

Argumentarea direcției științifice a dr.hab., prof.univ.

Anatolie Sidorenko

„Supraconductivitatea sistemelor de dimensionalitate redusă”

Este cunoscut că sistemele de dimensionalitate redusă de tipul firelor și peliculelor subțiri, nanostructurilor stratificate posedă proprietăți electronice unice, în ele au loc așa fenomene fizice subtile cum ar fi efectul cuantic Hall, cuantificarea dimensională, starea de supraconductibilitate neomogenă Larkin-Ovchinnikov-Fulde-Ferrell, confinamentul dimensional și interferința cuantică etc.

Laureatul premiului Nobel al anului 2003, academicianul Vitalie Ghinzburg încă în anul 1977 a prezis posibilitatea apariției supraconductibilității la temperaturi înalte, anume în sisteme de dimensionalitate redusă și structurate. Acest fapt s-a adevărat în anul 1986 când a fost descoperită supraconductibilitatea la temperaturi înalte în metalooxizii anizotropi, iar în anul 1959 academicianul Vsevolod Moscalenco a demonstrat posibilitatea existenței unui tip nou de supraconductibilitate – supraconductibilitate multibandă, care a fost descoperită experimental recent în diboridul de magneziu, care deasemenea reprezintă un material stratificat.

Fenomenele fizice noi, depistate în sistemele de dimensiuni reduse, prezintă nu doar o valoare cognitivă fundamentală incontestabilă, dar și deschid oportunități aplicative încă greu apreciable, mai ales în domeniul nanoelectronicii, tehnicii de calcul și informaticii, în sisteme de măsurări ultrasensibile și energetică.

În ultimii 30 de ani în laboratoarele de profil ale A.Ș.M. au fost inițiate și dezvoltate intensiv investigații complexe ale particularităților electronice unice ale sistemelor de acest gen. Rezultatele investigațiilor au servit ca bază pentru tezele de doctor (1979) și doctor habilitat (1991) ale candidatului. Colaborarea cu centrele științifice de profil cu reputație științifică înaltă din Rusia, Ucraina, Finlanda, Polonia, Germania, Italia a permis să fie obținute rezultate noi valoroase, recunoscute ca prioritare de comunitatea fizică internațională.

Încă la începutul cercetărilor, începând cu anul 1976, au fost publicate un șir de rezultate ale cercetărilor supraconductorilor de dimensiuni reduse – prima identificare experimentală a fluctuațiilor critice în sistemele quasibidimensionale, reeșind din principii fizice fundamentale a fost reflectată în **Physcs Letters A (Scaling behavior of resistive transition in thin superconducting films. v.68, N5/6 (1978) p.456-458).**

Pe parcursul perioadei de mai bine de 30 de ani s-a conturat direcția de bază a investigațiilor efectuate personal de pretendent, legată de procesele fizice în supraconductorii cu dimensiuni reduse și fracționari, structurile peliculare multistrat de tipurile supraconductor/metal normal, supraconductor/semiconductor, supraconductor/feromagnet, structuri fractale. În rezultatul acestor investigații a fost descoperit fenomenul de redimensionare inversă a peliculei supraconductoare subțiri în câmpuri magnetice puternice: „2D-1D” crossover în câmpul longitudinal și „2D-0D” în câmpul magnetic perpendicular (**Two-one and zero-dimensional critical fluctuation observed on thin superconducting V films. Physica p.993-994**). În baza acestui fenomen a fost elaborat și brevetat un nou tip de senzori de radiație IR cu diapazon dinamic variabil (brevete de invenție URSS Nr.950013, Nr.1222156).

La cercetarea structurilor stratificate de vanadiu/cupru în câmp magnetic longitudinal pentru prima dată a fost observat fenomenul fizic de „crossover dimensional”- tranziție dimensională 3D-2D-3D (**Dimensional crossover 3D-2D-3D in superconducting layered V/Cu structures. Pisma Zh.Eksp.Teor.Fiz. v.49.,N11 (1989) p.618-620**), iar în sistemul de dimensionalitate fracționară, structuri fractale niobiu/cupru – fenomenul comportamentului multicrossover (**Superconducting properties of fractal Nb/Cu multilayers. Phys. Rev.B53 (1996) p.11751-11756**), care se manifestă printr-o dependență anomală de temperatură a câmpurilor magnetice critice în asemenea sisteme.

Prin cercetări minuțioase ale structurilor multistrat de molibden/siliciu (de tip supraconductor/semiconductor) au fost descoperite oscilații gigantice ale forței de legătură dintre straturi la variația grosimii peliculei nemetalice (**Giant oscillations of coupling strength in**

Mo/Si multilayers with constant semiconductor thickness. Phys.Rev. B56 (1997) p.2372-2375).

A fost confirmată experimental ipoteza teoretică de existență a stării de supraconductibilitate neomogenă Larkin-Ovchinnikov-Fulde-Ferrell în sistemele stratificate supraconductor/feromagnet. Investigațiile detaliate ale acestei stări în nanostructuri bistrat de niobiu/nichel (**Oscillations of the critical temperature in superconducting Nb/Ni bilayers. Ann.Phys. (Leipzig) 12 (2003) p.37-50.**) au facilitat descoperirea unui fenomen fizic neașteptat în nanostructurile stratificate de niobiu/nichel – supraconductibilitatea de restabilire (**Re-entrant superconductivity in Nb/Cu_xNi_{1-x} bilayers. Phys.Rev.Lett. 97 (2006) 057004,** deoarece supraconductibilitatea și feromagnetismul sunt faze antagoniste. Acest rezultat a fost selectat de către Prof. John R. Clem, redactorul „**Journal of Applications of Superconductivity**”, ca unul dintre cele mai valoroase în anul 2006. El scria: „We are pleased to inform you that your article, "Reentrant Superconductivity in Nb/Cu_{1-x}Ni_x Bilayers," published in Physical Review Letters 97, 057004 (2006), has been selected for the August 15, 2006 issue of **Virtual Journal of Applications of Superconductivity** which is published by the **American Institute of Physics and the American Physical Society**”

Cercetările efectuate în domeniul studiului proprietăților electrofizice ale primului supraconductor stratificat multibandă, diboridul de magneziu, au dus la depistarea caracterului bidimensional al stării de supraconductibilitate în MgB₂ (**Evidence for two-dimensional superconductivity in MgB₂. Europhys.Lett. 59 (2002) p. 272-276.**) și evidențierea cripului anomal termo-activat al curentului magnetic cu o energie de activare puternic dependentă de câmpul magnetic (**Thermally Assisted Flux Flow in MgB₂: Strong Magnetic Field Dependence of the Activation Energy, Philosophical Magazine, Vol. 85, No. 16 (2005) p. 1783–1790.**)

Enumerarea succintă a seriei de fenomene fizice noi în supraconductori cu dimensiuni reduse, descoperite de colectivul laboratorului, condus de pretendent, demonstrează ponderea și necesitatea desfășurării investigațiilor în direcția dată, care s-a dovedit a fi deosebit de fructuoasă din punct de vedere atât al aspectului fundamental-cognitiv, cât și al celui aplicativ. Deja la această etapă a cercetărilor este elaborată o gamă de structuri nanoelectronice, dispozitive și instalații unice, care au la baza funcționării lor fenomenele și efectele descoperite. Toate dispozitivele de sensibilitate înaltă elaborate au fost brevetate și implementate într-un șir de domenii științifice și ingineresti.

Pe parcursul dezvoltării direcției date de cercetare au fost susținute 8 teze de doctor în științe, s-au derulat peste 20 de diverse proiecte și programe, au fost publicate circa 300 de lucrări științifice, - majoritatea în ediții de peste hotare, de cel mai înalt rang științific (Phys.Rev.Lett.; Phys. Lett.; Modern Phys. Lett.; Applied Phys.Lett.; Euro Phys. Lett.; Phys. Rev.; Phyl. Mag. etc.), au fost înregistrate 29 brevete de invenție de dispozitive și instalații implementate.

Rezultatele obținute în acest domeniu, conform aprecierii unor specialiști renumiți: acad. A.F.Andreev (A.Ș. a Rusiei); acad. I.K.Yanson (A.N.Ș. a Ucrainei); Prof. Thomas Schimmel-directorul Institutului de Nanotehnologii din Karsruhe; prof. Rudolf Gross, directorul Institutului Walter-Meissner, Munchen; Prof. Ron Arza directorul Institutului de Tehnologie din Israel TECHNION; Prof. Robert Schekhter de la Universitatea de Tehnologie CHALMERS au constituit platforma de formare în cadrul Academiei de Științe a Moldovei a unei direcții științifice noi – **nanofizica, nanoelectronica, tehnologia semiconductorilor de dimensiune redusă**, recunoscută de către comunitatea științifică internațională.

O apreciere incontestabilă a nivelului înalt al cercetărilor efectuate în cadrul A.Ș.M. constituie organizarea diferitor manifestări internaționale, cum ar fi: Conferința NATO ARW „NDFa-2004 – Nanoscale Devices – Fundamentals and application” cu participarea specialiștilor renumiți din 16 țări și a unui șir de Simpozioane internaționale „NANO” – NANO-2007, NANO-2009 și NANO-2011, directorul cărora a fost pretendentul.

Rezultatele cercetărilor efectuate în decurs de 30 de ani în domeniul „**Supraconductivitatea sistemelor cu dimensionalitate redusă și nanoelectronica**” au fost sistematizate și reflectate în trei monografii publicate la editura “**Springer**”: „**Nanoscale devices – fundamentals and applications**” (Springer, 2006), „**Nanocale phenomena – fundamentals and applications**” (Springer, 2009) și „**Fundamentals of superconducting nanoelectronics**” (Springer, 2011). Importanța acestor publicații pentru comunitatea științifică a fost subliniată în prefață la monografia „**Fundamentals of superconducting nanoelectronics**”, de Prof. Rudolf Gross, directorul Institutului Walter-Meissner, Munchen, Germania: “Although it is impossible to cover all aspects of broad and complex field of superconducting electronics, the present book addresses the most interesting phenomena and key developments of the last decade in a comprehensive way”.

Dr.hab. șt.fiz.-mat., prof.univ.

Anatolie Sidorenko