

CONTRIBUȚIE LA ELABORAREA NOILOR METAMATERIALE ȘI DISPOZITIVE CU CARACTERISTICI NEÎNTÂLNITE ÎN NATURĂ

Dr. hab., conf. univ. **Veaceslav URSACHI**

E-mail: vvursaki@gmail.com

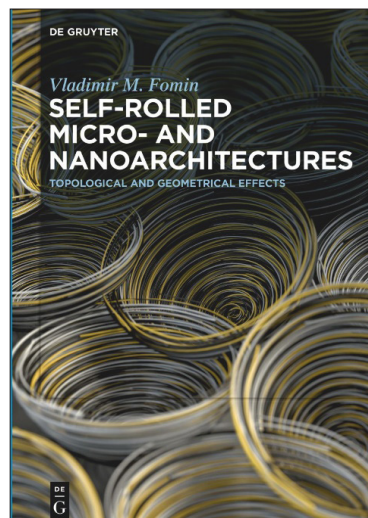
Secția de Științe exacte și ingineriești, AȘM

Recent, la Editura „De Gruyter”, editură cu sediul în Berlin și cu oficii în numeroase țări, a văzut lumina tiparului noua carte a membrului de onoare al AȘM, dr. hab., prof. univ. Vladimir Fomin, intitulată *Self-rolled Micro- and Nanoarchitectures: Topological and Geometrical Effects* (Micro- și Nanostructuri auto- rulate: efecte topologice și geometrice) (<https://www.de-gruyter.com/view/title/534593>).

Volumul sumează cercetările autorului în domeniul fascinant al micro- și nanoarhitecturilor obținute prin metoda de auto-rolare, în urma unei munci asidue timp de circa 11 ani în cadrul Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstofforschung (IFW), Dresda. Sunt prezentate rezultatele recente privind modelele teoretice și numerice avansate de analiză a efectelor cheie ce stau la baza ingineriei proprietăților de transport electronic, a proprietăților supraconductoare și optice ale noilor micro- și nano-arhitecturi tehnologic avansate.

Vladimir M. Fomin a susținut teza de doctor în 1978 la Universitatea de Stat din Moldova, iar teza de doctor habilitat – în 1990 la Academia de Științe a Moldovei. Este profesor universitar în fizică teoretică din 1995. Din 2009 activează la Institutul pentru Nanoștiințe Integrative din cadrul Institutului Leibniz pentru Cercetarea Materialelor și Stărilor Solide, Dresda, Germania. Interesele sale de cercetare cuprind diverse domenii în fizica nanostructurilor, inclusiv proprietățile optice ale punctelor cuantice, curenți persistenți în inele cuantice, dinamica vortexurilor în supraconductori mezoscopici și proprietățile termoelectrice ale nanostructurilor semiconductoră. În prezent, eforturile sale se concentrează pe dezvoltarea teoriei transportului electronic și proprietăților optice ale nano- și microstructurilor auto-asamblate induse de tensiunea superficială. A elaborat trei monografii, trei manuale și peste 200 de articole științifice. Este membru de onoare al Academiei de Științe a Moldovei, laureat al Premiului Național al Republicii Moldova, este distins cu Medalia „Kapitsa” a Academiei de Științe ale Naturii (Rusia).

Spre deosebire de legile fundamentale ale naturii, care sunt formulate la nivel local, topologia își găsește o largă aplicare în analiza efectelor și fenomenelor la nivel



Vladimir M. FOMIN. *Self-rolled micro- and nanoarchitectures: Effects of topology and geometry*. Berlin-Boston:

De Gruyter, 2021, published on 09.11.2020. – 148 p.

de structura integrală a sistemului în cauză. Procedeele înalt tehnologizate de fabricare a nanostructurilor au permis generarea unor varietăți geometrice și topologice excepționale la scară nanometrică. Aceste geometrii nanometrice sunt responsabile de noi proprietăți electronice, optice, magnetice și de transport, precum și de posibilități noi de aplicare a nano-dispozitivelor. Analiza varietăților topologic neobișnuite la scară nanometrică are o importanță imensă pentru fizica semiconductorilor, supraconductorilor și grafenului, precum și pentru electronică, magnetism, optică, optoelectronică, materiale termoelectrice și calculatoarele cuantice.

Noua lucrare este consacrată cercetării fundamentale în nanoștiințe și nanotehnologii, dezvoltării strategiilor pentru aplicații industriale ale micro- și nanoarhitecturilor auto-rolate, precum și pentru educația avansată a specialiștilor interdisciplinari, doctoranzi și studenți. În cadrul unei abordări holistice, efectele de auto-rolare sunt analizate sub aspect teoretic în cazul supraconductorilor (capitolul 2), semiconductorilor (capitolul 3), micro- și nanoarhitecturilor magnetizate (capitolul 4), micromotoarelor tubulare catalitice (capitolul 5), microcavităților optice (capitolul 6).

Obiectivul cheie al lucrării este de a impulsiona dezvoltarea acestui nou domeniu al fizicii materiei condensate prin: a) adaptarea ordonării topologice datorate confinării geometrice complexe, manifestată prin proprietăți cuantice persistente ale nanoarhitecturilor și metamaterialelor nanostructurate auto-rulate; b) dezvoltarea funcționalizării lor motivate de cererea industrială de înlocuire a tehnologiilor optoelectronice, biomedicale și informaționale existente și de depășire a limitelor existente.

Baza diverselor aplicații de perspectivă, cum ar fi nanodispozitivele supraconductoare, noile tipuri de detectori, senzori, qubiți pentru calcul cuantic, se regăsește în geometriile complexe și topologiile netriviiale. În lucrare sunt descrise teoretic și confirmate experimental semnele vizibile ale vortexurilor și deplasărilor de fază cauzate de geometria tridimensională complexă a nanoarhitecturilor supraconductoare obținute prin auto-rulare. Acest comportament este atribuit parametrului de ordonare specific, precum și distribuției câmpului magnetic care relevă proprietățile topologice netriviiale și favorizează formarea vortexurilor supraconductoare și a deplasărilor de fază în anumite regiuni. Topologia netradițională a curenților supraconductori induce dinamica deplasărilor de fază, care la rândul său determină caracteristicile tensiune-câmp magnetic și tensiune-curent în nanoarhitecturile cu multiple bucle de curenți supraconductori de ecranare. Cunoștințele teoretice acumulate denotă faptul că tehnologia de auto-rulare reprezintă o metodă inovativă, eficientă și robustă în vederea fabricării nanoarhitecturilor tridimensionale cu performanță și eficiență energetică sporită, precum și o structură compactă superioară.

Heterostructurile auto-rulate din materiale hibride, în particular sistemele anorganic/organic, semiconductor/metal sau material cristalin/amorf, prezintă un potențial promițător datorită capacităților de îmbunătățire a proprietăților de transport a electronilor și fotonilor. De aceea, metodele topologice sunt de mare importanță în vederea optimizării teoretice a spectrului de vibrații și proprietăților de transport termic în modelul sistemului hibrid auto-rulant. Schimbările în spectrul acusto-fononic și efectele lor asupra transportului de fononi au fost detectate experimental în prima măsurare a termoconductibilității pentru micro- și nanostructurile tubulare multistratificate.

Microarhitecturile magnetizate auto-rulate prezintă noi modele neconvenționale de testare a fenomenelor de transport cuantic dirijate topologic, precum efectul Hall topologic la scară micrometrică. După cum se atestă în monografie, inelele microhelicoidale magnetizate oferă o posibilitate unică de investigare a numeroaselor tranziții magnetice complexe, caracte-

ristice pentru materialele helicomagnetice masive sau a momentului toroidal magnetic în materialele multiferice la scară micrometrică. Combinarea dintre propulsia asistată magnetic și controlul direcțional al ansamblului de microroboți obținuți prin auto-rulare, precum și dotarea microroboților cu diverse metode de control a formelor lor geometrice folosind lumina, pH-ul sau mecanismele termice pentru livrarea și eliberarea încărcăturii, constituie o direcție de dezvoltare cu posibilele aplicații biomedicale pentru astfel de microroboți. Odată cu proiectarea și crearea unor astfel de microroboți obținuți prin auto-rulare, chitul de simulări prezentate în lucrare sunt de o importanță imensă pentru investigarea nu doar a parametrilor fizici, ci și a schimbărilor chimice și moleculare cu scopul de a prezice răspunsul la anumiți stimuli și pentru optimizarea geometriei și topologiei lor în direcția ulterioarei funcționalizări. Analiza teoretică și simularea matematică a micromotoarelor conice auto-rulate propulsate prin intermediul bulelor de gaze, bazată pe interacțiunea celor trei mecanisme de propulsie, a oferit o înțelegere fundamentală a impactului diferitor parametri geometrici (lungime, unghi semiconic, proprietăți de suprafață) și astfel a permis o interpretare cantitativă a datelor experimentale disponibile. Această platformă, care este discutată în detaliu în monografie, poate fi exploatată pentru a prezice și optimiza performanțele micromotoarelor catalitice în diferite medii de lucru, în special în medii biologice. Sinergia dezvoltată între funcționalitățile interne și externe ale micromotoarelor catalitice auto-rulate reprezintă o contribuție semnificativă la degradarea eficientă a poluanților organici, periculoși pentru mediu, având un impact semnificativ asupra remedierii apelor contaminate.

Elaborarea următoarei generații de sisteme bioanalitice multifuncționale opto-electro-fluidice prin integrarea nano-/microarhitecturilor individuale biosensibile pe un cip de siliciu constituie o provocare pentru justificarea teoretică și validarea numerică a strategiilor, în vederea sporirii sensibilităților și optimizării schemei de integrare și asamblare a componentelor microfluidice implicate, a dispozitivelor optoelectronice auto-rulate, precum interferometrele pe cip bazate pe ghid de undă, rezonatoarele microcirculare și cavitățile pe bază de cristal fonic.

Cartea profesorului Vladimir Fomin oferă modele experimentale asistate teoretic pentru realizarea micro- și nanoarhitecturilor 3D auto-rulate. Cercetările sale vor contribui la elaborarea de noi metamateriale și dispozitive cu caracteristici neîntâlnite în natură, adaptate la cerințele actuale, cu libertate structurală în geometrii complexe și topologii neobișnuite, superioare microelectronicii convenționale.