

**SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM**  
**TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI KAR**  
**Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék**  
**KÖRNYEZETTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA**



**EGYDIMENZIÓS TITANÁT NANOSZERKEZETEK**  
**MÓDOSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI**

**Ph.D. értekezés tézisei**

**MADARÁSZ DÁNIEL**

**Témavezető:**

**DR. KÓNYA ZOLTÁN**

**2018**

## I. ELŐZMÉNYEK ÉS CÉLOK

A titanát nanoszerkezetek (nanocsövek és nanoszálak) története 1998-ig nyúlik vissza, amikor is Kasuga és munkatársai először állítottak elő hidrotermális szintézissel titanát nanocsöveket ( $\text{TiO}_2$ -ot reagáltattak autoklávban 10 M-os NaOH oldattal). Az azóta eltelt húsz esztendőben több ezer publikáció született a témában, jelezvén annak nagy jelentőségét és a tudományos világ figyelmét.

A nanocsövek szerkezete egy feltekeredett szőnyegre emlékeztet, a csövek végeiken nyitottak, belső és külső átmérőjük átlagosan 5-8 nm, míg hosszúságuk ~100-200 nm, egy nanocsövet általában 3-5 réteg épít fel. Képződési elméletükkel kapcsolatban számos tudományos mű látott napvilágot, amelyekben a bemutatott mechanizmusok általában megegyeznek abban, hogy a tömbi fázisú  $\text{TiO}_2$  kristályról lúg hatására 2D lapok válnak le, és ezek feltekeredéséből keletkezik a „nanotekercs”. Ezt azonban tanszékünkön Kukovecz és munkatársai által végzett kísérletsorozat cáfolta, így ők egy új képződési mechanizmust javasoltak, amely szerint már a folyamat kezdetén feltekeredett nanohurkok szolgálnak a csövek kristálynövekedési gócaiként.

A titanát nanoszálak szintézismódszerének és képződési elméletének kidolgozása szintén tanszékünk nevéhez fűződik. A szálak előállítására nagyban hasonlít a titanát nanocső szintézismódszeréhez.  $\text{TiO}_2$ -ot 10 M NaOH oldattal reagáltatunk legalább 150 °C-os hőmérsékleten autoklávban, de a nanocső szintéziséstől eltérően az autoklávot rövidebb tengelye mentén nagy sebességgel forgatjuk. Az eredményül kapott objektumok szerkezetükben eltérnek a nanocsövektől. A nanoszálakat párhuzamos, sík rétegek építik fel, szerkezetük tömör, nem üreges. Átmérőjük jellemzően 50-80 nm, míg hosszuk általában  $\mu\text{m}$ -es nagyságrendbe esik, akár 3-5  $\mu\text{m}$  is lehet.

Munkám során a tanszékünkön már nagy hagyományokkal rendelkező titanát nanoszerkezetekkel kapcsolatos kutatásba kapcsolódtam be. Célom volt e terület minél alaposabb megismerése és a tudományos ismeretanyag bővítése. Igyekeztem új lehetőségeket feltárni a titanát nanoszerkezetek módosítása területén, illetve már jól bevált módszereket adaptálni saját kutatási témámra.

A módosításra egy lehetséges útként e szerkezetek ioncsere-tulajdonságát kívántam kihasználni. Amennyiben megváltoztatjuk a szerkezetben lévő ionokat, úgy megváltozik maga a szerkezet és a felület minősége is, így új tulajdonságokhoz juthatunk. Miután a titanát nanocsövek szerkezete a zeolitok felépítésére emlékeztet, így kézenfekvő lehetőség

kínálkozik a felületi savasság vizsgálatára és annak módosítására a zeolitoknál is jól bevált ioncsere segítségével.

Kísérletet tettem bifunkciós katalizátorok létrehozására titanátok és fémek alkalmazásával. A felület fém nanorészecskékkel történő módosítására két módszert alkalmaztam. Az egyikben impregnálással kívántam létrehozni ródiummal adalékolt titanát nanocsöveket és nanoszálakat, míg egy másik kísérletsorozatban gőzfázisból leválasztva fém kobalttal dekorált nanoszálak létrehozását tűztem ki célul.

Az ioncsere-tulajdonságuk kihasználásával kísérletet tettem a titanát nanocsövek vízlágyítási folyamatokban történő alkalmazására. Vizsgáltam a nanocsövek – a víz állandó keménységét okozó –  $\text{Ca}^{2+}$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -ionokkal szemben mutatott ioncsere-kapacitását, a folyamat kinetikai jellemzőit és a kimerített szerkezet regenerálhatóságát.

## II. KÍSÉRLETI RÉSZ

### Felületi savas tulajdonságainak módosítása

A felületi savas tulajdonságok módosítására a titanát nanoszerkezetek ioncsere-tulajdonságát aknáztuk ki. Protonált szálakat állítottunk elő Na-formájú TiONW és 200 mL 0,1 M HCl-oldat reakciójával. 24 óra intenzív keverést követően a szuszpenziót centrifugálás segítségével desztillált vízzel mostuk, majd 60 °C-on szárítószekrényben levegőn szárítottuk.

Protonált valamint La-, Fe-, Co- és Cu- tartalmú titanát nanocsöveket állítottunk elő ioncserével. Na-formájú nanocsőből és az adott fémsó oldatából szuszpenziót készítettünk, az ioncsere-reakciókat intenzív keverés mellett 24 órán át végeztük. A protonált mintákat 0,1 M HCl-oldat alkalmazásával állítottuk elő. A reakcióidő letelte után a csöveket centrifugálás segítségével desztillált vízzel mostuk, majd szárítószekrényben levegőn szárítottuk.

Az előállított szerkezeteket transzmissziós elektronmikroszkópia (TEM), energiadiszperzív röntgenspektroszkópi (EDS), Raman spektroszkópia, *in situ* piridin adszorpciós FT-IR spektroszkópia, röntgendiffrakciós szerkezetvizsgálat (XRD) és nitrogén adszorpciós vizsgálatok módszerével vizsgáltuk.

### Rh/TiONT és Rh/TiONW nanokompozit előállítása

72 órán át 0,1 M HCl-oldattal folyamatos szűrés mellett protonált nanocsöveket és nanoszálakat használva  $\text{RhCl}_3$  oldatával 1 és 2,5 m/m%-os Rh-tartalmú nanokompozitokat állítottunk elő nedves impregnálás módszerével. Az impregnált mintákat 90 °C-on levegőn szárítottuk, majd végső kezelésként 200-300 °C-os kezelést alkalmaztunk hidrogén atmoszféra alatt. Minták sorozatát állítottuk elő a protonált szerkezetek és a Rh-tartalmú nanokompozitok hőkezelésével. 200-600 °C-ig 100 °C-os lépésekkel, a mintákat 1-1 órán át kezelve az egyes hőmérsékleti lépcsőkön. Karakterizálás céljából minden lépés után mintákat vettünk.

Az előállított szerkezeteket TEM, XRD és Raman spektroszkópia módszerével vizsgáltuk.

### Co gőzfázisú depozíciója TiONW felületére

A titanát nanoszálak és gőzfázisú kobalt-karbonil reakcióját egy erre a célra tervezett és épített fluidizációs reaktorban végeztük. A reaktor két egymástól elválasztott és vízköpeny segítségével egyedileg termosztálható vertikálisan elhelyezkedő kamrából

áll. A kobaltforrást az alsó, míg a titanát nanoszálakat a felső kamrába helyeztük. A kísérletek során a kobalt-karbonil leválasztását megelőzően a protonált titanát nanoszálakat egy órán keresztül 500 °C-on N<sub>2</sub> atmoszférában kezeltük. Kobaltforrásként kobalt-karbonilt (Co<sub>2</sub>(CO)<sub>8</sub>) használtunk, vivőgázként a karbonil bomlását gátló CO gázt. Az alsó, kobalt prekuzort tartalmazó kamrát 40 °C-ra, míg a titanát ágyat tartalmazó kamrát a szublimált kobalt-karbonil gőzfázisú kondenzációját megelőzendő 45 °C-ra temperáltuk

A kobalt-karbonil leválasztását követően annak hőbontása céljából az előállított szerkezeteket N<sub>2</sub> atmoszférában 10 °C perc<sup>-1</sup> fűtési sebesség mellett 330 °C-ra hevítettük. Az ily módon hőkezelt szerkezeteket az XPS készülék mintakamrájában O<sub>2</sub> majd H<sub>2</sub> atmoszférában 330 °C-on 60-60 percen át tovább kezeltük.

Az előállított szerkezeteket TEM, EDS, XRD, diffúz reflexiós infravörös spektroszkópia, diffúz reflexiós spektroszkópia, hőmérséklet programozott reakció (TPR) és tömegspektrometria módszerével vizsgáltuk.

### **Vízlágyítás vizsgálata**

#### *Ioncsere kapacitás meghatározása*

A titanát nanocsövek vízlágyító tulajdonságainak megismeréséhez folyamatos üzemű ioncserélő berendezést használtunk. Referencia anyagként erősen savas kationcserélő gyantát, DOWEX 50W-t alkalmaztunk. Az ioncserélő ágy készítéséhez 12 g Na-formájú titanát nanocsövet használtunk. Az oldatok betáplálási sebessége 1,6 Lh<sup>-1</sup> volt minden részfolyamat során.

Az alkalmazott lágyítandó művíz ~60 nk°-ú (0,01 M) volt, melyet CaCl<sub>2</sub> és MgNO<sub>3</sub> 1:1 arányú oldatából állítottunk elő. Az ioncsere-folyamat nyomon követése céljából a kezelt vízből 20 perces időközönként mintát vettünk, amelynek összetételét kelatometriás titrálással határoztuk meg.

#### *Az ionadszorpció kinetikájának vizsgálata*

Az ioncsere kinetikájának megismerése céljából megvizsgáltuk külön a Ca<sup>2+</sup>, külön a Mg<sup>2+</sup> és együtt a két ion ioncsere-folyamatait. 3-3 g titanát nanocsövet szuszpendáltunk 600 mL 60 nk°-ú (0,01 M) Ca<sup>2+</sup>- és Mg<sup>2+</sup>-ionokat együttesen, illetve 600 mL 60 nk°-ú (0,01 M) Ca<sup>2+</sup>- és Mg<sup>2+</sup>-ionokat külön-külön tartalmazó művízben. A szuszpenziókat mágneses keverőn folyamatos, intenzív keverés mellett 164 órán át kevertettük, vizsgálat elején többször, később napi egyszer mintát vettünk. A mintát a szilárd és folyadék fázisok szétválasztásának érdekében centrifugáltuk. A szeparált oldatok 18 mL-es részleteit

deszillált vízzel 100 mL-re hígítottuk, és az előzőekben ismertetett módon meghatároztuk a  $\text{Ca}^{2+}$ - és/vagy  $\text{Mg}^{2+}$ -tartalmát.

Az előállított szerkezeteket EDS és XRD módszerével vizsgáltuk.

### III. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

#### **T1.Módszert dolgoztunk ki az 1D titanát nanoszerkezetek felületi savas tulajdonságainak hangolására.**

T1.1. A titanát nanoszerkezetek ioncsere tulajdonságát kihasználva módosítottuk azok felületi savas tulajdonságait, amit azután *in situ* piridin adszorpció FT-IR vizsgálatokkal követtünk. A fémionok beépülését Raman spektroszkópiával és EDS mérésekkel igazoltuk.

T1.2. Azt találtuk, hogy a kiindulási titanát nanocső és titanát nanoszál egyaránt igen gyenge Lewis savas jelleget mutat. Protonálással mind a szálak, mind a csövek felületén Brönsted centrumok alakíthatók ki. Átmeneti fémekkel módosított szerkezetekben erősebb Lewis és Brönsted savcentrumokat alakítottunk ki.

#### **T2.Megmutattuk, hogy a Rh-mal történő impregnálással nanoméretű Rh klaszterek hozhatók létre mind a titanát nanocső, mind pedig titanát nanoszál felületén. Megfigyeltük, hogy a Rh-tartalom befolyással van a titanát nanoszerkezetek hőkezelés hatására bekövetkező fázisátalakulásaira.**

T2.1. Hőkezelési programot hajtottunk végre Rh-mal adagolt és protonált titanát nanoszálakon és nanocsöveken. Megállapítottuk, hogy míg nanocsövek esetében a Rh-mal való dekorálás elősegíti a titanát-anatáz átmenetet, addig a nanoszálak esetében meggátolja azt, és inkább  $\beta$ -TiO<sub>2</sub> fázist eredményez.

T2.2. Impregnálást követő redukálással Rh nanoklasztereket hoztunk létre titanát nanoszerkezetek felületén, a részecskék átlagos átmérője  $4,9 \pm 1,4$  nanoszálak és  $2,8 \pm 0,7$  nm titanát nanocsövek esetében.

#### **T3.Sikeresen állítottunk elő kobalttal módosított titanát nanoszerkezeteket kobalt-karbonil gőzfázisú leválasztásával.**

T3.1. Fluidágyas reaktorban alacsony hőmérsékleten sikeresen választottunk le Co<sub>2</sub>(CO)<sub>8</sub>-t titanát nanoszálak felületére. A leválasztás sikerességét DRIFTS mérésekkel igazoltuk.

T3.2. A karbonil hőbontását kísérő MS mérések során CO<sub>2</sub> fejlődését tapasztaltuk. Ebből arra a következtetésre jutottunk, hogy a titanát felületén adszorbeált kobalt-karbonil CO- csoportjai reakcióba lépnek a titanát nanoszál oxigénjével, mely

reakció során  $\text{CO}_2$  keletkezik, illetve oxigén hiányos hibahelyek jelennek meg a szál felületén.

T3.3. A leválasztott Co mennyiségétől függően a  $\text{Co}_2(\text{CO})_8$  bomlását kísérve a Co más-más módokon stabilizálódik a titanát nanoszál felületén. 2 m/m% Co tartalom mellett, a tiltottsáv szélesség jelentős csökkenésének kíséretében ioncsere játszódik le titanát nanoszál és a Co vegyület között. További Co adagolás során, a felületi O hibahelyek telítődésével a tiltottsáv szélesség nem csökken tovább jelentős mértékben, 4 m/m% Co tartalom mellett a fém nanorészecskék formájában oxigén hibahelyeken komplexálva stabilizálódik a nanoszál felszínén.

#### **T4.A titanát nanoszerkezetek ioncsere tulajdonságát kihasználva sikeresen alkalmaztunk titanát nanocsöveket vízlágyítás folyamatában.**

T4.1. Meghatároztuk a titanát nanocső keményvízzel ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ionokkal) szemben mutatott ioncsere kapacitását, amely érték  $1,2 \text{ mmol g}^{-1}$ -nak adódott.

T4.2. Az ioncsere kinetikáját vizsgálva megállapítottuk, hogy a folyamat két részre osztható: egy kezdeti gyors szakaszra, és egy lassú lefolyású kimerítő szakaszra. Ezt azzal magyaráztuk, hogy a titanát nanocső szerkezetében két különböző típusú ioncsere pozíció található: könnyen hozzáférhető pozíciók a külső és belső felszínen és a csúcsokon, illetve nehezen hozzáférhető pozíciók a rétegek közötti térben.

T4.3. Megmutattuk, hogy a  $\text{Ca}^{2+}$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -ionok kompetíciójában a  $\text{Ca}^{2+}$ -ionok a preferáltak, illetve amíg a  $\text{Mg}^{2+}$  ioncsereje reverzibilis egyensúlyi folyamat, addig a  $\text{Ca}^{2+}$  irreverzibilisen cserélődik vizsgált rendszerben.



#### IV. AZ ÉRTEKEZÉS ALAPJÁT KÉPZŐ KÖZLEMÉNYEK

1. **Madarász, D.**; Szenti, I.; Nagy, L.; Sápi, A.; Kukovecz, Á.; Kónya, Z.  
*Fine tuning the surface acidity of titanate nanostructures*  
Adsorption - Journal of the International Adsorption Society (2013), **19**: 695-700  
(IF: 2,074)
2. Pótári, G.; **Madarász, D.**; Nagy, L.; László, B.; Sápi, A.; Oszkó, A.; Kukovecz, Á.; Erdőhelyi, A.; Kónya, Z.; Kiss, J.  
*Rh-Induced Support Transformation Phenomena in Titanate Nanowire and Nanotube Catalysts*  
Langmuir (2013), **29**: 3061-3072 (IF: 3,833)
3. **Madarász, D.**; Pótári, G.; Sápi, A.; László, B.; Csudai, Cs.; Oszkó, A.; Kukovecz, Á.; Erdőhelyi, A.; Kónya, Z.; Kiss, J.  
*Metal loading determines the stabilization pathway for  $Co^{2+}$  in titanate nanowires: ion exchange vs. cluster formation*  
Physical Chemistry Chemical Physics (2013), **15**: 15917-15925 (IF: 4,123)
4. **Madarász, D.**; Szenti, I.; Sápi, A.; Halász, J.; Kukovecz, Á.; Kónya, Z.  
*Exploiting the ion-exchange ability of titanate nanotubes in a model water softening process*  
Chemical Physics Letters (2014), **591**: 161-165 (IF: 1,815)
5. **Madarász, D.**; Kukovecz, Á.; Kiss, J.; Kónya, Z.  
*Titanát nanoszerkezetek és fémek felületi kölcsönhatásai: ioncsere vagy klaszterképződés?*  
Magyar Kémiai Folyóirat (2017), **123**: 13-20

## V. AZ ÉRTEKEZÉSHEZ NEM KAPCSOLÓDÓ KÖZLEMÉNYEK

1. **Madarász, D.**; Budai, I.; Kaptay G.  
*Fabrication of SiC-Particles-Shielded Al Spheres upon Recycling Al/SiC Composites*  
Metallurgical and Materials Transactions A-Physical Metallurgy and Materials Science (2011), **42**: 1439-1443
2. Győri, Z.; Havasi, V.; **Madarász, D.**; Tátrai, D.; Brigancz, T.; Szabó, G.; Kónya, Z.; Kukovecz, Á.  
*Luminescence properties of Ho<sup>3+</sup> co-doped SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>, Dy<sup>3+</sup> long-persistent phosphors synthesized with a solid-state method.*  
Journal of Molecular Structure (2013), **1044**: 87-93
3. Malikov, E.Y.; Muradov, M.B.; Akperov, O.H.; Eyvazova, G.M.; Puskás, R.; **Madarász, D.**; Nagy, L.; Kukovecz, Á.; Kónya, Z.  
*Synthesis and characterization of polyvinyl alcohol based multiwalled carbon nanotube nanocomposites*  
Physica E-Low-Dimensional Systems & Nanostructures (2014), **61**: 129-134
4. Altay, M. C.; Malikov, E. Y.; Eyvazova, G. M., Muradov, M. B.; Akperov, O. H.; Puskás, R.; **Madarász, D.**; Kónya, Z.; Kukovecz, Á.;  
*Facile synthesis of CuS nanoparticles deposited on polymer nanocomposite foam and their effects on microstructural and optical properties*  
European Polymer Journal (2015), **68**: 47-56
5. De Luca, P.; Poulsen, T.G.; Salituro, A.; Tedeschi, A.; Vuono, D.; Kónya, Z.; **Madarász, D.**; Nagy, J.B.;  
*Evaluation and comparison of the ammonia adsorption capacity of titanosilicates ETS-4 and ETS-10 and aluminotitanosilicates ETAS-4 and ETAS-10*  
Journal of Thermal Analysis and Calorimetry (2015) **122**: 1257-1267

6. Malikov, E.Y.; Altay, M.C.; Muradov, M.B.; Akperov, O.H.; Eyvazova, G.M.; Puskás, R.; **Madarász, D.**; Kukovecz, Á.; Kónya, Z.  
*Synthesis and characterization of CdS nanoparticle based multiwall carbon nanotube – maleic anhydride – 1-octene nanocomposites*  
Physica E-Low-Dimensional Systems & Nanostructures (2015), **69**: 212-218
7. Anojčić, J.; Guzsvány, V.; Vajdle, O.; **Madarász, D.**; Rónavári, A.; Kónya, Z.; Kalcher, K.  
*Hydrodynamic chronoamperometric determination of hydrogen peroxide using carbon paste electrodes coated by multiwalled carbon nanotubes decorated with MnO<sub>2</sub> or Pt particles*  
Sensors and Actuators B-Chemical (2016), **233**: 83-92
8. Kovács, D.; Igaz, N.; Keskeny, Cs.; Bélteky, P.; Tóth, T.; Gáspár, R.; **Madarász, D.**; Rázga, Zs.; Kónya, Z.; M Boros, I.; Kiricsi, M.  
*Silver nanoparticles defeat p53-positive and p53-negative osteosarcoma cells by triggering mitochondrial stress and apoptosis*  
Scientific Reports (2016), **6**: 27902 1-13
9. Kovács, D.; Szőke, K.; Igaz, N.; Spengler, G.; Molnár, J.; Tóth, T.; **Madarász, D.**; Rázga, Zs.; Kónya, Z.; Boros, I.; Kiricsi, M.  
*Silver nanoparticles modulate ABC transporter activity and enhance chemotherapy in multidrug resistant cancer*  
Nanomedicine: Nanotechnology Biology and Medicine (2016), **12**: 601-610
10. Gilicze, B.; Moczók, M.; **Madarász, D.**; Juhász, N.; Racskó, B.; Nánai, L.  
*Periodic surface structure creation by UV femtosecond pulses on silicon*  
AIP Conference Proceedings (2017), **1796**: 030001 1-5
11. Guzsvány, V.; Anojčić, J.; Radulović, E.; Vajdle, O.; Stanković, I.; **Madarász, D.**; Kónya, Z.; Kalcher, K.;  
*Screen-printed enzymatic glucose biosensor based on a composite made from multiwalled carbon nanotubes and palladium containing particles*  
Microchimica Acta (2017), **184**: 1987-1996

12. Tari, T.; Ambrus, R.; Szakonyi, G.; **Madarász, D.**; Frohberg, P.; Csóka, I.; Szabó-Révész, P.; Ulrich, J.; Aigner, Z.  
*Optimizing the crystal habit of glycine by using an additive for impinging jet crystallization*  
Chemical Engineering & Technology (2017) **40**: 1323-1331
13. Budai, D.; Vízvári A.D.; Bali, Zs.,K.; Márki, B.; Nagy, L.V.; Kónya, Z.; **Madarász, D.**; Henn-Mike, N.; Varga, Cs.; Hernádi, I.  
*A novel carbon tipped single micro-optrode for combined optogenetics and electrophysiology*  
PLoS ONE (2018), **13**: e0193836.

## VI. KONFERENCIA RÉSZVÉTELEK

### *Angol nyelvű előadások*

1. **Madarász, D.**; Sági, A.; Kukovecz, Á.; Kónya, Z.  
*Investigating the properties of ion-exchanged titanate nanowires*  
NAPEP, Nanotechnology Platform for Electronics and Photonics  
2011. május 22-28., Oulu, Finnország
2. Sági, A.; Nagy, L.; **Madarász, D.**; Kukovecz, Á.; Kónya, Z.  
*Environmental application of titanate nanostructures,*  
14th DKMT Euroregional Conference on Environment and Health,  
2012. május 18-19., Szeged, Magyarország
3. **Madarász, D.**; Szenti, I.; Sági, A.; Kukovecz, Á.; Kónya, Z.  
*Fine tuning of titanate nanostructures' surface acidic sites,*  
ISSHAC VIII, Eighth International Symposium - Effects of Surface Heterogeneity  
in Adsorption and Catalysis on Solids  
2012. augusztus 27-31., Krakkó, Lengyelország
4. Kiss, J.; **Madarász, D.**; Pótari, G.; László, B.; Sapi, A.; Nagy, L.; Oszkó, A.;  
Kónya, Z.; Erdőhelyi, A.  
*Structure and stability of clean and Au-Rh containing titanate nanowires and  
nanotubes*  
CMD-24 (ECOSS-29, CMMP-12, ECSCD-11)  
2012. szeptember 3-7., Edinburgh, Egyesült Királyság
5. **Madarász, D.**; Kukovecz, Á.; Kónya, Z.  
*Surface acidity and its modification on titanate nanostructures*  
NAPEP, Nanotechnology Platform for Electronics and Photonics  
2013. március 21-23., Szeged, Magyarország

6. Varga, E.; Baán, K.; Erdőhelyi, A.; **Madarász, D.**; Kukovecz, Á.; Oszkó, A.; Kónya, Z.; Kiss, J.  
*Interaction of rhodium with ceria supported cobalt nanoclusters*  
The Seventh Edition of the Symposium with International Participation- New Trends and Strategies in the Chemistry of Advanced Materials with Relevance in Biological Systems, Technique and Environmental Protection  
2014. június 5-6., Temesvár, Románia

*Magyar nyelvű előadások*

1. **Madarász, D.**; Budai, I.; Mekler, Cs.; Kaptay, G.  
*Separation of Al/SiC composites*  
MicroCAD - International Scientific Conference  
2010. március. 18-20., Miskolc, Magyarország
2. **Madarász, D.**; Kukovecz, Á.; Sápi, A.; Kónya, Z.  
*Investigating the properties of ion-exchanged titanate nanostructures*  
Magyar Mikroszkópos Konferencia - HSM Annual Meeting,  
2011. május 19-21., Siófok, Magyarország
3. **Madarász, D.**; Szenti, I.; Sápi, A.; Kukovecz, Á.; Kónya, Z.  
*Fine tuning of titanate nanostructures' surface acidic sites,*  
Magyar Mikroszkópos Konferencia - HSM Annual Meeting,  
2012. május 12-14., Siófok, Magyarország
4. **Madarász, D.**; Kukovecz, Á.; Kónya, Z.  
*Modification of surface acidity of titanate nanotubes with transition-metal ions*  
Magyar Mikroszkópos Konferencia - HSM Annual Meeting,  
2014. május 29-31., Siófok, Magyarország
- Poszterek*
1. Mekler, Cs.; **Madarász, D.**; Kaptay, G.; Budai, I.  
*Surface phase transition and Marangoni convection in the Fe-O system*  
VII. Országos Anyagtudományi Konferencia,  
2009. október 11-13., Balatonkenese, Magyarország

2. **Madarász, D.**; Szenti, I.; Kukovecz, Á.; Kónya, Z.  
*Modification of acidic sites on the surface of titanate nanostructures*  
SIWAN5, Szeged International Workshop on Advances in Nanoscience,  
2012. október 24-27., Szeged, Magyarország
  
3. Győri, Z.; Havasi, V.; Pusztai, P.; **Madarász, D.**; Kukovecz, Á.; Kónya, Z.  
*The influence of different co-activators on the photoluminescence properties of SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> phosphors*  
SIWAN5, Szeged International Workshop on Advances in Nanoscience,  
2012. október 24-27., Szeged, Magyarország
  
4. Malikov, E.; Akperov, O.; Muradov, M.; Kukovecz, Á.; Puskás, R.; **Madarász, D.**  
*In situ synthesis of Maleic anhydride – Octene 1 – Vinyl Butyl/CdS and Maleic anhydride – Octene 1 – Vinyl Butyl/ZnS nanocomposites and their characterization with several investigation methods*  
SIWAN5, Szeged International Workshop on Advances in Nanoscience,  
2012. október 24-27., Szeged, Magyarország
  
5. Varga, E.; Baán, K.; Erdőhelyi, A.; **Madarász, D.**; Kukovecz, Á.; Oszkó, A.; Kónya, Z.; Kiss, J.  
*Interaction of rhodium with cobalt nanoclusters on CeO<sub>2</sub>*  
15th Joint Vacuum Conference  
2014. június 15-20. Bécs, Ausztria

## **VII. TUDOMÁNYMETRIAI ADATOK**

Összes referált közlemény: 18	ebből az értekezéshez kapcsolódik: 5
Összesített impakt faktor: 50,2	ebből az értekezéshez kapcsolódik: 11,8
Összes független hivatkozás: 73	ebből az értekezéshez kapcsolódik: 31