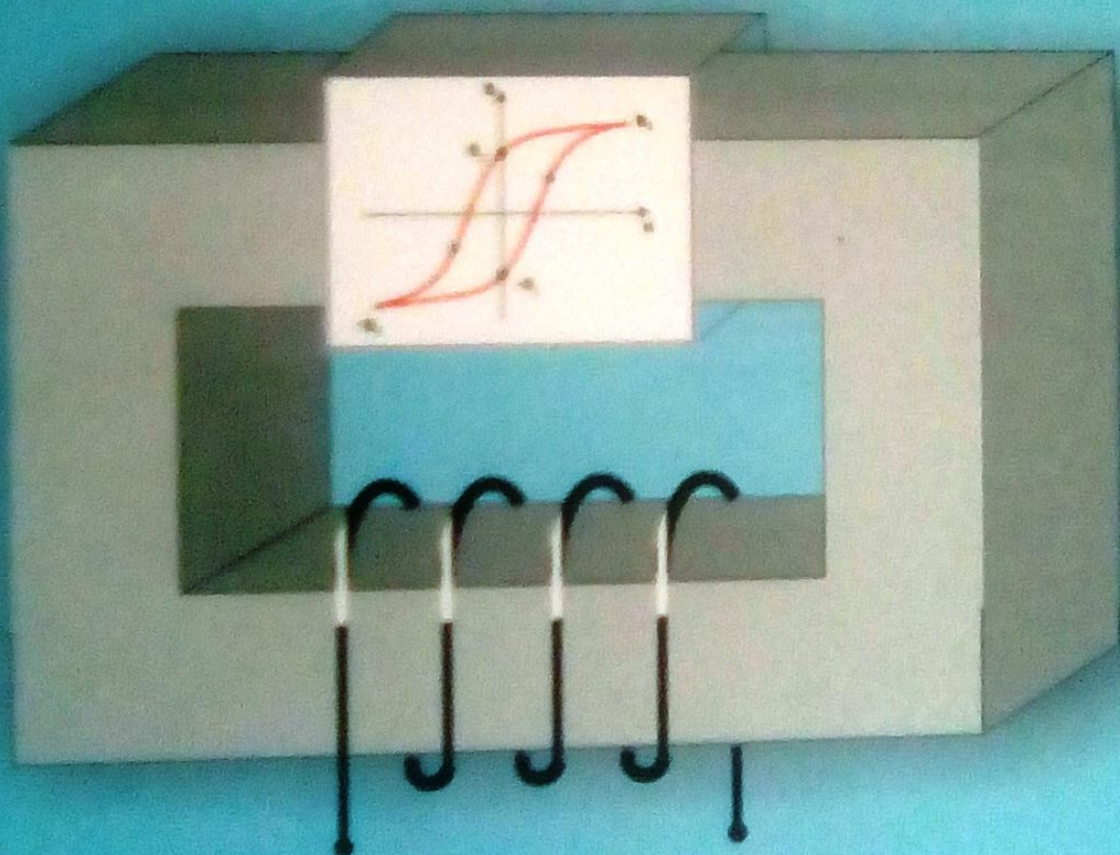


Valentin IONIȚĂ
Gheorghe PĂLTĂNEA
George EPUREANU

Veronica PĂLTĂNEA
Lucian PETRESCU
Anca Daniela IONIȚĂ

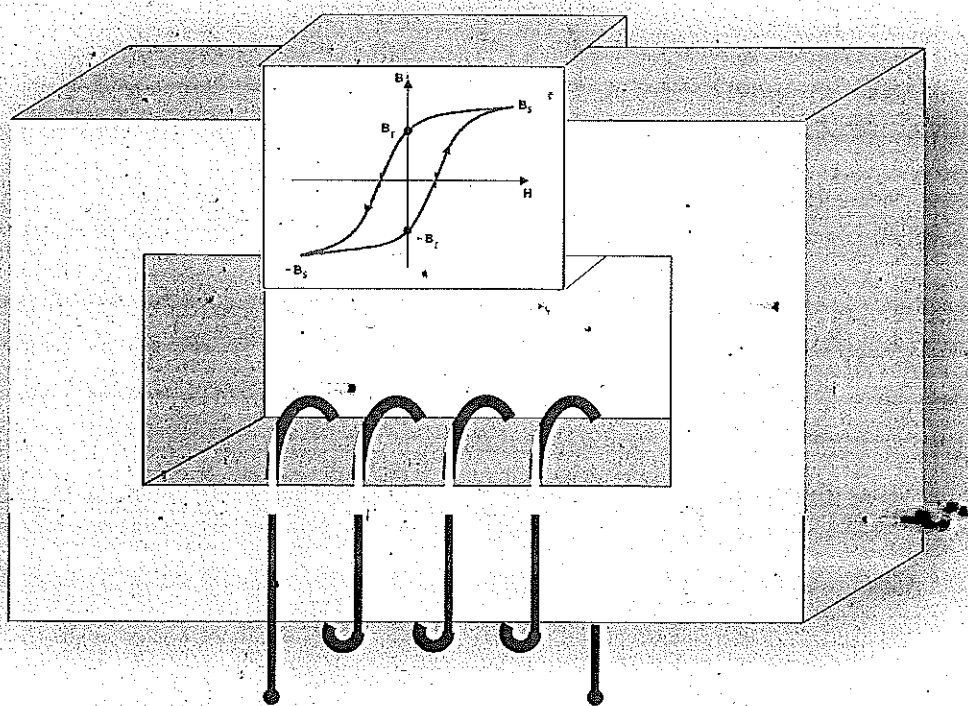
CARACTERIZAREA AVANSATĂ A MATERIALELOR MAGNETICE



Valentin IONIȚĂ
Gheorghe PĂLTÂNEA
George EPUREANU

Veronica PĂLTÂNEA
Lucian PETRESCU
Anca Daniela IONIȚĂ

CARACTERIZAREA AVANSATĂ A MATERIALELOR MAGNETICE



editura
POLITEHNICA
PRESS

Valentin Ioniță
Lucian Petrescu

Veronica Păltânea
George Epureanu

Gheorghe Păltânea
Anca Daniela Ioniță

**CARACTERIZAREA
AVANSATĂ A MATERIALELOR MAGNETICE**

Monografia conține rezultate obținute de echipa de cercetători a partenerului **Universitatea POLITEHNICA din București**, în cadrul proiectului de cercetare finanțat de CNCSIS prin *Grantul A-Consortiu 16/2006-2008*, intitulat **Modelări și simulări privind comportarea în regim dinamic a materialelor magnetice cu proprietăți controlate.**

Contribuția autorilor:

Prof. univ. dr. Valentin IONIȚĂ — Coordonarea și editarea lucrării;
— Capitolele 1, 2, 9 și 10 (parțial)

Asist. Veronica PĂLTÂNEA — Capitolele 3 și 4

Asist. Gheorghe PĂLTÂNEA — Capitolele 5 și 6

Asist. Lucian PETRESCU — Capitolele 7 și 8

Asist. George EPUREANU — Capitolul 10 (parțial)

Prof. univ. dr. Anca Daniela IONIȚĂ — Capitolul 11

**Valentin Ioniță
Gheorghe Păltânea
George Epureanu**

**Veronica Păltânea
Lucian Petrescu
Anca Daniela Ioniță**

**CARACTERIZAREA
AVANSATĂ A MATERIALELOR
MAGNETICE**

Editura POLITEHNICA PRESS

București, 2009

Copyright ©, 2009, Editura POLITEHNICA PRESS
Toate drepturile asupra acestei ediții sunt rezervate editurii.

Adresa: Calea Griviței, nr. 132
78122, Sector 1, București
telefon: 021 402.94.76

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

Caracterizarea avansată a materialelor magnetice /

Valentin Ioniță, Gheorghe Păltânea, George

Epureanu, ... - București : Politehnica Press, 2009

Bibliogr.

ISBN 978-606-515-023-2

I. Ioniță, Valentin

II. Păltânea, Gheorghe

III. Epureanu, George

621.318.1

Redactor: **Daniela DAVID**
Coperta: **Adriana BUTMALAI**

Bun de tipar: 12.02.2009, Coli tipo: 16,625
ISBN:978-606-515-023-2

CUPRINS

1. METODE DE MĂSURARE A MĂRIMILOR MAGNETICE	11
1.1. Mărimi magnetice: unități de măsură, valori tipice și scale de analiză	11
1.2. Metode bazate pe inducția electromagnetică	16
1.2.1. Metode inductive cu bobine staționare	16
1.2.2. Metode inductive cu bobină mobilă	24
1.3. Metode bazate pe efecte mecanice	26
1.3.1. Metode bazate pe măsurarea forțelor	26
1.3.2. Metode bazate pe măsurarea cuplului	29
1.4. Metode bazate pe efecte magneto-optice	30
1.5. Metode bazate pe efecte magnetice speciale	35
1.5.1. Gaussmetrul cu efect Hall	35
1.5.2. Gaussmetrul magnetorezistiv	38
1.5.3. Magnetometrele cu rezonanță	41
1.6. Metode de investigare a structurilor de domenii magnetice	42
1.6.1. Metoda Bitter	43
1.6.2. Microscopia electronică de transmisie	44
1.6.3. Microscopia electronica de scanare	47
1.6.4. Microscopia de forță magnetică	48
1.6.5. Comparație privind metodele de investigare	50
<i>Bibliografie</i>	52
2. MĂSURAREA CÂMPULUI MAGNETIC. GAUSSMETRUL CU SONDĂ HALL	56
2.1. Tehnici de măsurare a câmpului magnetic	56
2.2. Gaussmetrul cu sondă Hall	57
2.3. Gaussmetrul Lake Shore 455 DSP – principiu, caracteristici și mod de utilizare	59
3. STRUCTURA ȘI PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR MAGNETICE MOI	65
3.1. Materiale magnetice moi cristaline	65
3.1.1. Proprietăți structurale și electromagnetice	66
3.1.2. Materiale cristaline pe bază de fier	68
3.1.3. Aliajele fier-nichel (Fe-Ni) și fier-cobalt (Fe-Co)	74
3.1.4. Feritele moi	76

3.2. Analiza difractometrică cu raze X a materialelor cristaline	77
3.2.1. Radiația X	77
3.2.2. Analiza difractometrică cu radiații X	80
3.2.3. Utilizarea difractometrului cu radiații X pentru investigarea structurii cristaline	83
3.3. Materiale magnetice moi cu structură amorfă	86
<i>Bibliografie</i>	93
4. CARACTERIZAREA TOLELOR ÎN REGIM ARMONIC. TESTERUL UNITOLĂ	95
4.1. Măsurarea tolelor în regim armonic	95
4.2. Testere unitolă (SST) bazate pe metoda curențului magnetizant	103
4.2.1. Testerul unitolă SST C-300 Bröckhaus	103
4.2.2. Testerul unitolă de laborator	108
4.3. Caracterizarea materialelor magnetice moi utilizând testerul unitolă ..	109
4.3.1. Determinarea curbei normale de magnetizare	109
4.3.2. Caracterizarea în frecvență. Pierderi specifice	111
4.3.3. Studiul anizotropiei magnetocristaline	115
<i>Bibliografie</i>	117
5. CARACTERIZAREA MATERIALELOR AMORFE PRIN METODA TORULUI	119
5.1. Metoda torului	119
5.2. Determinarea curbei normale cu ajutorul wattmetrului digital	123
5.3. Caracterizarea în frecvență a materialelor amorfe	125
<i>Bibliografie</i>	129
6. CONTROLUL PIERDERILOR DE ENERGIE ÎN MATERIALE MAGNETICE MOI	131
6.1. Pierderi de energie în materiale magnetice moi	131
6.2. Metode de reducere a pierderilor de energie în materiale magnetice moi cristaline	134
6.2.1. Diminuarea pierderilor în tole Fe-Si cu grăunți neorientați	134
6.2.2. Diminuarea pierderilor în tole Fe-Si cu grăunți orientați	139
6.3. Metode de reducere a pierderilor de energie în aliaje cu structură amorfă	150
6.3.1. Aliaje amorfe pe bază de cobalt	152
6.3.2. Aliaje amorfe pe bază de fier	154
<i>Bibliografie</i>	158

77	7. CARACTERIZAREA MATERIALELOR MAGNETICE DURE.	
77	HISTEREZISGRAFUL	161
80	7.1. Materiale magnetice dure – caracterizare generală	161
83	7.1.1. Mărimi caracteristice	162
86	7.1.2. Magneți permanenți de tip ALNICO	164
93	7.1.3. Ferite dure	168
	7.1.4. Magneți permanenți din pământuri rare	171
	7.2. Măsurarea magneților permanenți în circuit magnetic închis.	
	Histerezisgraful	176
95	7.2.1. Principiul de funcționare al histerezisgrafului	177
95	7.2.2. Histerezisgraful Brockhaus – caracterizare și utilizare	178
03	Bibliografie	183
03		
08	8. MĂSURAREA EȘANTIOANELOR ÎN CIRCUIT MAGNETIC	
09	DESCHIS. MAGNETOMETRUL CU PROBĂ VIBRANTĂ (VSM) ...	185
09	8.1. Principiul de funcționare pentru VSM	186
11	8.2. Prezentarea și utilizarea VSM-7304 Lake Shore	191
15	8.3. Alte dispozitive de măsură în circuit magnetic deschis	197
17	Bibliografie	201
19	9. CORECȚIA SOFTWARE A DATELOR EXPERIMENTALE	
19	OBTINUTE ÎN CIRCUIT MAGNETIC DESCHIS	202
23	9.1. Probleme specifice măsurătorilor în circuit magnetic deschis	202
25	9.2. Corecția software a datelor experimentale	206
29	Bibliografie	211
	10. VIZUALIZAREA STRUCTURILOR MICROMAGNETICE PRIN	
31	METODE MAGNETO-OPTICE	212
1	10.1. Structuri de domenii și procese de magnetizare în materiale	
	magnetice	212
4	10.1.1. Structuri de domenii magnetice	212
4	10.1.2. Procese de magnetizare	215
9	10.2. Efecte magneto-optice	218
	10.2.1. Originea efectelor magneto-optice	218
0	10.2.2. Tipuri de efecte magneto-optice	220
2	10.3. Utilizarea efectelor magneto-optice în caracterizarea	
4	materialelor magnetice	226
8	10.3.1. Analiza în lumină polarizată transmisă (metoda Faraday)	226
	10.3.2. Analiza în lumină polarizată reflectată (metoda Kerr)	229
	10.4. Microscopul Zeiss cu lumină polarizată reflectată AxioLab –	
	prezentare și utilizare	235

10.5. Aplicații ale microscopiei Kerr în analiza numerică a dispozitivelor electromagnetice	239
10.5.1. Validarea metodelor de calcul al câmpului electromagnetic ...	239
10.5.2. Identificarea modelului de histerezis Preisach	246
<i>Bibliografie</i>	251
11. INTEGRAREA SOFTWARE A DATELOR EXPERIMENTALE COMPLEXE	253
11.1. Problematika laboratoarelor de măsurări	253
11.1.1. Laboratoare virtuale	254
11.1.2. Componentele unui laborator acreditat	255
11.2. Integrarea datelor de laborator	257
11.2.1. Tehnici curente de integrare	257
11.2.2. Concepte comune pentru domeniul măsurării datelor	258
11.3. Integrarea datelor în laboratorul de magnetism	259
11.3.1. Specificul echipamentelor din laboratorul de magnetism	259
11.3.2. Sistemul de integrare a datelor	262
<i>Bibliografie</i>	265