	27
8 Дәріс №8. Қатты органикалық диэлектриктер.....	31
9 Дәріс №9. Қатты органикалық емес және активті диэлектриктер.....	33
10 Дәріс №10. Өткізгіш материалдар.....	35
11 Дәріс №11. Өткізгіштердің негізгі электрлік және физикалық қасиеті.....	38
12 Дәріс №12. Жартылай өткізгіштер.....	42
13 Дәріс №13. Жартылай өткізгіштер. Қарапайым және күрделі, органикалық және органикалық емес жартылай өткізгіштер.....	46
14 Лекции №14. Магниттік материалдар.....	49
15 Лекции №15. Магнитті материалдардың қасиеті және қолдану облысы.....	53
Әдебиеттер тізімі.....	57

Рауза Мендыхановна Кузембаева
Райгуль Толеухановна Мукашева

ЭЛЕКТРТЕХНИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛТАНУ

5B071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттері үшін
дәрістер жинағы

Редактор Қасымжанова Б.С.
Стандарттау бойынша маман Н.Қ Молдабекова

Басылымға қол қойылды _____
Таралымы 150 дана
Көлемі оқу 3.69 баспа табақ

Пішімі 60×84/16
№2 баспаханалық қағаз
Тапсырыс 150. Бағасы 1844_теңге

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі - көбейткіш бюросы
050013 Алматы, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126