

**Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova**  
**Universitatea Tehnică a Moldovei**  
**Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică**  
**Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală**  
**Programul de studii Microelectronica și Nanotehnologii**

**Admis la susținere**  
**Șef interimar departament MIB**  
**Railean Serghei, conf. univ., dr.**

---

”\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2023

# **Investigarea inductanței cinetice în nanostructurile supraconductoare stratificate Niobiu-Cobalt**

## **Teză de master**

**Masterand:** \_\_\_\_\_ **Malcoci Cezar-Casian,**  
**gr. MN – 211M**

**Coordonator:** \_\_\_\_\_ **Sidorenko Anatolie**  
**Acad., dr. hab., prof.**  
**univ.**

**Chișinău - 2023**

## REZUMAT

**Cuvinte-cheie:** curent electric, curent magnetic, supraconductori, nanostructuri, inductanță cinetică, temperatură critică, criostat, niobiu, cobalt, Criocooler 17T,

**Scopul lucrării** constă în realizarea unor serii de probe în 2 etape prin depunerea straturilor nano-metrice de cobalt și niobiu la aceeași temperatură.

**Obiectivele generale** – analiza literaturii de specialitate, pregătirea și testarea probelor de Niobiu și Cobalt, identificarea utilizării ulterioare și compararea rezultatelor obținute cu teoria.

**Domeniul de cercetare** îl constituie aspectele teoretice și practice de modelare și depunere a nanostructurilor stratificate de cobalt și niobiu.

**Originalitate științifică** cercetătorii de astăzi sunt preocupați în crearea tehnologiilor noi prin utilizarea supraconductorilor din noua generație.

Teza cuprinde în sine introducerea, trei capitole, concluzii, bibliografie.

**Capitolul 1** descrie aspectele teoretice despre fenomenele fizice, și anume efectele curentului electric și magnetic; evoluția supraconductorilor; tipurile de supraconductori; utilizarea supraconductorilor; nanostructurile și inductanța cinetică. De asemenea, se analizează stadiul actual privind cercetările în domeniu.

**Al doilea capitol** conține descrierea laboratorului "Structuri cu corp solid" a Institutului de Inginerie Electronică și Nanotehnologii "D.Ghițu" și a Centrului Universitar AlbaNova din Stockholm. Totodată se prezintă analiza SWOT a laboratorului IEN "D. Ghițu".

**Capitolul 3** conține descrierea utilajului Z400 și Criostatului 17 Tesla utilizat în cercetarea științifică, etapele de realizare a experimentului și se analizează rezultatele experimentale.

Lucrarea cuprinde: 32 figuri, 13 tabele, 23 formule matematice, 17 surse bibliografice.

Lucrarea descrie fenomenele fizice și influența acestora asupra supraconductorilor. Probele au fost testate în studiul proceselor de formare a unei nanostructuri bazate pe Niobiu și Cobalt. A fost investigată influența diferiților parametri tehnologici: grosime; temperatura depunerii; rezistență etc.

## ANNOTATION

**Keywords:** electric current, magnetic current, superconductors, nanostructures, kinetic inductance, critical temperature, niobium, cobalt, Cryocooler 17T.

**The purpose** consists of making a series of samples in 2 stages by depositing the nano-metric layers of cobalt and niobium at the same temperature.

**The general objectives** – analysis of specialized literature, preparation and testing of Niobium and Cobalt samples, identification of subsequent use and comparison of the obtained results with theory.

**The research field** it is constituted by the theoretical aspects of modeling and deposition of cobalt and niobium layered nanostructures.

**Scientific originality** today's researchers are concerned with creating new technologies using next-generation superconductors.

The thesis itself includes the introduction, three chapters, conclusions, bibliography.

**Chapter one** describes the theoretical aspects about physical phenomena, namely the effects of electric and magnetic current; the evolution of superconductors; types of superconductors; the use of superconductors; nanostructures and kinetic inductance. Also, the current state of research in the field is analyzed.

**The second chapter** contains the description of the "Solid body structures" laboratory of the "D. Ghițu" Institute of Electronic Engineering and Nanotechnology and the AlbaNova University Center in Stockholm. At the same time, the SWOT analysis of the laboratory IIEN "D. Ghițu".

**The third chapter** contains the description of the Z400 machine and the 17 Tesla Cryostat used in scientific research, the stages of the experiment and the experimental results are analyzed.

The thesis includes: 32 figures, 13 tables, 23 mathematical formulas, 17 bibliographic sources.

The paper describes physical phenomena and their influence on superconductors. The samples were tested in the study of the formation processes of a nanostructure based on Niobium and Cobalt. The influence of different technological parameters was investigated: thickness; deposition temperature; resistance etc.

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b> .....	8
<b>1. ASPECTELE TEORETICE PRIVIND FENOMENELE FIZICE</b> .....	9
1.1. Efectele curentului electric și magnetic.....	9
1.2. Evoluția supraconductorului.....	18
1.3. Tipuri de supraconductori.....	20
1.4. Utilizarea supraconductorilor.....	23
1.5. Nanostructuri: definiție, proprietăți.....	27
1.6. Stadiul actual privind cercetările în domeniul.....	30
1.7 Inductanță cinetică.....	31
<b>2. PREZENTAREA LABORATOARELOR</b> .....	35
2.1. Descrierea laboratorului "Structuri cu corp solid" a Institutului de Inginerie Electronică și Nanotehnologii "D. Ghițu" din Chișinău.....	35
2.2. Descrierea Centrului Universitar AlbaNova din Stockholm.....	36
2.3. Analiza SWOT.....	40
<b>3. PROPUNERI ȘI RECOMANDĂRI</b> .....	42
3.1. Descrierea utilajului utilizat din laboratorul "Structuri cu corp solid" a Institutului de Inginerie Electronică și Nanotehnologii "D. Ghițu" din Chișinău.	42
3.2. Descrierea utilajului utilizat din Centrului Universitar AlbaNova din Stockholm.....	44
3.3. Realizarea experimentului.....	55
<b>CONCLUZII</b> .....	65
<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	67

## INTRODUCERE

În prezent tot mai larg se utilizează nanotehnologia, pătrunzând în diferite domenii. În sens larg, nanotehnologia reprezintă orice tehnologie al cărei rezultat finit e de ordin nanometric: particule fine, sinteză chimică, microlitografie avansată, etc. Într-un sens restrâns, nanotehnologia reprezintă orice tehnologie ce se bazează pe abilitatea de a construi structuri complexe respectând specificații la nivel atomic folosindu-se de sinteza mecanică. Structurile nanometrice nu numai că sunt foarte mici, ajungându-se chiar până la scara atomică, dar ele posedă unele proprietăți total deosebite și neașteptate, în comparație cu aceeași substanță luată la nivel macroscopic.

Principalele caracteristici care pot fi menționate pentru acest tip de tehnologie sunt:

- Dezvoltarea muncii la scară nanometrică. Acest aspect, deși a fost menționat mai sus, este un factor cheie dacă o tehnologie sau un proiect dorește să se încadreze în domeniul nanotehnologiei.

- Spre deosebire de ramurile de natură pur biologică sau materială, nanotehnologia este compatibilă cu proiecte de ambele tipuri, deoarece prin ea moleculele și atomii pot fi controlați, modificați și manipulați.

- Are un caracter total multidisciplinar. Adică, utilizarea sa poate fi extrapolată la alte domenii precum ingineria, medicina, chimia, printre altele.

Deși oamenii de știință au cercetat materia la nanoscară timp de mulți ani, în fizică și chimie, atomii și moleculele au putut fi vizualizate și manipulate direct odată cu inventarea unei generații noi de microscopie în anii '80, în laboratorul IBM din Elveția. Acest lucru a deschis calea investigației sistematice a nanomaterialelor și realizării faptului că proprietățile lor excepționale ar putea fi utilizate pentru a crea materiale și dispozitive inovatoare. Frecvent, nanomaterialele observate în natură sunt utilizate ca inspirație pentru proiectarea unor inovatoare. De aceea, mulți cercetători consideră că nanoștiința nu este o revoluție, ci mai degrabă o evoluție a unor discipline științifice tradiționale, dar nanotehnologiile pot avea unele implicații revoluționare pentru societatea noastră în ceea ce privește aplicațiile sau instrumentele a căror realizare o pot înlesni.

În R. Moldova laboratorul "Structuri cu corp solid" a Institutului de Inginerie Electronică și Nanotehnologii "D. Ghițu" din Chișinău este unic. Institutul colaborează și își coordonează activitățile științifice cu instituții republicane din cadrul MEC, iar colaborarea internațională se realizează cu instituțiile din Germania, Rusia, România, Polonia, SUA, Ucraina, Franța, Turcia.

Rezultatele obținute în cadrul laboratorului de către colaboratorii ei sunt prezentate la diverse expoziții din țară și peste hotarele ei. Lucrările expuse la expoziții sunt apreciate de experți cu medalii de aur, argint și bronz.

## BIBLIOGRAFIE

1. Ce este un supraconductor? Definiție și utilizări. [online]. [citată 10.04.2021]. Disponibil: <https://www.greelane.com/ro/știință-tehnologie-math>
2. Supraconductibilitate. [online]. [citată 10.04.2021]. Disponibil: <https://ro.wikipedia.org/wiki/Supraconductibilitate>.
3. Introducere în supraconductibilitate. [online]. [citată 10.04.2021]. Disponibil: [www.phys.ubbcluj.ro/~iosif.deac/courses/FCS/c...](http://www.phys.ubbcluj.ro/~iosif.deac/courses/FCS/c...)
4. Materiale supraconductoare. [online]. [citată 10.04.2021]. Disponibil: <http://elmat.pub.ro>
5. NEAGA, A., JALBĂ, A. *Supraconductibilitatea electrică*. Conferința Tehnico-Științifică a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților, 15-17 noiembrie 2012, Ed. Tehnica-UTM, Chșinău, 2012, vol. I. pag. 487- 490.
6. The History of Superconductors. [online]. [citată 10.04.2021]. Disponibil: [www.superconductors.org/History.htm](http://www.superconductors.org/History.htm)
7. Spintronică. [online]. [citată 10.04.2021]. Disponibil: <https://en.wikipedia.org/wiki/Spintronics>
8. Feromagnetism. [online]. [citată 10.04.2021]. Disponibil: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ferromagnetism....>
9. Type 1 Superconductors. [online]. [citată 10.04.2021]. Disponibil: [www.superconductors.org/Type1.htm...](http://www.superconductors.org/Type1.htm...)
10. Type 2 Superconductors. [online]. [citată 10.04.2021]. Disponibil: [www.superconductors.org/Type2.htm...](http://www.superconductors.org/Type2.htm...)
11. Uses for Superconductors. [online]. [citată 10.04.2021]. Disponibil: [www.superconductors.org/Uses.htm...](http://www.superconductors.org/Uses.htm...)
12. BADARAU, GH. Proprietățile materialelor metalice. [online]. [citată 10.04.2021]. Disponibil: <https://sim.tuiasi.ro/wp-content/uploads/Gh.Badarau-Proprietatil...>
13. Fascicul de ion focalizat [online]. [citată 10.12.2022]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Focused\\_ion\\_beam](https://en.wikipedia.org/wiki/Focused_ion_beam)
14. Centrul Universitar AlbaNova [online]. [citată 11.12.2022]. <https://www.albanova.se/about-albanova/about-the-centre/>
15. Universitatea din Stockholm [online]. [citată 01.12.2022]. [https://en-m-wikipedia-org.translate.goog/wiki/Stockholm\\_University?\\_x\\_tr\\_sl=auto&\\_x\\_tr\\_tl=ro&\\_x\\_tr\\_hl=ro](https://en-m-wikipedia-org.translate.goog/wiki/Stockholm_University?_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=ro&_x_tr_hl=ro)
16. Criostat un dispozitiv pentru a menține temperaturi criogenice scăzute ale probelor [online]. [citată 15.12.2022]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Cryostat>
17. Nanotehnologie [online]. [citată 01.11.2022]. <https://ro.wikipedia.org/wiki/Nanotehnologie>