



Digitally signed by
Library TUM
Reason: I attest to the
accuracy and integrity
of this document

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Valeriu Blajă

MATERIALE PENTRU ELECTROTEHNICĂ ȘI ELECTRONICĂ

Note de curs

**Chișinău
2021**

Universitatea Tehnică a Moldovei

**FACULTATEA ENERGETICĂ ȘI INGINERIE ELECTRICĂ
FACULTATEA CALCULATOARE ȘI MICROELECTRONICĂ**

**DEPARTAMENTUL ELECTROENERGETICĂ
DEPARTAMENTUL MICROELECTRONICĂ
ȘI INGINERIE BIOMEDICALĂ
DEPARTAMENTUL INGINERIE ELECTRICĂ**

Valeriu Blajă

**MATERIALE
PENTRU ELECTROTEHNICĂ
ȘI ELECTRONICĂ**

Note de curs



**Chișinău
Editura "Tehnica-UTM"
2021**

CZU 621.3(075.8)

B 56

Prezentele note de curs sunt elaborate conform curriculei disciplinelor *Studiul materialelor. Modulul II. Materiale electrotehnice* și sunt destinate studenților ciclului I, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, și *Materiale și componente electronice* destinate studenților ciclului I, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Programul *Microelectronică și nanotehnologii*. Lucrarea include atât materiale folosite în electrotehnică și electronică (materiale conductoare, dielectrici, materiale magnetice etc.), cât și componente de circuite electrice (rezistoare, condensatoare). La fel, sunt expuse atât caracteristicile specifice și alte proprietăți ale materialelor respective, cât și varietatea și diversitatea acestor materiale, dar și domeniile și metodele mai importante de folosire a acestora. Lucrarea este adresată studenților tuturor specialităților cu profil electric și electronic (studii la zi și cu frecvență redusă), fiind utilă, de asemenea, masteranzilor și doctoranzilor.

Referent științific: prof. univ., dr.hab. Chiorsac Mihail

Recenzent: conf. univ., dr. șt.f.-m. Pocaznoi Ion n

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM

Blajă, Valeriu.

Materiale pentru electrotehnică și electronică: Note de curs/ Valeriu Blajă; referent științific: Chiorsac Mihail; Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Energetică și Inginerie Electrică, Facultatea Calculatoare și Microelectronică, Departamentul Electroenergetică, Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală, Departamentul Inginerie Electrică.

Chișinău: Tehnica-UTM, 2021. – 161 p.: fig., tab.

Referințe bibliogr.: p. 156 (16 tit.). – 150 ex.

ISBN 978-9975-45-731-6.

621.3(075.8)

B 56

Redactor Eugenia Balan

Bun de tipar 20.10.21

Formatul 60x84 1/16

Hârtie ofset

Tipar RISO

Comanda nr. 88

2004, UTM, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 168

Editura „Tehnica-UTM”

2045, Chișinău, str. Studenților 9/9

ISBN 978-9975-45-731-6

© UTM, 2021

CUPRINS

C U P R I N S

1. MATERIALE PENTRU ELECTROTEHNICĂ ȘI ELECTRONICĂ	3
1.1. Clasificarea MEE	3
1.2. Diagrama energetică a cristalului	4
2. MATERIALE CONDUCTOARE	6
2.1. Noțiuni generale	6
2.2. Proprietatile fizico-chimice ale materialelor conductoare	7
2.2.1. Proprietati fizice	7
2.2.2. Proprietati mecanice	9
2.2.3. Proprietati chimice	10
2.2.4. Natura conductivității metalelor	10
2.2.5. Rezistența specifică în pelicule metalice	13
2.2.6. Efectul Seebeck	14
2.2.7. Efectul Peltier	15
2.2.8. Efectul Thomson	15
2.3. Metale si aliaje conductoare	16
2.3.1. Metale de inalta conductivitate	17
2.3.1.1. Cupru	17
2.3.1.2. Aluminiu	19
2.3.1.3. Metale nobile	21
2.3.1.4. Fier	24
2.3.1.5. Nichel	25
2.3.1.6. Zinc	25
2.3.1.7. Metale refractare	26
2.3.2. Materiale de înaltă rezistivitate	30
2.3.2.1. Materiale pentru rezistoare	31
2.3.2.2. Materiale pentru rezistențe peliculare	32
2.3.2.3. Materiale rezistive pentru înalte temperaturi	33
3. REZISTOARE	34
3.1. Clasificarea rezistoarelor	34
3.2. Parametrii rezistoarelor	35
3.3. Simbolizarea și marcarea rezistoarelor	38
3.4. Rezistoare fixe	41
3.4.1. Rezistoare peliculare	41
3.4.2. Rezistoare bobinate	42
3.4.3. Rezistoare de volum	42
3.5. Rezistoare variabile si semivariabile	43
3.6. Rezistoare neliniare	45
4. MATERIALE ELECTROIZOLANTE	46

4.1. Dielectric în câmp electric	46
4.1.1. Polarizare și permitivitate dielectrică relativă	46
4.1.2. Tipurile principale de polarizare a dielectricilor	48
4.1.3. Dependența permitivității de presiune și temperatură	51
4.2. Conductivitatea dielectricilor	52
4.2.1. Rezistența reală a dielectricilor	52
4.2.2. Conductivitatea volumică și superficială	54
4.2.3. Pierderi în dielectric	56
4.3. Străpungerea dielectricilor	58
4.3.1. Noțiuni generale	58
4.3.2. Străpungerea gazelor	59
4.3.3. Străpungerea lichidelor electroizolante	61
4.3.4. Străpungerea dielectricilor solizi	63
4.3.4.1. Străpungere electrică a materialelor omogene	63
4.3.4.2. Străpungere electrică a materialelor neomogene	64
4.3.4.3. Străpungere termică	64
4.3.4.4. Străpungere electro-chimică	65
4.4. Caracteristici fizice și chimice ale dielectricilor	65
4.4.1. Caracteristici chimice ale materialelor electroizolante	65
4.4.2. Umiditate	67
4.4.3. Caracteristici termice ale dielectricilor	72
4.4.4. Clasele de stabilitate termică a dielectricilor	74
4.5. Clasificarea materialelor electroizolante	75
4.6. Materiale electroizolante gazoase	76
4.7. Materiale electroizolante lichide	79
4.7.1. Uleiuri minerale	79
4.7.2. Ulei de transformator	81
4.7.3. Ulei de condensator	81
4.7.4. Ulei de cablu	82
4.7.5. Îmbătrânirea uleiului mineral	82
4.7.6. Întreținerea uleiului mineral	84
4.7.7. Uleiuri sintetice	85
4.7.7.1. Hidrocarburi clorurate	85
4.7.7.2. Hidrocarburi siliconice	86
4.7.7.3. Hidrocarburi fluororganice	87
4.8. Materiale electroizolante solide organice	87
4.8.1. Clasificarea materialelor electroizolante solide organice	87
4.8.2. Materiale organice micromoleculare. Ceruri și substanțe ceroase	88

CUPRINS

4.8.3. Polimeri organici	88
4.8.4. Rășini	91
4.8.4.1. Rășini naturale	91
4.8.4.2. Rășini sintetice. Caracteristici generale	93
4.8.4.3. Rășini de polimerizare	94
4.8.4.4. Rășini de policondensare	98
4.8.4.5. Rășini de poliadiție	100
4.8.4.6. Celuloza și derivații săi	102
4.8.4.7. Cauciucuri și elastomeri	105
4.8.4.7.1. Cauciucul natural	105
4.8.4.7.2. Cauciucuri sintetice	106
4.8.4.7.3. Elastomeri	107
4.8.4.8. Siliconi	107
4.8.4.9. Lacuri electroizolante	108
4.8.4.9.1. Lacuri de impregnare	109
4.8.4.9.2. Lacuri de acoperire	109
4.8.4.9.3. Lacuri de lipire	110
4.8.4.9.4. Lacuri de emailare	110
4.8.4.10. Compounduri	110
4.8.4.11. Mase plastice stratificate	112
4.9. Materiale electroizolante solide anorganice	113
4.9.1. Sticle	113
4.9.2. Ceramica electrotehnică	117
4.9.3. Mica și produsele pe bază de mică	120
5. CONDENSATOARE	123
5.1. Generalități. Clasificarea condensatoarelor	123
5.2. Caracteristicile condensatoarelor. Parametrii	126
5.3. Condensatoare fixe	129
5.3.1. Condensatoare cu dielectric hârtie	130
5.3.2. Condensatoare cu pelicule plastice	132
5.3.3. Condensatoare ceramice	134
5.3.4. Condensatoare cu mică	137
5.3.5. Condensatoare electrolitice	138
5.4. Condensatoare variabile	141
6. MATERIALE MAGNETICE	144
6.1. Noțiuni generale	144
6.2. Pierderi în materiale magnetice	146
6.2.1. Pierderi de histerezis	146
6.2.2. Pierderi dinamice	147

6.3. Clasificarea materialelor magnetice	148
6.4. Materiale magnetice moi	149
6.4.1. Fierul	150
6.4.2. Aliaje fier-siliciu	151
6.5. Materiale magnetice dure	154
BIBLIOGRAFIE	156
ABREVIERI	157

BIBLIOGRAFIE

BIBLIOGRAFIE

1. I. Drobencu. Materiale electrotehnice. Chișinău: UTM, 1997.
2. I. Drobencu. Materiale electrotehnice. Îndrumar de laborator. Chișinău: I.P.C., 1991.
3. C. Stănescu. Materiale pentru electronică și electrotehnică. Editura Universității din Pitești, 2006. - 226 p.
4. Gh.Bădărău. Proprietățile materialelor metalice. Note de curs. 2007-2008. - 186 p.
5. Ioan D. Oltean. Materiale și tehnologii pentru componente și subansambluri electronice. Note de curs și aplicații. Ed. Universității Transilvania din Brașov, 2014.
6. Laurențiu Geambașu. Note de curs la disciplina Materiale pentru industria electronică și electrotehnică. Universitatea Ecologică București, Facultatea Inginerie Managerială, 2008.
7. Богородицкий Н.П. и др. Электротехнические материалы. М.: Энергоатомиздат, 1987.
8. M. Rădulescu. Studiul metalelor. Chișinău: Știința, 1992, p.342.
9. Pălfalvi ș.a. Tehnologia materialelor. București, 1983. - 544p.
10. Н.Легостаев. Материалы электронной техники. Томск: Изд. Эль Контент, 2012.
11. В.Пасынков, В.Сорокин. Материалы электронной техники. М.: Высшая школа, 1986.
12. https://www.researchgate.net/publication/274719511_Materiale_pentru_electronica_si_electrotehnica
13. Корецкий И.В. Справочник по электротехническим материалам.Т.1. М.: Энергоиздат, 1986.
14. Корецкий И. В. Справочник по электротехническим материалам. Т.2. М.: Энергоиздат, 1987.
15. Корецкий И.В. Справочник по электротехническим материалам. Т.3. М.: Энергоиздат, 1988.
16. Bogoroditchi N.P., Pasanov V.V., Tareev B.M. Electrotehniceskie materialî. L.: Energoizdat, 1985. - 304 p.