

University POLITEHNICA of Bucharest

Faculty of Applied Chemistry and Materials Science

Department of Science and Engineering of Oxide Materials and Nanomaterials

HABILITATION THESIS

*Materials with Applications in Medicine, Data Storage,
Microwave Communications, Electronics and Optoelectronics*

Prof. Dr. Eng. Sorin-Ion JINGA

Abstract

English

The current work represents an overview of the most important professional achievements of Prof. Dr. Eng. Sorin-Ion JINGA, university teacher and senior researcher at University POLITEHNICA of Bucharest, Faculty of Applied Chemistry and Materials Science, Department of Science and Engineering of Oxide Materials and Nanomaterials, as well dean at Faculty of Medical Engineering from the same institution.

His didactical activity falls in the chemical and material engineering fields, covering courses and laboratories specific to science and engineering of oxide materials and nanomaterials, both for bachelor studies and master programmes. A wide range of themes were approached, from computer operating to dielectrics, from technical drawing to smart materials, from unconventional processing techniques to industrial equipments, from lasers to optimisations. The coordination of students' research activity, the implication in continuous forming and professional reconversion programmes, as well as the management of national research projects won by competition should also be mentioned.

Going to the scientific research activity, the concerns can be classified into four main directions: materials for medical applications, materials for data storage, materials for microwave communications and materials for electronics and optoelectronics fields.

The largest part of the research activity was directed to the development of unitary and composite materials suitable for medical applications so as to respond to the current global challenges regarding hard tissue engineering, drug delivery systems, bioactive coatings and active packaging materials. Thus, bacterial cellulose membranes were combined with poly(vinyl alcohol), chitosan, carboxymethylcellulose, silver, silica, magnetite and calcium carbonate, converted into whiskers and powders, as well as employed as template for calcium phosphates based scaffolds. Other efforts were made in order to integrate barium titanate nanopowders in a well known composite, collagen-hydroxyapatite, and subsequently investigate its influence on the bioactivity and biocompatibility of the resulting novel biomaterials. Vitroceramic powders prepared by wet chemistry methods also represented a subject of interest, the obtained compositions being either embedded in a collagen matrix, or used for the fabrication of dense targets which further played the role of material source in a laser ablation equipment. As a consequence, bioactive interfaces were grown on Ti and Ti-Zr

substrates with the aim of providing an improved behaviour of metallic prostheses in contact with living tissues.

In the second case, the activity was focused on the design, fabrication and optimization of new materials suitable for the development of data storage devices with high-density. In this regard, two directions were considered: fluorescent photosensitive glass-ceramics and patterned magnetic heterostructures. A fluorosilicate glass-ceramic containing photosensitizing metals and rare earths was prepared and employed for direct laser writing experiments. The resolution of the created objects was gradually decreased from 5 nm to 2 nm and finally to 1 nm, demonstrating in the same time the possibility of backing the optical diffraction limit by using visible light and a quantum multiphoton confinement material, as well as the necessity of exploiting the optical lithography technique.

In the field of magnetic recording media, nanocomposites containing iron nanostructures embedded in an alumina matrix were synthesized using successive laser deposition and the magnetic properties were analysed in detail. It was shown that by an accurate control of the processing parameters, both the morphological and magnetic features can be tuned in the desired way.

For the microwave frequency range, few exothic compounds were elected and a consistent study was conducted so as to propose materials with enhanced dielectric properties. Barium zinc tantalate and barium magnesium tantalate are the most important of them. Several aspects were taken into consideration: the influence of dopants, sintering and annealing temperature and time, the alternatives offered by the soft chemistry and the devices miniaturization by switching to thin films.

Not the last, a permanent attention was paid to the scientific research in the fields of electronics and optoelectronics. The most part of the scientific results were integrated in three books with a pronounced didactical character. The first one deals with the most important aspects regarding ceramic materials for optical applications, starting from the most known compositional systems, their properties and synthesis methods and going to the rigors of ultrapure materials, as well as specific windows made of optical ceramic and transparent ceramic for optoelectronic purposes. The second book was dedicated to a wide range of unconventional synthesis methods for powders, thin and thick films, all being completed by several practical examples. As well, few modern milling solutions for polygranular mixtures and recent sintering techniques for micro and nanopowders were presented. The third one treats the modern subject of multifunctional materials, in the form of micro or nanostructured systems. Starting from the theoretical background provided by the oxide materials science

and condensed matter physics, the work splits into two leading directions as regards the nature of the employed materials: vitreous and crystalline. In the same context, few articles were published on phosphors, infrared windows, gas sensors and single crystals growth.

Moreover, Prof. Dr. Eng. Sorin-Ion JINGA conducted a permanent work towards the optimisation of the synthesis conditions, prediction of the experimental results, simulation and modelling of the developed processes, in order to provide useful and reliable data to the scientific community and to guide the Romanian research field towards visibility, performance and international recognition.

Română

Lucrarea de față reprezintă o trecere în revistă a celor mai importante realizări profesionale ale Prof. Dr. Ing. Sorin-Ion JINGA, cadru didactic universitar și cercetător principal la Universitatea POLITEHNICA din București, Facultatea de Chimie Aplicată și Știința Materialelor, Departamentul de Știința și Ingineria Materialelor Oxidice și Nanomateriale, precum și decan la Facultatea de Inginerie Medicală de la aceeași instituție.

Activitatea sa didactică se încadrează în domeniile ingineriei chimice și de material, acoperind cursuri și laboratoare specifice științei și ingineriei materialelor oxidice și nanomaterialelor, atât pentru studiile de licență, cât și pentru programele de masterat. A fost abordată o gamă largă de teme, de la operarea pe calculator la dielectrici, de la desen tehnic la materiale inteligente, de la tehnici neconvenționale de procesare la echipamente industriale, de la laseri la optimizări. Coordonarea activității de cercetare a studenților, implicarea în programe de formare continuă și reconversie profesională, precum și conducerea de proiecte naționale de cercetare câștigate prin competiție trebuie, de asemenea, menționate.

Trecând la activitatea de cercetare științifică, preocupările pot fi clasificate în patru direcții principale: materiale pentru aplicații medicale, materiale pentru stocarea de date, materiale pentru comunicațiile de microunde și materiale pentru domeniile electronicii și optoelectronicii.

Cea mai mare parte a activității de cercetare a fost direcționată către dezvoltarea de materiale unitare sau compozite, potrivite pentru aplicații medicale, astfel încât să răspundă provocărilor curente la nivel global în ceea ce privește ingineria țesuturilor dure, sistemele de livrare a medicamentelor, acoperirile bioactive și materialele active de ambalare. Astfel, membranele de celuloză bacteriană au fost combinate cu alcool polivinilic, chitosan, carboximetilceluloză, argint, silice, magnetită și carbonat de calciu, transformate în fire scurte și pulberi, precum și utilizate ca șablon pentru schelete pe bază de fosfați de calciu. Alte eforturi au fost făcute pentru a integra nanopulberi de titanat de bariu într-un binecunoscut compozit, colagan-hidroxiapatită, și ulterior a investiga influența sa asupra bioactivității și a biocompatibilității noilor materiale rezultate. Materialele vitroceramice preparate prin metode chimice în soluție reprezintă, de asemenea, un subiect de interes, compozițiile obținute fiind fie înglobate într-o matrice de colagen, fie utilizate pentru fabricarea de ținte dense care să joace ulterior rolul de sursă de material într-un echipament de ablație laser. Ca urmare, au

fost crescute interfețe bioactive pe substraturi de Ti sau Ti-Zr în scopul de a genera un comportament îmbunătățit al protezelor metalice aflate în contact cu țesuturi vii.

În cel de-al doilea caz, activitatea a fost focalizată pe proiectarea, fabricarea și optimizarea de noi materiale potrivite pentru dezvoltarea de dispozitive de stocare a datelor cu capacitate mare. În acest sens, au fost considerate două direcții: vitroceramicile fotosensibile fluorescente și heterostructurile magnetice texturate. O vitroceramică fluorosilicatică conținând metale fotosensibilizante și pământuri rare a fost preparată și utilizată pentru experimente de scriere directă cu laser. Rezoluția obiectelor create a fost scăzută treptat de la 5 nm la 2 nm și în final la 1 nm, demonstrându-se în același timp posibilitatea depășirii limitei de difracție optică prin utilizarea luminii vizibile și a unui material cu confinare cuantică de tip multifoton, precum și necesitatea exploatării tehnicii de litografie optică.

În domeniul mediilor magnetice de stocare, au fost sintetizate nanocompozite conținând nanostructuri de fier înglobate într-o matrice de alumină prin depunere laser secvențială și proprietățile magnetice au fost analizate în detaliu. S-a arătat că printr-un control precis al parametrilor de procesare, atât caracteristicile morfologice, cât și cele magnetice pot fi ajustate în direcția dorită.

Pentru intervalul frecvențelor de microunde, au fost aleși câțiva compuși exotici și a fost desfășurat un studiu consecvent astfel încât să se propună materiale cu proprietăți dielectrice îmbunătățite. Tantalatul de bariu și zinc și tantalatul de bariu și magneziu sunt cei mai importanți dintre aceștia. Au fost avute în vedere câteva aspecte: influența dopanților, a temperaturii și a timpului de sinterizare și postsinterizare, alternativa oferită de chimia în soluție și miniaturizarea dispozitivelor prin trecerea la filme subțiri.

Nu în cele din urmă, a fost acordată o atenție permanentă cercetării științifice în domeniul electronicii și a optoelectronicii. Cea mai mare parte a rezultatelor științifice a fost integrată în trei cărți cu un pronunțat caracter didactic. Prima dintre ele se ocupă de cele mai importante aspecte referitoare la materialele ceramice pentru aplicații optice, plecând de la cele mai cunoscute sisteme compoziționale, proprietățile și metodele de sinteză ale acestora și trecând la rigorile impuse de materialele ultrapure, precum și ferestre specifice făcute din ceramică optică și ceramică transparentă pentru scopuri optoelectronice. A doua carte a fost dedicată unei game largi de metode neconvenționale de sinteză pentru pulberi, filme subțiri și groase, totul fiind completat de câteva exemple practice. De asemenea, au fost prezentate câteva soluții de măcinare moderne pentru amestecurile poligranulare și tehnici recente de sinterizare a micro și nanopulberilor. Cea de-a treia tratează subiectul modern al materialelor

multifuncționale, sub formă de sisteme micro și nanostructurate. Plecând de la cunoștințele teoretice furnizate de știința materialelor oxidice și fizica solidului, lucrarea se împarte în două direcții principale în ceea ce privește natura materialelor utilizate: vitroase și cristaline. În același context, au fost publicate câteva articole pe materiale cu proprietăți de luminescență, ferestre pentru domeniul infraroșu, senzori de gaz și creșterea monocristalelor.

Mai mult, Prof. Dr. Ing. Sorin-Ion JINGA a desfășurat o muncă permanentă pentru optimizarea condițiilor de procesare, predicția rezultatelor experimentale, simularea și modelarea proceselor dezvoltate, astfel încât să furnizeze date utile și de încredere pentru comunitatea științifică și să îndrume domeniul cercetării românești către vizibilitate, performanță și recunoaștere internațională.