



SCIENCE: RESEARCH AND PRACTICE

ӨОЖ 377.031.4

DOI 10.56525//GRIO6609

ДИЭЛЕКТРИКТЕРДІҢ ЭЛЕКТРЛІК БЕРІКТІГІ

ЖАЗЫЛБАЕВА Н.С.Ш.Есенов атындағы Каспий технологиялар
және инжиниринг университеті

Ақтау, Қазақстан

E-mail: nurgul.zhazylbayeva@yu.edu.kz

Аңдатпа. Адам өмірінде, іс жүзінде де қатты денелер үлкен роль атқарады. Металдар, диэлектриктер, электротехника, жартылай өткізгіштер, бір-біріне жақын жатқан электрондар, магниттер, өткізгіштер – бұлардың барлығы қатты денелер болып табылады. Ғылыми – техникалық прогрестің қалануы негіз болған қатты дене екені сөзбен бекітуге болады. Бірақ оларды зерттеуде тек қана практикалық іс жағы маңызды болған жоқ. Өздерінің даму ішкі жүйелеріне қатты дене физикасы маңыздылық қасиеттерін түсінуіне ғылыми жол ашты. техникада қолданылатын барлық материалдар үш топқа өткізгіштерге, жартылай өткізгіштерге және диэлектриктерге бөлінеді. Бұл материалдар электр кедергісінің шамасы, оның қыздырған кездегі өзгерісінің сипаты және өткізгіштігінің түрі бойынша ажыратылады.

Өткізгіштердің меншікті электр кедергісі $10^{-6}+10^{-3}$ Ом·см шегінде болады және аралық электр кедергісі аз материал ретінде тұрақты және айналмалы токтарды өткізу үшін кедергілердің элементтері, қыздырғыш элементтер, контактылар т. б. үшін қолданылады.

Жартылай өткізгіштердің меншікті электр кедергісі $10^{-3}+10^{+10}$ Ом·см шегінде болады және қыздырғанда кемиді. Оларды түзету, күшейту, энергияның алуан түрлерін электр энергиясына айналдыру үшін қолданылады.

Диэлектриктердің меншікті электр кедергісі $10^{+10}+10^{+18}$ Ом·см шегінде болады, олар изолятор ретінде қолданылады.

Қатты денелердің өткізгіштігі ең алдымен электрондық құрлысымен анықталады. Қатты денелерде атомдардың электромагниттік өрісінің өзара әсерлесуі нәтижесінде энергетикалық электрондық қосалқы деңгейлер энергетикалық зона түзеп жіктеледі [1].

Жоғарырақ энергияға ауысқанда рұқсат етілген қосалқы деңгейлер зонасының ені артады да, зоналар айқасып кетеді. Атомдардың ара қашықтығына дейін жақындағанда тыйым салынған энергия зоналары тіпті жоғалып кетеді. Зоналардың электрондармен толған тығыздығы және олардың айқасуы қатты денелердің электр өткізгіштігін анықтайды.

Түйінді сөздер: диэлектрик, композиция, автоматика, электроника, радиотехника, авиациялық-космостық, ракета, электрлік, өткізгіш.

Кіріспе. Қазіргі уақытта, әсіресе, физика курсына мынадай үлкен тақырыптар – сақталу заңдары, қатты дененің динамикасы және т.б. бойынша жаңа демонстрациялық эксперименттерді құру, бар эксперименттерді толықтырып және жетілдіру қажеттіліктері туып отыр. Қазіргі заманға сай ғылыми идеялардың және техникалық жетістіктердің

нәтижесінде одан әрі жетілдіруге мүмкіндіктер бар деп айтуға болады.⁶ Диэлектрикті материалдар индустриалды - инновациялық жобаның іске асуында үлкен орын алуда. Қазіргі заманғы автоматика, электроника электротехника, радиотехника салаларын диэлектриктік материалдарсыз елестету қиын. Диэлектриктік және композициялық материалдардың физикалық қасиеттеріне қарай қолданылатын саласы алуан түрлі. Авиациялық-космостық, ракеталық және басқа да техника салаларынан өзгеше олар энергетикалық құбыр жасауда, автомобиль, кен және металлургия өнеркәсіптерінде, құрылыста, байланыста және жол қатынастарында табысты қолданылады. Бұл материалдардың қолданылу ауқымы күннен күнге өсуде және әлі де талай қызығушылық тудырмақ. Бұл материалдардың электрлік қасиеттерін тереңірек білу инновациялық технологиялардың дамуына жол ашады.

Диэлектрлік материалдарды радиоэлектрондық аппаратурада қолдану ерекшеліктері олардың қасиетіне электр өрісі жиілігінің әсерін, әсіресе диэлектрлік шығындарды, есепке алуды талап етеді. Сондықтан радиоэлектроникада барлық диэлектрлік материалдарды олардың электрлік өрістерде полярлы (төмен жиілікті) және полярлық емес (жоғары жиілікті) болып берілуі бойынша бөлу қолданылады [1].

Диэлектрикке берілген электр өрісінің кернеулігін арттыру оның өткізгіштігін арттырады. $U_{\text{өтк.}}$ кернеуінің белгілі бір мәніне жеткен кезде диэлектрикте тоқ күрт артады, жоғары өткізгіштік каналы құралады және диэлектрик тесіледі. Осы құбылыс жүретін кернеу тесуші кернеу деп аталады. Оның шамасы көптеген факторларға байланысты, бірінші кезекте диэлектриктің қалыңдығына байланысты. Сондықтан диэлектриктің электрлік беріктігін сипаттайтын $E_{\text{берік.}}$ (МВ/м) шамасы ретінде тескіші кернеудің диэлектриктің қалыңдығына $U_{\text{өтк.}}/h$ қатынасын алады, яғни электр өрісінің кернеулігі тесу мезетіне сәйкес келеді:

$$E_{\text{берік.}} = U_{\text{өтк.}}/h.$$

Ағып өту механизмі бойынша диэлектриктердің электрлік тескіштігі ішінара электрлі, электр жылулық және электро химиялық болуы мүмкін [2].

Таза электрлік тескіштікке еркін электрондардың диэлектриктің бейтарап бөліктері бар жылдамдатылған электр өрісімен соғылу процесінде туындайтын зарядталған бөліктердің санын бірден арттыру есебінен жоғары өткізгіштік каналын жасау тән. Соғылу процесінде өз кезегінде электр өрісімен жылдамдатылатын еркін жаңа зарядталған бөліктер пайда болады. Соққылық иондану процесін бастайтын еркін электрондар диэлектрикте негізінен қоспаның есебінен болады немесе диэлектрикке берілген металл электродтардың бетінен электр өрісі арқылы пайда болады.

Диэлектрикке кез келген кернеудегі электр өрісін берген кезде ол диэлектрлік шығындар есебінен қыздырылады. Диэлектриктің температурасын арттыру оның электрлік кедергісін төмендететіні белгілі, яғни электр өрісінің осындай кедергісінде қарсы ток артады. Бұл процесс диэлектриктің қатты қызуына, температураның әсерінен оның механикалық қасиеттерінің өзгеруіне, ағуына, балқуына және салыстырмалы төмен кернеу кезінде тесілуіне әкеліп соқтыруы мүмкін. Тесілудің мұндай түрі электржылулық деп аталды [3].

Электр өрісі мен жылудың әсерінен диэлектрикте электрлік химиялық процестер жүре бастайды, атап айтқанда: электролиз, иондану, қышқылдану және т.б. Нәтижесінде төмен электрлік беріктіліктегі диэлектрик материалының жіктеу өнімі-заттардың пайда болуы мүмкін. Тесілудің мұндай түрі электрохимиялық деп аталды. Ол температура мен ылғалдылықтың әсерінен жеңілдейді.

Нақты жағдайларда тесілудің бір түрін екіншісінен айыру қиын. Таза электрлік тесілу көбінесе жоғары жылу өткізгіштігі және химиялық беріктілігі бар газ тәріздес диэлектриктерде кездеседі. Сұйық диэлектриктерде тесілудің негізгі түрі электр жылулық, сондай-ақ электро химиялық, өйткені электрлік тесілу қоспалардан барынша тазартылған сұйықтықтарда болады. Қатты диэлектриктерде диэлектриктің күйіне байланысты тесілудің барлық үш түрі байқалады.

Диэлектриктердің электрлік беріктілігі көптеген факторларға байланысты: материалдың түріне, оның көлеміне, температураға, ылғалдылыққа, берілген кернеудің жиілігіне, кернеудің берілу уақытына және т.б. Мысалы, диэлектриктің қалыңдығын арттыру оның электрлік беріктілігін төмендетеді. Диэлектриктің қалыңдығы артқан сайын жылу беру нашарлайды, әсіресе ішкі қабаттарда, бұл материалдың қыздырылуына және өрістің төмен кернеулілігінде электрлік жылулық тесілуге әкеліп соқтырады. Таза электрлік тесілу үшін электр өрісінің біртектілігі елеулі мәнге ие болады. Бірдей қалыңдықтағы диэлектриктер кезінде ине немесе конус түріндегі электродтарға қарағанда тескіш кернеу едәуір жоғары. Электродтардың конус түріндегі формасында сол электродтармен жіберілген кернеу кезінде электр өрісінің кернеулілігі бірден артады (өрістің күш сызықтарын ұйыстыру есебінен) [4].

Электрлік жылу немесе электрлік химиялық тесілу жағдайында электродтардың формасы елеулі әсер етпейді. Тесілудің мұндай түрлері берілген кернеудің жиілігіне бейім, бұл диэлектрлік шығындар кезінде жылудың бөлінуімен байланысты. Диэлектриктің электрлік беріктілігіне оның бертектілігі, ішкі құрылысында әдетте төмен электрлік беріктілікке ие түрлі ақаулардың болуы барынша елеулі әсер етеді және көбіне тескіш кернеудің шамасын анықтайды.

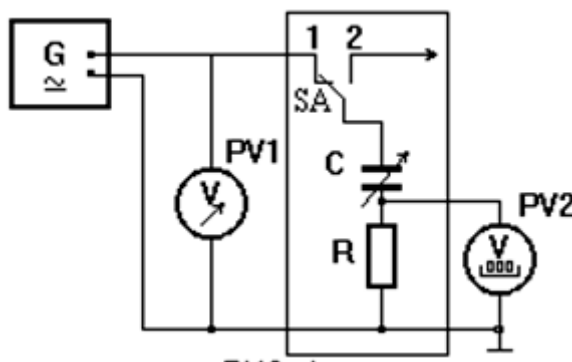
Зерттеу нәтижелері. Эксперименттік тәжірибелер

Материалдардың диэлектрлік қасиеттерін зерттеу.

Жұмыстың мақсаты: Электрлік өрістің қасиетін зерттеуде диэлектрлік материалдың сызықтық және дисперсиялық қасиеті мен диэлектрлік өткізгішпен әртүрлі диэлектриктің поляризациясын анықтау.

Теориялық бөлім

Эксперименттік қондырғының сызбасы



Сурет 1 - Эксперимент жасауда қолданылатын құрал – жабдықтар:

Екі вольтметр PV₁(стрелкалық) және PV₂ (сандық), төменгі жиілікті генератор сигналы, R=120 тең резистордың сызба – нұсқасы, түрлі диэлектриктен тұратын пластин конденсатор, (қалыңдығы d=2мм).

1-ші сурет бойынша сызбаны жинаймыз.

1-ші жағдайға SA айырып – қосқышты қоямыз. Қондырғыны жұмысқа дайындаймызда қосамыз. Генератор жиілігін $f=60$ кГц және кернеуді $U=5$ В қоямыз. Содан кейін PV₁ вольтметрін $U_1=5$ В кернеуге қою керек. Одан әрі қарай пластинаны айналдыра отырып, бірдей қалыңдықты 4 диэлектрикті конденсаторды және диэлектрліксіз конденсатордың U_2 кернеуін өлшейміз.

U_1 кернеуін үнемі ұстап тұрамыз.

E_0 вакуумдағы пластина мен өріс кернеулігі мына формуламен есептеледі:

$$E_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}, \quad \text{мұнда} \quad \varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}.$$

Сыртқы пластина мына өрісте диэлектрикпен поляризацияланады және оның сыртында байланысқан зарядтар мен сыртқы тығыздық $\pm \epsilon'$ пайда болады. Сыртқы өріс E_0 бағытына қарсы бұл зарядтар диэлектрикте E' өрісін тудырады, және мына мөлшерді иемденеді:

$$E_0 = \frac{\sigma'}{\epsilon_0}.$$

Қорытындылаушы өріс:

$$E_0 = \frac{\sigma - \sigma'}{\epsilon_0}.$$

Поляризация векторындағы электр өрісі:

$$P = \epsilon_0 \cdot \chi \cdot E.$$

Мұндағы χ – заттың диэлектрлік түсінгіштігі. Поляризация векторының модульмен байланысы зарядтардың тығыздығымен байланысты:

$$P_n = \sigma'.$$

$\epsilon = 1 + \chi$ – салыстырмалы диэлектрлік өткізгіш.

Электр индукциясының векторы:

$$D = \epsilon_0 \cdot E + P.$$

Бұл вектор тек бос зарядтармен анықталады және былай есептеледі:

$$D_n = \sigma.$$

Қаралған жаттығуда сыртқы диэлектрик жоқ. Келесі жағдайда D векторы E векторымен байланысты $D = \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot E$.

Эксперименттік бөлім

Ендігі істелетін жұмысқа мына формула қолданылады:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot S}{d},$$

мұндағы S - конденсатор пластинасының алаңы,
 d - олардың арақашықтығы.

Материалдың диэлектрлік өткізгіштігі: $\epsilon = \frac{C}{C_0}.$

Конденсатор сыйымдылығына: $C = \frac{U_2}{2\pi f U_1 R},$

мұндағы U_1 – RC тізбегіндегі кернеу, U_2 – R кедергісіндегі кернеу,
 f – айнымалы жиілік.

Жазық конденсаторда кернеу U_1 кернеумен байланысты: $E = \frac{U_1}{d}$

1-ші тәжірибе

Материалдың поляризациясы мен диэлектрлік өткізгіштігін өлшеу

$U_1 = 5B$, $R = 120\Omega$, $f = 60 \text{ кГц}$, $d = 0,002\text{м}$.

Материал	U_2 , мВ
Ауа	40
Шынытекстолит	97
Фторопласт	61
Гетинакс	89
Органикалық шыны	76

$$C = \frac{U_2}{2\pi \cdot f \cdot U_1 R}$$

$$C_A = 176 \text{ пкФ};$$

$$C_{CT} = 429 \text{ пкФ};$$

$$C_{\Phi\Pi} = 270 \text{ пкФ};$$

$$C_{\Gamma H} = 393 \text{ пкФ};$$

$$C_{OC} = 336 \text{ пкФ};$$

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0}$$

$$\varepsilon_{cm} = 2,44;$$

$$\varepsilon_{\phi n} = 1,53;$$

$$\varepsilon_{\phi H} = 2,23;$$

$$\varepsilon_{oc} = 1,91;$$

Гетинакс үшін есептейміз:

$$\chi = \varepsilon - 1 = 1,23;$$

$$E_0 = \frac{U_1}{d} = 2,5 \frac{\text{кВ}}{\text{м}};$$

$$E = \frac{E_0}{\varepsilon} = 1,1 \frac{\text{кВ}}{\text{м}};$$

$$E' = E_0 - E = 1,4 \frac{\text{кВ}}{\text{м}};$$

$$\sigma = \varepsilon_0 \cdot E_0 = 2,2 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2};$$

$$\sigma' = \varepsilon_0 \cdot E' = 1,2 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2};$$

$$P = \sigma' = \varepsilon_0 \cdot E \cdot \chi = 1,2 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2};$$

$$D = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot E = 2,2 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2};$$

Есептеудің қателіктері:

$$\varepsilon_{U_1} = \left(0,5 + 0,02 \cdot \frac{U_k}{U_x} \right) \% = \left(0,5 + 0,02 \cdot \frac{10B}{5B} \right) \% = 0,54\%;$$

$$\varepsilon_{U_2} = 4\%; \varepsilon_f = 10\%;$$

$$\varepsilon_f = 1,5\%;$$

$$\varepsilon_C = \sqrt{\varepsilon_{U_1}^2 + \varepsilon_{U_2}^2 + \varepsilon_f^2 + \varepsilon_R^2} = \sqrt{(0,54)^2 + (4)^2 + (1,5)^2 + (10)^2} \% \approx 10,9\%;$$

$$\Delta C = \frac{C \cdot \varepsilon_c}{100\%} \approx 43 \text{ нкФ};$$

$$C = (C \pm \Delta C) = (393 \pm 43) \text{ нкФ}, \varepsilon_C = 10,9\%.$$

$$\varepsilon_\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_C^2 + \varepsilon_{C_0}^2} \approx \sqrt{2} \cdot \varepsilon_C \text{ (дәл осылай } \varepsilon_{U_2} \text{ (ауа)} \approx \varepsilon_{U_2} \text{ (гетинакс)} \Rightarrow \varepsilon_C \approx \varepsilon_{C_0} \text{)}.$$

$$\varepsilon_\varepsilon = \sqrt{2} \cdot 10,9\% \approx 15,4\%;$$

$$\Delta \varepsilon = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_\varepsilon}{100\%} \approx 0,35.$$

$$\varepsilon = (\varepsilon \pm \Delta \varepsilon) = (2,23 \pm 0,35), \varepsilon_\varepsilon = 15,4\%.$$

2 – ші тәжірбие

$\varepsilon = f(E)$ тәуелділігін зерттеу

R=120 Ом, f=60 кГц, d=0,002 м.

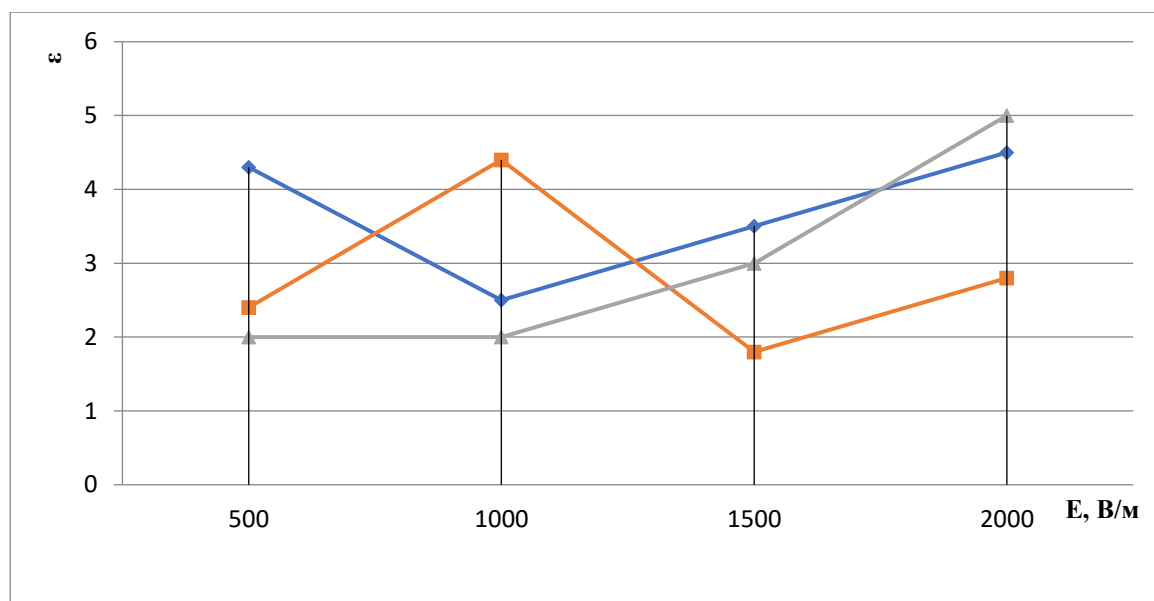
$$C = \frac{U_2}{2\pi \cdot f \cdot U_1 \cdot R}$$

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0}$$

$$E = \frac{U_2}{d}$$

U ₁ , В	U ₂ , В (ауа)	U ₂ , В (гетинакс)	C ₀ , пкФ	C, пкФ	E, В/м	ε
1	0,009	0,019	200	420	500	2,10
2	0,016	0,036	177	398	1000	2,24
3	0,025	0,052	184	387	1500	2,09
4	0,031	0,070	171	384	2000	2,26
5	0,039	0,086	172	380	2500	2,21

График тәуелділігі $\varepsilon = f(E)$ – шамамен тура, дәл осылай диэлектрик өткізгіш сыртқы өріске байланысты емес.



Қорытынды. Қорыта айтқанда, материалдың поляризациясы мен диэлектрлік өткізгіштердің электрлік қасиеттерін зерттеу индустралды - иновациялық технологияның жүзеге асуын және ғылыми - техникалық прогрестің басты бағыттарының бірі энергетиканың физикалық негіздерін меңгеруге көмектеседі.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1]. Данилевич Я.Б., Иванова А.В., Кручинина И.Ю., Хозиков Ю.Ф.// Электротехника., 2004. №5. 25— 29 б.
- [2]. Кручинина И.Ю. - Новые материалы для совершенствования характеристик современных электрических машин // Проблемы создания и эксплуатации новых типов электроэнергетического оборудования. №6. 2004. 110—120 б.
- [3]. Электротехнический справочник. Т.1. Общие вопросы. Электротехнические материалы // Ред. 6. В.Г. Герасимов и др. М., 2003.
- [4]. Д.Б. Вольфберга. Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов. / Под ред./ М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 б.
- [5]. Тиходеев Н.Н., Передача электрической энергии. – 2-е изд. Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 248 б.
- [6]. Туркменбаев Ә.Б., Қатты дененің динамикасы тарауын оқытуда демонстрациялық экспериментті қолдану., /Yessenov Science Journal/, №2 (34) 2018., 102-107 б.

REFERENCES

- [1]. Danilevich Ya.B., Ivanova A.B., Krushinina I. Yu., Khozikov Yu. F. // Electrical engineering, 2004., № 5, P.25-29. [in Russian]
- [2]. Krushinina I. Yu.- New materials for improving the characteristics of modern electric machines// Problems of creation and operation of new types of electric power equipment. №6. 2004. P.110—120. [in Russian]
- [3]. Electrical Engineering Reference. T.1. General questions. Electrical materials// Red. 6. Gerasimov B. G. and others. M., 2003. [in Russian]

- [4]. Wolfberg D. B., Efficient use of fuel and energy resources/ Under the editorial board/ М.: Energoatomizdat, 1983.-P 208. [in Russian]
 [5]. Tichodeev N.N., Transmission of electrical energy. – 2 p., L.: Energoatomizdat, 1984. – P 248. [in Russian]
 [6]. Turkmenbayev A., The use of demonstration experiment in the study of rigid body dynamics., /Yessenov Science Journal/, №2 (34) 2018., P 102-107.

Жазылбаева Нұргүл Серікбайқызы

Каспийский университет технологии и инженеринга им. Ш. Есенова, г. Актау, Казахстан

ДИЭЛЕКТРИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ

Аннотация. В жизни человека, даже на практике, большую роль играют твердые тела. Металлы, диэлектрики, электротехника, полупроводники, электроны, магниты, проводники, лежащие близко друг к другу-все это твердые тела. Можно утверждать, что основанием для основания научно – технического прогресса является твердое тело. Но в их изучении не только практическая деятельность имела значение. Для своих подсистем развития физика твердого тела открыла научный путь к пониманию свойств важности. все материалы, используемые в технике, делятся на три группы: проводники, полупроводники и диэлектрики. Эти материалы различаются по величине электрического сопротивления, характеру его изменения при нагревании и типу проводимости.

Удельное электрическое сопротивление проводников находится в пределах $10^{-6}+10^{-3}$ Ом•см и используется в качестве материала с небольшим промежуточным электрическим сопротивлением для элементов сопротивления, нагревательных элементов, контактов и т. д. Для проведения постоянных и вращательных токов.

Удельное электрическое сопротивление полупроводников $10^{-3}+10^{+10}$ Ом* находится в пределах см и уменьшается при нагревании. Они используются для выпрямления, усиления, преобразования различных видов энергии в электричество.

Удельное электрическое сопротивление диэлектриков $10^{+10}+10^{+18}$ Ом* находятся в пределах см, они используются в качестве изоляторов.

Проводимость твердых тел определяется прежде всего электронным строением. В твердых телах в результате взаимодействия электромагнитного поля атомов энергетические электронные подуровни классифицируются с образованием энергетической зоны [1].

При переходе к более высокой энергии ширина зоны допустимых подуровней увеличивается, и зоны пересекаются. При приближении к расстоянию между атомами.

Запрещенные энергетические зоны даже исчезают. Плотность зон, заполненных электронами, и их сшивание определяют электропроводность твердых тел.

Ключевые слова: диэлектрик, композиция, автоматика, электроника, радиотехника, авиационно-космическая, ракетная, электрическая, проводниковая.

Zhazylbayeva Nurgul Serikbaevna

Sh. Yessenov Caspian state university of technology and engineering, Aktau, Kazakhstan

DIELECTRICS ELECTRICAL STRENGTH

Abstract. In human life, even in practice, solids play an important role. Metals, dielectrics, electrical engineering, semiconductors, electrons, magnets, conductors lying close to each other are all solids. It can be argued that the basis for the foundation of scientific and technological progress is a solid body. But in their study, not only practical activity mattered. For its subsystems of development, solid state physics has opened a scientific path to understanding the properties of importance. all materials used in engineering are divided into three groups: conductors, semiconductors and dielectrics. These materials differ in the magnitude of electrical resistance, the nature of its changes during heating and the type of conductivity.

The electrical resistivity of the conductors is in the range of $10^{-6} + 10^{-3}$ oms • cm and is used as a material with a small intermediate electrical resistance for resistance elements, heating elements, contacts, etc. for conducting constant and rotational currents.

Electrical resistivity of semiconductors $10^{-3}+10^{+10}$ Om* is within cm and decreases when heated. They are used for rectification, amplification, conversion of various types of energy into electricity. Electrical resistivity of dielectrics $10^{+10}+10^{+18}$ Oms* are within cm, they are used as insulators.

The conductivity of solids is determined primarily by the electronic structure. In solids, as a result of the interaction of the electromagnetic field of atoms, energy electronic sublevels are classified with the formation of an energy zone [1].

With the transition to a higher energy, the width of the zone of permissible sublevels increases, and the zones intersect. When approaching the distance between atoms

Forbidden energy zones even disappear. The density of the zones filled with electrons and their crosslinking determine the electrical conductivity of solids.

Keywords: dielectric, composition, automation, electronics, radio engineering, aerospace, rocket, electrical, conductor.