

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII
MOLDOVA**

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică

Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală

Admis la susținere

Șef interimar departament MIB:

conf.univ., dr. Serghei RAILEAN

” _____ ” _____ 2022

PROIECTAREA ȘI REALIZAREA ROBOTULUI SCS

Teză de master

Student:	Bîrnaz Adrian gr. MN-201M
Conducător:	Lupan Oleg, prof. univ., dr. hab.
Consultant:	Trofim Viorel, prof. univ, dr. hab.
Consultant:	Buzdugan Artur, prof. univ, dr. hab.
Recenzent:	Crețu Vasilii, conf. univ., dr.

Chișinău, 2022

REZUMAT

la teza de master cu tema "Proiectarea și realizarea robotului SCS",

Teza cuprinde introducerea, trei capitole, concluzii, bibliografia din 36 titluri, 5 anexe, 64 pagini text de bază, inclusiv 54 figuri și 8 tabele.

Cuvinte cheie: sinteza chimică din soluție, nanomateriale, sisteme de automatizare

Domeniul de cercetare îl constituie metodele de creștere a peliculelor fine și subțiri din oxizii metalelor cum ar fi oxidul de cupru, oxidul de zinc, oxidul de cadmiu nanostructurat.

Scopul lucrării elaborarea unui robot SCS care va avea ca menire creșterea din soluții chimice a unor pelicule subțiri din oxizi de metale în mod automat.

Metodologia cercetării științifice se bazează pe partea practică a obținerii nanomaterialelor prin metoda sintezei chimice din soluție, automatizarea proceselor pentru obținerea peliculelor subțiri.

Noutatea și originalitatea constă în elaborarea unui robot SCS, cost-eficient care va asigura reproductivitatea rezultatelor în urma proceselor tehnologice stabilite.

Teza este divizată în următoarele compartimente: introducere, trei capitole, concluzii, bibliografie și cinci anexe.

Cadrul conceptual – este un capitol de studiu cu caracter sumativ a rapoartelor anterioare și conține actualitatea temei precum și o retrospectivă a diferitor metode de obținere a nanomaterialelor. Este prezentat un studiu al pieței actuale în urma căruia au fost identificate unele probleme cum ar fi costul ridicat și lipsa producerii pe scară largă a astfel de dispozitive ca într-un final să fie îndeplinite scopurile și obiectivele prezentei lucrări.

Proiectarea robotului SCS – în acest capitol este descris nemijlocit procesul de proiectare a circuitelor care vor permite automatizarea procesului de sinteză chimică din soluții SCS. Și anume, realizarea unui dispozitiv competitiv la un cost mult mai redus decât cele prezente la momentul actual pe piață.

Descrierea generală și testarea dispozitivului – aici este prezentat procesul de asamblare, sinteză și testare. După finisarea proceselor de proiectare și realizare a elementelor necesare este asamblat robotul SCS în prima variantă, are loc combinarea lor pentru a obține dispozitivul final. Cu dispozitivul robot SCS proiectat și asamblat au fost crescute pericole subțiri uniforme și nanostructurate, care de fapt reprezintă oxizii de zinc și de cupru crescuți pe o plachetă din cuarț.

Semnificația teoretică a lucrării o constituie rezultatele obținute în urma creșterii peliculelor subțiri, nanostructurate și fine cu ajutorul robotului SCS în regim automat.

Valoarea aplicativă a lucrării pentru acest robot este obținut un act de implementare nr8b, pe numele autorului cu tema "Robot SCS pentru nanotehnologii cu oxizi semiconductori" care atestă implementarea în procesul didactic la Departamentul MIB a UTM. .

ANNOTATION

to the master's thesis on " Design and construction of the SCS robot ",

The thesis consists of an introduction, three chapters, conclusions, bibliography of 36 titles, 5 appendices, 64 pages of basic text including 54 figures and 8 tables.

Keywords: chemical synthesis from solution, nanomaterials, automation systems

Research field are the methods of growing thin, fine films from nanostructured metal oxides such as copper oxide, zinc oxide and cadmium oxide.

The purpose of the work development of an SCS robot to grow thin films of metal oxides automatically.

Scientific research methodology is based on the practical side of obtaining nanomaterials by the method of chemical synthesis from solution, automating processes to obtain thin films

Novelty and originality are to obtain a cost-effective SCS robot that will ensure the reproducibility of the results obtained from the established technological processes.

The thesis is divided into the following sections: introduction, three chapters, conclusions, bibliography and five appendices.

Conceptual framework - is a summative study chapter of the previous reports and contains the topicality of the themes as well as a retrospective of the different methods of obtaining nanomaterials. A market survey is presented, which identified some problems such as high cost and lack of large-scale production of such devices, and finally the aims and objectives of this thesis are put forward.

Design of the SCS robot - in this chapter the process of designing the circuits that will allow the automation of the soluble chemical synthesis process is described. Namely, the realization of a competitive device at a much lower cost than those currently present on the market.

General description and testing of the device - here the assembly, synthesis and testing process is presented. After finishing the processes of design and realization of the necessary elements is assembled the SCS robot in the first variant, takes place their combination to obtain the final device. With the device the designed SCS robot have been deposited uniformly thin nano-structures, which in fact represent oxides of zinc and copper grown on a quartz wafer.

Theoretical significance of the work are the results obtained from the growth of thin and fine films using the SCS robot in automatic mode.

The applicative value of the thesis consist in an implementation act on the name of the author with the topic "SCS robot for nanotechnologies with semiconductor oxides". which certifies the implementation in the teaching process at the MIB Department of TUM.

CUPRINS

LISTA FIGURILOR, GRAFICELOR, DIAGRAMELOR ȘI SCHEMELOR.....	8
INTRODUCERE	10
1. CADRUL CONCEPTUAL	12
1.1 Actualitatea temei	12
1.2 Metode de obținere	14
1.3 Dispozitivele existente.....	23
1.4 Scopurile si obiectivele tezei.....	28
2. PROIECTAREA ROBOTULUI SCS	29
2.1 Proiectarea schemei conceptuale.....	29
2.2 Proiectarea schemei electrice principiale	31
2.3 Proiectarea carcasei.....	39
2.4 Proiectarea software.....	42
3. DESCRIEREA GENERALĂ ȘI TESTAREA DISPOZITIVULUI.....	57
3.1 Asamblarea dispozitivului	57
3.2 Descrierea generală a dispozitivului	58
3.3 Descrierea metodei sintezei chimice din soluție	59
CONCLUZII.....	64
BIBLIOGRAFIE	65
ANEXE.....	68
Anexa 1. Imaginea cablajului imprimat.....	68
Anexa 2. Componente electronice necesare	70
Anexa 3. Dimensiunile elementelor din componența carcasei	72
Anexa 4. Listingul softului pentru robotul SCS	79
Anexa 5. Actul de implementare a rezultatelor cercetărilor	94

INTRODUCERE

În cadrul Centrului de Nanotehnologii și Nanosenzori se duc cercetări în domeniul elaborării senzorilor de gaze pe baza oxizilor diferitor metale cum ar fi CuO sau ZnO, care sunt dezvoltati și testați în cadrul acestui centru [1].

O problemă identificată este automatizarea unor procese tehnologice la baza cărora stă sinteza chimică din soluții SCS. Pentru asimilarea unor metode noi de creștere a peliculelor subțiri este nevoie de petrecut o sumedenie de experimentele, marea parte a lor fiind monotone, care necesită repetarea cu exactitate a unor pași. Iar la repetabilitatea rezultatelor este influențată foarte mult factorul uman. În aceste condiții un robot care lucrează după un algoritm bine stabilit permite minimizarea acestor factori.

În cadrul elaborării acestui proiect este studiată literatura de specialitate din ultimii ani, în care se discută probleme tipice enumerate mai sus și sunt analizate metodele ce permit realizarea scopurilor propuse. Sunt studiate ofertele prezente pe piață ce propun o rezolvare parțială a acestor probleme.

Lucrarea este divizată în 3 capitole după cum urmează:

Cadrul conceptual – este un capitol de studiu cu caracter sumativ a rapoartelor anterioare și conține actualitatea teme precum și o retrospectivă a diferitor metodelor de obținere a nanomaterialelor. Scopul principal în prezent este micșorarea prețului și timpului de producere a materialelor calitative și ecologic-prietenoase, pentru a fi competitive cu materiale din alte țări. Metodele noi de producere trebuie elaborate pentru a obține un volumul mai mare de nanomateriale cu un consum mic de energie și materiale precursore. Este prezentat un studiu al pieței în urma căruia au fost identificate unele probleme cum ar fi costul ridicat și lipsa producerii pe scară largă a astfel de dispozitive ca într-un final să fie înapintate scopurile și obiectivele prezentei lucrări.

Proiectarea robotului SCS – în acest capitol este descris nemijlocit procesul de proiectare a circuitelor care vor permite automatizarea procesului de sinteză chimică din soluții SCS. Și anume, realizarea unui dispozitiv competitiv la un cost mult mai redus decât cele prezente la momentul actual pe piață. Schema conceptuală este compusă din două părți distincte Pupitrul de comandă și Modulul de dirijare. Această divizare este necesară pentru a simplifica schema electrică. O parte va răspunde doar de primirea comenzilor de la operator și afișarea stării curente a instalației, iar a doua parte va dirija nemijlocit procesul tehnologic ținând cont de parametrii primiți anterior. Este descris procesul de proiectare sub trei aspecte: proiectarea părții electronice utilizând soluțiile moderne existente, proiectarea software cât și proiectarea părții mecanice.

Descrierea generală și testarea dispozitivului – aici este prezentat procesul de asamblare, sinteză și testare. După finisarea proceselor de proiectare și realizare a elementelor necesare este

asamblat robotul SCS în prima variantă, are loc combinarea lor pentru a obține dispozitivul final. Cu dispozitivul robotul SCS proiectat sau crescut nanomateriale subțiri uniforme, care de fapt reprezintă oxizii zincul și al cuprului crescuți pe o plachetă din cuarț.

În urma testărilor robotul SCS sa dovedit a fi foarte util pentru automatizarea procesului și micșorarea timpului de obținere a diverselor nanomateriale, înlăturând pe cât de mult posibil factorul uman. Ca urmare prin utilizarea acestui dispozitiv se poate obține o repetabilitate mult mai înaltă, datorită faptului că procesul tehnologic va fi practic identic.

BIBLIOGRAFIE

- [1] LUPAN, C. et al., “Pd-Functionalized ZnO:Eu Columnar Films for Room-Temperature Hydrogen Gas Sensing: A Combined Experimental and Computational Approach,” *ACS Applied Materials & Interfaces*, vol. 12, no. 22, pp. 24951–24964, Jun. 2020, doi: 10.1021/acsami.0c02103.
- [2] CHARITIDIS C. A., GEORGIU P., KOKLIOTI M. A., TROMPETA A.-F., and MARKAKIS V., “Manufacturing nanomaterials: from research to industry,” *Manufacturing Review*, vol. 1, p. 11, Sep. 2014, doi: 10.1051/mfreview/2014009.
- [3] HANDEL J., “Semiconductor Industry from 2015 to 2025 | SEMI.” [citat 26.11.21]. Disponibil: <https://www.semi.org/en/semiconductor-industry-2015-2025>.
- [4] NASROLLAHZADEH M., S. M. SAJADI, SAJJADI M., and ISSAABADI Z., “Applications of Nanotechnology in Daily Life,” 2019, pp. 113–143. doi: 10.1016/B978-0-12-813586-0.00004-3.
- [5] AYYUB P., PALKAR V. R., CHATTOPADHYAY S., and MULTANI M., “Effect of crystal size reduction on lattice symmetry and cooperative properties,” *Physical Review B*, vol. 51, no. 9, pp. 6135–6138, Mar. 1995, doi: 10.1103/PhysRevB.51.6135.
- [6] FENDLER J. H., “Colloid chemical approach to nanotechnology,” *Korean Journal of Chemical Engineering*, vol. 18, no. 1, pp. 1–13, Jan. 2001, doi: 10.1007/BF02707191.
- [7] EHRMAN S. H., FRIEDLANDER S. K., and ZACHARIAH M. R., “Phase segregation in binary SiO₂/TiO₂ and SiO₂/Fe₂O₃ nanoparticle aerosols formed in a premixed flame,” *Journal of Materials Research*, vol. 14, no. 12, pp. 4551–4561, Dec. 1999, doi: 10.1557/JMR.1999.0617.
- [8] DHAND C. et al., “Methods and strategies for the synthesis of diverse nanoparticles and their applications: a comprehensive overview,” *RSC Advances*, vol. 5, no. 127, pp. 105003–105037, 2015, doi: 10.1039/C5RA19388E.
- [9] KOHLMANN N. et al., “Fabrication of ZnO Nanobrushes by H₂ –C₂H₂ Plasma Etching for H Sensing Applications,” *ACS Applied Materials & Interfaces*, vol. 13, no. 51, pp. 61758–61769, Dec. 2021, doi: 10.1021/acsami.1c18679.
- [10] DUDOITIS V., ULEVIČIUS V., RAČIUKAITIS G., ŠPIRKAUSKAITĖ N., and PLAUŠKAITĖ K., “Generation of metal nanoparticles by LASER ablation,” *Lithuanian Journal of Physics*, vol. 51, no. 3, pp. 248–259, 2011.
- [11] BUZBY S., FRANKLIN S., and ISMAT SHAH S., “Synthesis, properties, and applications of oxide nanomaterials,” in *Synthesis, Properties, and Applications of Oxide Nanomaterials*, José A. Rodríguez and Marcos Fernández-García, Eds. 2007, pp. 119–134.
- [12] SWIHART M. T., “Vapor-phase synthesis of nanoparticles,” *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, vol. 8, no. 1, pp. 127–133, Mar. 2003, doi: 10.1016/S1359-0294(03)00007-4.
- [13] ARORA N. and SHARMA N. N., “Arc discharge synthesis of carbon nanotubes: Comprehensive review,” *Diamond and Related Materials*, vol. 50, pp. 135–150, Nov. 2014, doi: 10.1016/J.DIAMOND.2014.10.001.
- [14] CARRETERO-GENEVRIER A. et al., *Development of Epitaxial Oxide Ceramics Nanomaterials Based on Chemical Strategies on Semiconductor Platforms*. 2016.
- [15] FENDLER J. H., “Colloid Chemical Approach to Nanotechnology,” *Korean Journal of Chemical Engineering*, vol. 18, no. 1, pp. 1–13, 2001, doi: 10.1007/BF02707191.
- [16] KAMAT P. V., “Composite semiconductor nanoclusters,” 1997, pp. 237–259. doi: 10.1016/S0167-2991(97)81105-6.
- [17] LUTHER W., “Industrial Application of Nanomaterials – Chances and Risks,” *Future Technologies*, vol. 54, Jan. 2004.

- [18] RANE A. V., KANNY K., ABITHA V. K., and THOMAS S., “Methods for Synthesis of Nanoparticles and Fabrication of Nanocomposites,” in *Synthesis of Inorganic Nanomaterials*, Elsevier, 2018, pp. 121–139. doi: 10.1016/B978-0-08-101975-7.00005-1.
- [19] SALABAT A. and MIRHOSEINI F., “A novel and simple microemulsion method for synthesis of biocompatible functionalized gold nanoparticles,” *Journal of Molecular Liquids*, vol. 268, pp. 849–853, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.molliq.2018.07.112.
- [20] CELE T., “Preparation of Nanoparticles,” in *Engineered Nanomaterials - Health and Safety*, IntechOpen, 2020. doi: 10.5772/intechopen.90771.
- [21] JAIN S. and MEHATA M. S., “Medicinal Plant Leaf Extract and Pure Flavonoid Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles and their Enhanced Antibacterial Property,” *Scientific Reports*, vol. 7, no. 1, p. 15867, Dec. 2017, doi: 10.1038/s41598-017-15724-8.
- [22] LUPAN O., SHISHIYANU S., CHOW L., and SHISHIYANU T., “Nanostructured zinc oxide gas sensors by successive ionic layer adsorption and reaction method and rapid photothermal processing,” *Thin Solid Films*, vol. 516, no. 10, pp. 3338–3345, Mar. 2008, doi: 10.1016/j.tsf.2007.10.104.
- [23] LUPAN O. I., SHISHIYANU S. T., and SHISHIYANU T. S., “Nitrogen oxides and ammonia sensing characteristics of SILAR deposited ZnO thin film,” *Superlattices and Microstructures*, vol. 42, no. 1–6, pp. 375–378, Jul. 2007, doi: 10.1016/j.spmi.2007.04.009.
- [24] “SILAR Coating System.” [citat 24.09.21]. Disponibil: https://www.holmarc.com/silar_controller.php.
- [25] “Touch Screen Programmable Dip Coating Machine, Dip Coater - Buy Dip Coater, Programmable Dip Coater, Dip Coating Machine Product on Alibaba.com.” [citat 24.09.21]. Disponibil: https://www.alibaba.com/product-detail/touch-screen-programmabledip-coating-machine_60825522328.html.
- [26] CALIXTO-RODRIGUEZ M. et al., “Design and Development of Software for the SILAR Control Process Using a Low-Cost Embedded System,” *Processes*, vol. 9, no. 6, 2021, doi: 10.3390/pr9060967.
- [27] “ILI9341 a-Si TFT LCD Single Chip Driver 240RGBx320 Resolution and 262K color Specification”, [citat 29.09.21]. Disponibil: <http://www.ilitek.com>.
- [28] “BLUETOOTH-SERIAL-HC-06 Olimex Ltd. | Mouser Europe.” [citat 26.09.21]. Disponibil: <https://eu.mouser.com/ProductDetail/909-BLE-SERIAL-HC-06>.
- [29] “AD620 Datasheet and Product Info | Analog Devices.” [citat 10.10.21]. Disponibil: <https://www.analog.com/en/products/ad620.html>.
- [30] “MC34063A: Buck / Boost / Inverting Regulator, Switching, 1.5 A.” [citat 22.11.21]. Disponibil: <https://www.onsemi.com/products/power-management/dc-dc-powerconversion/converters/mc34063a>.
- [31] “TMC2130 - Trinamic.” [citat 24.09.21]. Disponibil: <https://www.trinamic.com/products/integrated-circuits/details/tmc2130/>.
- [32] “Pt100 Temperature Sensors Type TF101”, [citat 24.09.21]. Disponibil: www.ziehl.de
- [33] “Instrumentation Amplifier Diamond Plot Tool | Analog Devices.” [citat 24.11.21]. Disponibil: <https://tools.analog.com/en/diamond/#difL=0&difR=0.0451&difSl=0&gain=24.4&l=0&pr=A D620&r=1.1&sl=0&tab=1&ty=1&vn=-5&vp=5&vr=0>.
- [34] “NEMA 17 Stepper Motor - OpenBuilds Part Store.” [citat 19.10.21]. Disponibil: <https://openbuildspartstore.com/nema-17-stepper-motor/>.
- [35] “SKF 51101V/HR11T1 Polymer ball bearings, SKF 51101 V/HR11T1 Engineered products BEARINGPOWER Co., Ltd.” [citat 20.09.21]. Disponibil: http://www.skf365.com/SKF_51101V%2FHR11T1_7535.html.
- [36] “V-Slot® Mini V Linear Actuator Bundle - OpenBuilds Part Store.” [citat 15.10.21]. Disponibil: <https://openbuildspartstore.com/v-slot-mini-v-linear-actuator-bundle/>.
- [37] EVANS E., *Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software*. 2003.

- [38] PALERMO J., NET DevOps for Azure: A Developer's Guide to DevOps Architecture the Right Way, 1st ed. Berlin: Apress, 2019.
- [39] "What is WPF? - Visual Studio (Windows) | Microsoft Docs." [citat 12.12.21]. Disponibil: <https://docs.microsoft.com/en-us/visualstudio/designers/getting-started-with-wpf?view=vs2022>.
- [40] POLSONGKRAM D. et al., "Effect of synthesis conditions on the growth of ZnO nanorods via hydrothermal method," *Physica B: Condensed Matter*, vol. 403, no. 19–20, pp. 3713–3717, Oct. 2008, doi: 10.1016/j.physb.2008.06.020.
- [41] RAVICHANDRAN K., NISHA BANU N., SENTHAMIL SELVI V., MURALIDHARAN B., and ARUN T., "Rectification of sulphur deficiency defect in CdS based films by introducing a novel modification in the SILAR cyclic process," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 687, pp. 402–412, Dec. 2016, doi: 10.1016/j.jallcom.2016.06.164.