

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Funkcionális vékonyréteg bevonatok készítése és vizsgálata
orvosbiológiai, valamint mérés technikai alkalmazásokra**

Buga Csaba

Témavezető: Dr. Csík Attila



DEBRECENI EGYTEM
Fizikai Tudományok Doktori Iskola
Debrecen, 2024

1. Bevezetés

Bár sokszor nem vesszük észre, de a vékonyrétegek életünk számos területén előfordulnak, napjaink szerves részévé váltak. A megfelelő vastagságú, összetételű és szerkezetű vékonyrétegek nyújtotta lehetőségeket kihasználva alkalmazásukkal többek között a minket körülvevő technológiai eszközeink (hordozható számítógépek, mobiltelefonok) méretét csökkenthetjük, más eszközökben határretegként szerkezeti és funkcionális stabilitást biztosíthatunk, szerszámaink felületének szerkezeti-kémia módosítása révén kopásállóbbá és hatékonyabbá teszik. Ezen célok eléréséhez sokszor többféle anyag kombinációjával készített vékonyréteget kell építeni, úgynevezett multirétegeket, melyek elengedhetetlenek olyan mindennapi eszközökben mint például a szemüveglencsék, napelemek vagy éppen az akkumulátorok.

A vékonyrétegeket funkcionalitásuk szempontjai alapján is csoportosíthatjuk. Lehetnek kémiai/fizikai védelmet biztosító rétegek olyan eszközök felületén, mint például diffúziós gátak, biokompatibilitást növelő rétegek, illetve aktív rétegek, melyek külső behatásokra valamilyen fizikai választ adnak szenzorokban vagy fénykibocsájtó eszközökben.

Kutatómunkám első felében fogászati implantátumok biokompatibilitását növelő felületi bevonatréteg, a második felében pedig radioaktív sugárzás detektálására alkalmas lumineszcens vékonyréteg előállításával és tulajdonságaik vizsgálatával foglalkoztam. Az implantátumok felületi rétegeinek alapja egy CaSi kerámiapor, mely felhasználásával titán hordozón nanostrukturált bevonatréteget kialakításának lehetőségeit vizsgáltam, az implantátumok beültetését követő csontosodási idő jelentős csökkentése érdekében. Munkám folytatásaként szervesen perovszkit nanokristályok kémiai szintézisével és belőlük vékonyrétegek építésével foglalkoztam. A vékonyrétegek besugárzását radioaktív sugárforrásokkal és részecskegyorsító nyálábjával végeztük, az irodalomban jelenleg nem elérhető adatokat gyűjtve a perovszkit vékonyrétegek részecske-detektorként való alkalmazási lehetőségeire.

2. Célkitűzés

Kutatómunkám elsődleges célja a gyakorlatban is alkalmazható bevonatrétegek előállítása, tulajdonságaik vizsgálata volt. Két különálló kutatási terület, az orvosbiológia és mérés-technika területén alkalmazható rétegek előállítását és vizsgálatát választottam. Bár a két terület különböző anyagi összetételű bevonatrétegek létrehozását igényli, a megfelelő rétegepítési technika kidolgozása, az elkészült minták morfológiai és szerkezeti tulajdonságai, valamint tervezett funkcionalitásuk vizsgálata összeköti e két területet. A munkám során a következő kérdések megválaszolását tűztem ki célul:

- Összefüggő és eredeti összetételével megegyező nanostrukturált bevonatréteg kialakítása CaSi kerámiapor felhasználásával fogászati implantátumok és orvosi protézisekként alkalmazott titán hordozók felületén. A megfelelő rétegnövesztési technika kidolgozásával a bevonatréteg és a hordozó közötti kötéserősség növelése a CaSi bioaktivitásának és antibakteriális hatásának megtartása mellett.
- Nehézelemekből álló perovszkit szuszpenzió előállítása és felhasználásával vékonyréteg bevonatok készítése. Az előállított rétegek radiolumineszcens tulajdonságainak és részecske-detektorként való lehetséges alkalmazásának a vizsgálata.

3. Módszerek

Munkám során CaSi-szuszpenziót előállítva elektrosztatikus szórás módszer alkalmazásával készítettem bevonatrétegeket Ti hordozóra. A nanostrukturált bevonatrétegek készítéséhez megépítettem az elektrosztatikus szórás elvégzésére alkalmas berendezést, kidolgoztam a CaSi-kerámia porból szuszpenzió előállításához szükséges eljárást. Az $1 \times 1 \text{ cm}^2$ méretű bevonatolt Ti lemezeket utólag hőkezelttem $500\text{-}900 \text{ }^\circ\text{C}$ -os tartományban $100 \text{ }^\circ\text{C}$ -os lépésekben. A minták mikroszkópos és röntgendiffrakciós vizsgálataival meghatároztam a szerkezeti változásokat, másodlagos semleges részecske tömegspektrometriával (SNMS) az elemek mélységi eloszlásának változását követtem nyomon, mechanikai vizsgálatokkal a bevonatréteg kötéserősségét mértem. Orvos kollégák közreműködésével korrózióállósági és biológiai vizsgálatokat végeztünk.

A tervezett kutatási programnak megfelelően ólom-alapú perovszkit nanokristályok szintetizálását végeztem el, a perovszkit nanokristályokat tartalmazó szuszpenzió felhasználásával vékonyrétegeket készítettem üveg hordozóra. A CsPbBr_3 perovszkit előállításához az úgynevezett „hot-injection” módszert használtam, melynek lényege, hogy első lépéseként elkészítettem a cézium-oleát oldatot, ehhez olajsavat és octadecént használtam fel. Majd ezt az oldatot vákuumban $100 \text{ }^\circ\text{C}$ -on erős keverés közben melegítettem 30 percig, közben többször átmostam nitrogénnel. Ezután a hőmérsékletet felvittem 160°C -ra és ezen a hőmérsékleten tartottam felhasználásig.

A következő lépésben ólom(II)-bromidhoz olajsavat, oleilamint és oktadecént adva vákuumban 100°C -ra melegítettem, míg az tiszta nem lett. Ezután ezt az oldatot is 160°C -ra melegítettem, majd hozzáadtam az előzőleg elkészített cézium-oleátot és 5 másodperc elteltével jeges fürdőben lehűtöttem. Ezután 10 percet centrifugáltam 6000 fordulat per percen. Az így kapott nanokristályokat toluollal mostam át és az alatt tároltam. UV fény alá helyezve őket zölden lumineszkálnak.

A cézium ólom bromid perovszkit nanokristályok sugárzás detektorként való alkalmazásának vizsgálata céljából a bevonatolt üveglemezeket $1\text{-}2 \text{ MeV}$ -es protonnyalábbal sugároztuk be. A besugárzott rétegek lumineszcenciájának vizsgálatára fotoelektronsokszorozó csövet (PMT) használtam, melyet összekötöttünk egy VME adatgyűjtő rendszerrel. Az elkészített üveglapokat optikai zsírral a PMT-re rögzítettük és az ionnyaláb útjába helyeztük. Mind a perovszkitos mintákat, mind pedig ellenőrző mérésenként a bevonat nélküli üveglapokat 10 percig sugároztuk be.

4. Új tudományos eredmények

[T1]: Elektrosztatikus porlasztás módszerrel összefüggő, a kiindulási összetételével megegyező vékonyréteget hoztam létre bioaktív kalcium-szilikát por felhasználásával készített szuszpenzió alkalmazásával. A kialakított nanoszemcsés bevonatréteget utólagos hőkezeléssel stabilizáltam és javítottam a hordozó-bevonatréteg közötti kötéserősségét. Megállapítottam, hogy a hőkezelés során nem csak kialakul a Ti hordozón a kívánt titán-oxid rutil fázisa, de megmarad a biológiailag aktív $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$ fázis is. Kísérleti munkám eredményeként egy egyszerű és gyors eljárási módot dolgoztam ki, mellyel összefüggő, bioaktív CaSi bevonatréteg alakítható ki Ti hordozó felületén.

A tézisponthoz kapcsolódó publikációk: [C1], [K1], [P1]

[T2]: Az elektrosztatikus porlasztással készített CaSi-kerámia bevonatrétegeket különböző hőmérsékleteken hőkezelve növeltem a réteg és a hordozó közötti kötéserősséget. Meghatároztam azt a hőmérsékletet melyen a CaSi-kerámia bevonat és a Ti hordozó kötési szilárdsága a legnagyobb értéket (19 MPa) éri el, mely érték meghaladja az ISO 13.779 szabvány minimális követelményét (15 MPa). Korróziós vizsgálatokkal kimutattam, hogy a kialakult titán-oxid réteg a titán felületén védőréteg funkciót is ellátva növeli a hordozó életidejét korrozív környezetben. Kimutattuk, hogy a CaSi-kerámia réteggel bevonatolt és utólag hőkezelt felületeken a bevonatréteg jelenléte kedvezően hat a sejtek növekedésére és osztódására, emellett fokozott antibakteriális hatását is megfigyeltünk. Megállapítottam, hogy ortopédiai implantátumok ily módon történő előkészítése jelentősen csökkentheti a beültetést követő gyógyulási időszakot és növelheti az implantátum életidejét.

A tézisponthoz kapcsolódó publikáció: [C2]

[T3]: Az irodalomban elsőként mutattuk meg, hogy a CsPbBr₃ perovszkit nanokristályok részecskesugárzás által kiváltott radiolumineszcens jele mérhető és kiértékelhető. Elsőként alkalmazva CsPbBr₃ perovszkit nanokristályos vékonyrétegeket töltött részecskék detektálására, megmutattam, hogy üveghordozóra készített vékonyréteget detektor-rendszerbe építve gyors jelfeldolgozás érhető el. Bizonyítottam, hogy a nanométeres kristályméretnek köszönhetően a manapság legelterjedtebben használt CsI(Tl) szcintillátorokhoz képest az általam előállított perovszkit nanokristályos réteggel kiegészített szcintillációs detektor jelentősen gyorsabb válaszidővel (~2 ns) és időzítésre alkalmasabb jelalakokkal rendelkezik. A perovszkit nanokristályos szuszpenzió és épített vékonyrétegek előállítása egyszerű technológiai lépésekből áll szemben a tradicionális egykristályos szcintillátorokkal.

A tézisponthoz kapcsolódó publikációk: [C3], [P2]

5. Az értekezés témájában megjelent közlemények

Referált folyóiratcikkek:

[C1]: **C. Buga**, C. M. Hunyadi, Z. Gácsi, C. Hegedűs, J. Hakl, U. Schmidt, S.-J. Ding, A. Csík, *Calcium silicate layer on titanium fabricated by electrospray deposition*. Materials Science and Engineering: C 98 (2019) 401-408. **IF⁽²⁰¹⁹⁾: 5.880**

Független hivatkozások száma (a dolgozat lezárásakor): 14

[C2]: **C. Buga**, C.-C. Chen, M. Hunyadi, A. Csík, C. Hegedűs, S.-J. Ding, *Electrosprayed calcium silicate nanoparticle-coated titanium implant with improved antibacterial activity and osteogenesis*. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 202 (2021) 111699. **IF⁽²⁰²¹⁾: 5.999**

Független hivatkozások száma (a dolgozat lezárásakor): 13

[C3] M. Hunyadi, **C. Buga**, L. Csige, A. Csík, *Charged-particle induced radioluminescence in nanoclusters of CsPbBr₃ perovskite quantum dots*. Materials Letters 289 (2021) 129398. **IF⁽²⁰²¹⁾: 3.574**

Független hivatkozások száma (a dolgozat lezárásakor): 3

Konferencia-előadások:

[K1]: **Cs. Buga**, *Calcium silicate layer on titanium fabricated by electrospray deposition*. Fizikus Doktoranduszok Nyolcadik Országos Konferenciája, Balatonfenyves, Magyarország, 2019.06.13-16.

Poszter-előadások:

[P1]: A. Csík, **Cs. Buga**, M. Hunyadi, Z. Gácsi, Cs. Hegedűs, J. Hakl, U. Schmidt, S.-J. Ding, *Preparation of CaSi layer on titanium surface for the improvement of poor bioactivity*. Magyar Fizikus Vándorgyűlés, Sopron, Magyarország, 2019.08.21-24.

[P2]: **C. Buga**, M. Hunyadi, L. Csige, A. Csík, *Fast timing detection of charged-particle induced radioluminescence from perovskite quantum dots*. 18th ICTF-JVC konferencia, Budapest, Magyarország, 2020.11.22-26.

6. További tudományos közlemények

1. D.M. Zayachuk, V.E. Slynko, **C. Buga**, A. Csík, *Relative detection factor for quantification of Secondary Neutral Mass Spectrometry measurements of PbTe binary telluride*. Vacuum 163 (2019) 99-102. **IF⁽²⁰²¹⁾: 2.906**

2. A. Csik, D.M. Zayachuk, V.E. Slynko, U. Schmidt, **C. Buga**, K. Vad. *Amorphisation effect in binary tellurides under low energy Ar⁺ ion bombardment*. Materials Letters 236 (2019) 5-8. **IF⁽²⁰²¹⁾: 3.204**

3. D.M. Zayachuk, Y.D. Zayachuk, **C. Buga**, V.E. Slynko, A. Csík. *Near-non-preferential sputtering of multicomponent solids as an effective way for production of dense cone shape arrays on a sputtered surface*. Vacuum 186 (2021) 110058. **IF⁽²⁰²¹⁾: 4.11**

4. D.M. Zayachuk, **C. Buga**, V.E. Slynko, A. Csík. *Analyzing of lead, tin and germanium tellurides by means of secondary neutral mass spectrometry: Features, problems and possibilities*. Materials Today: Proceedings 35 (2021) 513-517.

5. M. Hunyadi, G.F. Samu, L. Csige, A. Csík, **C. Buga**, C. Janáky. *Scintillator of polycrystalline perovskites for high-sensitivity detection of charged-particle radiations*. Advanced Functional Materials 32/48 (2022) 2206645, **IF⁽²⁰²¹⁾: 19.924**

Független hivatkozások száma (a dolgozat lezárásakor): 12



Nyilvántartási szám: DEENK/259/2024.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Buga Csaba
Doktori Iskola: Fizikai Tudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10065308

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

1. Hunyadi, M., **Buga, C.**, Csige, L., Csik, A.: Charged-particle induced radioluminescence in nanoclusters of CsPbBr₃ perovskite quantum dots.
Mater. Lett. 289, 129398-129405, 2021. ISSN: 0167-577X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2021.129398>
IF: 3.574
2. **Buga, C.**, Chen, C. C., Hunyadi, M., Csik, A., Hegedűs, C., Ding, S. J.: Electrospayed calcium silicate nanoparticle-coated titanium implant with improved antibacterial activity and osteogenesis.
Colloids Surfaces B. 202, 1-11, 2021. ISSN: 0927-7765.
IF: 5.999
3. **Buga, C.**, Hunyadi, M., Gácsai, Z., Hegedűs, C., Haki, J., Schmidt, U., Ding, S. J., Csik, A.: Calcium silicate layer on titanium fabricated by electro spray deposition.
Mater. Sci. Eng. C-Biomimetic Supramol. Syst. 98, 401-408, 2019. ISSN: 0928-4931.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2019.01.011>
IF: 5.88

További közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (5)

4. Hunyadi, M., Samu, G. F., Csige, L., Csik, A., **Buga, C.**, Janáky, C.: Scintillator of Polycrystalline Perovskites for High-Sensitivity Detection of Charged-Particle Radiations.
Adv. Funct. Mater. 32 (48), 1-9, 2022. ISSN: 1616-301X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/adfm.202206645>
IF: 19





5. Zayachuk, D. M., **Buga, C.**, Slynko, V. E., Csik, A.: Analyzing of lead, tin and germanium tellurides by means of secondary neutral mass spectrometry: Features, problems and possibilities. *Materials Today: Proceedings*. 35, 513-517, 2021. ISSN: 2214-7853.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2019.10.011>
6. Zayachuk, D. M., Zayachuk, Y. D., **Buga, C.**, Slynko, V. E., Csik, A.: Near-non-preferential sputtering of multicomponent solids as an effective way for production of dense cone shape arrays on a sputtered surface. *Vacuum*. 186, 110058-110062, 2021. ISSN: 0042-207X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vacuum.2021.110058>
IF: 4.11
7. Csik, A., Zayachuk, D. M., Slynko, V. E., Schmidt, U., **Buga, C.**, Vad, K.: Amorphisation effect in binary tellurides under low energy Ar⁺ ion bombardment. *Mater. Lett.* 236, 5-8, 2019. ISSN: 0167-577X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2018.10.061>
IF: 3.204
8. Zayachuk, D. M., Slynko, V. E., **Buga, C.**, Csik, A.: Relative detection factor for quantification of Secondary Neutral Mass Spectrometry measurements of PbTe binary telluride. *Vacuum*. 163, 99-102, 2019. ISSN: 0042-207X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vacuum.2019.02.008>
IF: 2.906

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 44,673

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
15,453**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2024.05.15.



Short thesis for the degree of doctor of philosophy (PhD)

**Preparation and analysis of functional thin layers for applications
of medicinal biology and measurement technology**

by Csaba Buga

Supervisor: Dr. Attila Csík



UNIVERSITY OF DEBRECEN
Doctoral School of Physics
Debrecen, 2024

2. Introduction

Although we often do not notice, thin layers occur in many areas of our lives, they have become an integral part of our days. By taking advantage of the opportunities provided by thin layers with the right thickness, composition and structure, we can reduce the size of the technological devices around us (e.g. portable computers, mobile phones), and ensure structural and functional stability as a boundary layer in other devices. To achieve these goals, it is often necessary to build a thin layer made of a combination of several materials, so-called multilayers, which are essential in everyday devices such as eyeglass lenses, solar cells or even batteries.

Thin layers can also be grouped in terms of their functionality. There can be layers providing chemical/physical protection on the surface of devices, such as diffusion barriers, layers that increase biocompatibility, and active layers that provide some physical response to external influences in sensors or light-emitting devices.

In the first half of my research work, I dealt with surface layers of dental implants that increase biocompatibility, and in the second half with luminescent thin layers suitable for detecting radioactive radiation. The basis of the surface layers of the implants is a CaSi ceramic powder, using which we are investigating the possibilities of forming nanostructured coating layers on titanium substrates in order to significantly reduce the ossification time of the implants after implantation. As a continuation of my work, I dealt with the chemical synthesis of inorganic perovskite nanocrystals and the construction of thin layers from them. The subsequent irradiation of the thin layers was carried out with radioactive radiation sources and a particle accelerator beam, collecting data currently unavailable in the literature on the application possibilities of perovskite thin layers as particle detectors.

3. Aims

The primary goal of my research work was the production of coating layers that can also be used in practice, and the examination of their properties. I chose the production and testing of layers that can be used in two separate research fields, medical biology and measurement technology. Although the two areas require the creation of coating layers with different material compositions, the development of the appropriate layer construction technique, the examination of the morphological and structural properties of the completed samples, and their planned functionality connect these two areas. During my work, I aimed to answer the following questions:

- Formation of a coherent CaSi-ceramic nanostructured coating layer with the same original composition on the surface of dental implants and titanium carriers used as medical prostheses. By developing the appropriate layer growth technique, increasing the bond strength between the coating layer and the substrate while maintaining the bioactivity and antibacterial effect of CaSi.
- Producing a perovskite suspension consisting of heavy elements and using it to create thin layer coatings. The investigation of the radioluminescent properties of the produced layers and their possible use as particle detectors.

4. Methods

In the course of my work, I prepared coating layers on a Ti substrate by producing a CaSi suspension using the electrospray method. To prepare the nanostructured coating layers, I

built the electrospray equipment and developed the procedure for producing a suspension from CaSi powder. I subsequently heat-treated the $1 \times 1 \text{ cm}^2$ coated Ti plates in the range of 500-900 °C in steps of 100 °C. I determined the structural changes with microscopic and X-ray diffraction methods, studied the changes in the depth distribution of the elements with secondary neutral particle mass spectrometry (SNMS), and measured the bond strength of the coating layer with mechanical tests. With the cooperation of medical colleagues, we carried out corrosion resistance and biological tests.

In accordance with the planned research program, I synthesized lead-based perovskite nanocrystals, using the suspension containing perovskite nanocrystals, I made thin layers on a glass substrate. For the production of CsPbBr₃ perovskite, I used the so-called "hot-injection" method, the essence of which is that I prepared the cesium oleate solution as the first step, using oleylamine and octadecene. Then I heated this solution under vacuum at 100 °C with strong stirring for half an hour, during which I flushed it several times with nitrogen. Then I increased the temperature to 150°C and kept it at this temperature until use.

In the next step, I added oleic acid, oleylamine and octadecene to lead(II) bromide and heated it under vacuum at 100°C until it became clear. Then I heated this solution to 150°C and then added the previously prepared cesium oleate and cooled it in an ice bath after 5 seconds. Then I centrifuged for 10 minutes at 6000 rpm. I washed the resulting nanocrystals with toluene and stored them under it. When placed under UV light, they luminesce green.

In order to investigate the use of cesium lead bromide perovskite nanocrystals as radiation detectors, the coated glass plates were irradiated with a 5.5 MeV Am-241 α -radiation source. To examine the luminescence of the irradiated layers, I used a photomultiplier tube (PMT), which was connected to a VME data collection system. The prepared glass sheets were attached to the PMT with optical grease and placed in the path of the radiation source. Both the perovskite samples and, as a control measure, the uncoated glass sheets were irradiated for 10 minutes.

5. New scientific results

[T1]: Using the electrostatic sputtering method, I created a thin layer with the same initial composition using a suspension made using bioactive calcium silicate powder. I stabilized the formed nanoparticle coating layer with subsequent heat treatment and improved the bond strength between the carrier and coating layer. I found that during the heat treatment not only the rutile phase of the desired titanium oxide is formed on the Ti substrate, but also the desired β -Ca₂SiO₄ phase remains. As a result of my experimental work, I have developed a simple and fast procedure with which a coherent, bioactive CaSi-ceramic coating layer can be formed on the surface of a Ti substrate.

Publications related to the thesis: [C1], [K1], [P1]

[T2]: I increased the bonding strength between the layer and the substrate by heat-treating the CaSi-ceramic thin layers produced by electrospray at different temperatures. I determined the temperature at which the bonding strength of the CaSi-ceramic coating and the Ti substrate reaches the highest value (19 MPa), which value exceeds the minimum requirement of the ISO 13.779 standard (15 MPa). With corrosion tests, I showed that the formed titanium oxide layer on the surface of titanium also acts as a protective layer and increases the lifetime of the carrier in a corrosive environment. We have shown that the presence of the coating layer on surfaces coated with a CaSi-ceramic layer and subsequently heat-treated has a favorable effect on the growth and division of cells, and we also observed an increased antibacterial effect. I

found that preparing orthopedic implants in this way can significantly reduce the recovery period after implantation and increase the life of the implant.

Publications related to the thesis: [C2]

[T3]: We were the first to show in the literature that the radioluminescence signal of CsPbBr₃ perovskite nanocrystals induced by particle radiation can be measured and evaluated. Using CsPbBr₃ perovskite nanocrystalline thin films for the detection of charged particles for the first time, I showed that fast signal processing can be achieved by incorporating a thin film on a glass substrate into a detector system. I proved that thanks to the nanometer crystal size, compared to the CsI(Tl) scintillators most widely used today, the scintillation detector supplemented with a perovskite nanocrystalline layer produced by me has a significantly faster response time (~2 ns) and a signal shape more suitable for timing. The production of perovskite nanocrystal suspensions and the constructed thin films consists of simple technological steps in contrast to traditional single-crystal scintillators.

Publications related to the thesis: [C3], [P2]

6. Publications on the results of the present thesis

Scientific papers in refereed journals:

[C1]: **C. Buga** C. M. Hunyadi, Z. Gácsi, C. Hegedűs, J. Hakl, U. Schmidt, S.-J. Ding, A. Csík, *Calcium silicate layer on titanium fabricated by electrospray deposition*. Materials Science and Engineering: C 98 (2019) 401-408. IF⁽²⁰¹⁹⁾: 5.880

Number of independent references (at the closing of the thesis): 14

[C2]: **C. Buga**, C.-C. Chen, M. Hunyadi, A. Csík, C. Hegedűs, S.-J. Ding, *Electrosprayed calcium silicate nanoparticle-coated titanium implant with improved antibacterial activity and osteogenesis*. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 202 (2021) 111699. IF⁽²⁰²¹⁾: 5.999

Number of independent references (at the closing of the thesis): 13

[C3] M. Hunyadi, **C. Buga**, L. Csige, A. Csík, *Charged-particle induced radioluminescence in nanoclusters of CsPbBr₃ perovskite quantum dots*. Materials Letters 289 (2021) 129398. IF⁽²⁰²¹⁾: 3.574

Number of independent references (at the closing of the thesis): 3

Oral Presentation:

[K1]: **Cs. Buga**, *Calcium silicate layer on titanium fabricated by electrospray deposition*. Fizikus Doktoranduszok Nyolcadik Országos Konferenciája, Balatonfenyves, Hungary, 2019.06.13-16.

Posters:

[P1]: A. Csík, **Cs. Buga**, M. Hunyadi, Z. Gácsi, Cs. Hegedűs, J. Hakl, U. Schmidt, S.-J. Ding, *Preparation of CaSi layer on titanium surface for the improvement of poor bioactivity*. Magyar Fizikus Vándorgyűlés, Soporon, Hungary, 2019.08.21-24.

[P2]: **C. Buga**, M. Hunyadi, L. Csige, A. Csík, *Fast timing detection of charged-particle induced radioluminescence from perovskite quantum dots*. 18th ICTF-JVC conference, Budapest, Hungary, 2020.11.22-26.

7. Other publications

1. D.M. Zayachuk, V.E. Slynko, **C. Buga**, A. Csík, *Relative detection factor for quantification of Secondary Neutral Mass Spectrometry measurements of PbTe binary telluride*. Vacuum 163 (2019) 99-102. IF⁽²⁰²¹⁾: 2.906

2. A. Csik, D.M. Zayachuk, V.E. Slynko, U. Schmidt, **C. Buga**, K. Vad. *Amorphisation effect in binary tellurides under low energy Ar⁺ ion bombardment*. Materials Letters 236 (2019) 5-8. IF⁽²⁰²¹⁾: 3.204

3. D.M. Zayachuk, Y.D. Zayachuk, **C. Buga**, V.E. Slynko, A. Csík. *Near-non-preferential sputtering of multicomponent solids as an effective way for production of dense cone shape arrays on a sputtered surface*. Vacuum 186 (2021) 110058. IF⁽²⁰²¹⁾: 4.11

4. D.M. Zayachuk, **C. Buga**, V.E. Slynko, A. Csík. *Analyzing of lead, tin and germanium tellurides by means of secondary neutral mass spectrometry: Features, problems and possibilities*. Materials Today: Proceedings 35 (2021) 513-517.

5. M. Hunyadi, G.F. Samu, L. Csige, A. Csík, **C. Buga**, C. Janáky. *Scintillator of polycrystalline perovskites for high-sensitivity detection of charged-particle radiations*. Advanced Functional Materials 32/48 (2022) 2206645, IF⁽²⁰²¹⁾: 19.924

Number of independent references (at the closing of the thesis): 12



Registry number: DEENK/259/2024.PL
Subject: PhD Publication List

Candidate: Csaba Buga
Doctoral School: Doctoral School of Physics
MTMT ID: 10065308

List of publications related to the dissertation

Foreign language scientific articles in international journals (3)

1. Hunyadi, M., **Buga, C.**, Csige, L., Csik, A.: Charged-particle induced radioluminescence in nanoclusters of CsPbBr₃ perovskite quantum dots.
Mater. Lett. 289, 129398-129405, 2021. ISSN: 0167-577X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2021.129398>
IF: 3.574
2. **Buga, C.**, Chen, C. C., Hunyadi, M., Csik, A., Hegedűs, C., Ding, S. J.: Electrospayed calcium silicate nanoparticle-coated titanium implant with improved antibacterial activity and osteogenesis.
Colloids Surfaces B. 202, 1-11, 2021. ISSN: 0927-7765.
IF: 5.999
3. **Buga, C.**, Hunyadi, M., Gácsi, Z., Hegedűs, C., Haki, J., Schmidt, U., Ding, S. J., Csik, A.: Calcium silicate layer on titanium fabricated by electrospay deposition.
Mater. Sci. Eng. C-Biomimetic Supramol. Syst. 98, 401-408, 2019. ISSN: 0928-4931.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2019.01.011>
IF: 5.88

List of other publications

Foreign language scientific articles in international journals (5)

4. Hunyadi, M., Samu, G. F., Csige, L., Csik, A., **Buga, C.**, Janáky, C.: Scintillator of Polycrystalline Perovskites for High-Sensitivity Detection of Charged-Particle Radiations.
Adv. Funct. Mater. 32 (48), 1-9, 2022. ISSN: 1616-301X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/adfm.202206645>
IF: 19





5. Zayachuk, D. M., **Buga, C.**, Slynko, V. E., Csik, A.: Analyzing of lead, tin and germanium tellurides by means of secondary neutral mass spectrometry: Features, problems and possibilities. *Materials Today: Proceedings*. 35, 513-517, 2021. ISSN: 2214-7853.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2019.10.011>
6. Zayachuk, D. M., Zayachuk, Y. D., **Buga, C.**, Slynko, V. E., Csik, A.: Near-non-preferential sputtering of multicomponent solids as an effective way for production of dense cone shape arrays on a sputtered surface. *Vacuum*. 186, 110058-110062, 2021. ISSN: 0042-207X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vacuum.2021.110058>
IF: 4.11
7. Csik, A., Zayachuk, D. M., Slynko, V. E., Schmidt, U., **Buga, C.**, Vad, K.: Amorphisation effect in binary tellurides under low energy Ar⁺ ion bombardment. *Mater. Lett.* 236, 5-8, 2019. ISSN: 0167-577X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2018.10.061>
IF: 3.204
8. Zayachuk, D. M., Slynko, V. E., **Buga, C.**, Csik, A.: Relative detection factor for quantification of Secondary Neutral Mass Spectrometry measurements of PbTe binary telluride. *Vacuum*. 163, 99-102, 2019. ISSN: 0042-207X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vacuum.2019.02.008>
IF: 2.906

Total IF of journals (all publications): 44,673

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 15,453

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

15 May, 2024

