

Ph.D. értekezés tézisei

**Palládium és ródium nanokristályok képződése,
stabilizálása polimeroldatban és rétegszilikátokon**

Papp Szilvia

Témavezető:

Dr. Dékány Imre
egyetemi tanár,
az MTA lev. tagja

*Magyar Tudományos Akadémia
Szegedi Tudományegyetem
Nanoszerkezetű Anyagok Kutatócsoport
Szeged*

2005

1. Bevezetés és az értekezés célkitűzései

A nanoszerkezetű anyagokat a kolloid mérettartomány alsó határán találjuk. A molekuláris méretek és a mikroszkopikusan észlelhető rendszerek közötti olyan részecskehalmozatok, amelyek a fény hullámhosszánál kisebbek, 1-100 nm mérettartományba sorolhatók. A szerves kolloidok, főleg a fém nanorészecskék már hosszú ideje érdeklik a kutatókat. Ezt az érdeklődést főleg esztétikai (kerámiapigmentek) és technológiai (katalizátorok, hidrogéntárolók) alkalmazásuknak köszönhetjük. Széles körben új típusú katalizátorokként váltak ismertté nagy aktivitású és szelektív reakcióikkal. Kis méretükből eredő értékes tulajdonságaik - mint egyedi elektronszerkezetük és extrém nagy fajlagos felületük - azonban egyre újabb felhasználási lehetőséget nyitnak. Ma már több tudományág is alkalmaz nanorészecskéket, ilyen a polimerkémia, a fotokémia, a környezeti kémia, a nanoelektronika, az optika.

A jól ismert fémkolloidok közül vizsgálataim tárgyául a palládiumot és a ródiomot választottam. Ezekkel a fémekkel katalizált folyamatok az elmúlt évek során a szerves kémikusok nélkülözhetetlen eszközeivé váltak. Munkám során már sikeresen alkalmazott illetve általam kidolgozott kolloidkémiai módszerekkel állítottam elő palládium és ródiум részecskéket, valamint vizsgáltam az egyes eljárások által nyújtott részecskeméret szabályozási lehetőségeket.

Vizes közegben néhány nanométeres átmérőjű polimerrel stabilizált részecskéket növesztettem. Vizsgáltam, milyen hatással van a polimerek koncentrációja, molekulatömege és töltésállapota a részecskék méretére. A méretszabályozásban fontos szerepe van a prekursorionok és a stabilizáló polimer molekulák között kialakuló kölcsönhatásnak, különösen ionos polimerek esetében. Az elektrolitikus kölcsönhatások ugyanis befolyásolják a polimeroldatban a fémionok redukciójának sebességét, és ezáltal a részecske méretét is. Munkámban választ kerestem arra, hogy a palládium részecskék keletkezésének sebességére milyen hatással vannak az általam használt stabilizátorok. A göcök kialakulása és növekedése általában nehezen különíthető el egymástól. A stabilizáció módjától függően a megfelelően megválasztott koncentráció-tartományban a keletkezés sebessége azonban szabályozható.

Heterogén nukleációval réteges szerkezetű montmorillonit felületén, illetve interlamelláris térben *in situ* növesztve a részecskéket nanorészecske/hordozó kompozitokat készítettem. Célom volt a részecskék méretének szabályozása előre meghatározott, szabad rétegek közötti térfogattal rendelkező organofilizált montmorillonitokon, az interlamelláris alkilánc sűrűséget változtatva. Tekintettel a polimerek jól stabilizáló hatására, megkíséreltem a polimer/agyagásvány komplexum együttes stabilizáló hatására alkalmazni nanorészecskék előállításához. A montmorillonit mellett egy vízben nem duzzadó agyagásványt, a kaolinitet is sikeresen alkalmaztam palládium és ródiум nanorészecskék hordozójaként. Röntgen diffrakcióval és kisszögű röntgenszórással vizsgáltam, hogy milyen hatással van az agyagásványok rendezett lamelláris szerkezetére a keletkezett nanorészecskék beépülése. A montmorillonit felületén történő *in situ* szintézis mellett párhuzamosan tanulmányoztam a preperációhoz felhasznált polimerek adszorpcióját Namontmorilloniton. A polimer adszorpción túl egy új módszert is bemutatok a polimerrel stabilizált fém nanorészecskék montmorilloniton való adszorpciójának vizsgálatára vonatkozóan.

Összefüggést kerestem a változatos előállítási módszerek és a képződött fémrészecskék oxidációs állapota között. Végül az agyagásványokon immobilizált palládium és ródiium részecskék katalitikus hatékonyságát minősítettem egyszerű hidrogénezési tesztreakcióval. A munkám fő célja a vizsgált nanodiszperz rendszerek illetve kompozitok előállítása, azok kolloidkémiailag viselkedésének, stabilitásának és a nanokristályos fémek szilárd hordozón való növekedésének tanulmányozása volt. A jelentős terjedelmű kísérleti anyag nem tette már lehetővé az általam kidolgozott preparálási módszerekkel előállított nanokristályos fémek katalitikus tulajdonságának részletes elemzését, ezért csupán néhány tesztreakcióval tudom bemutatni viselkedésüket. Úgy gondolom, hogy a katalitikus viselkedésük jellemzéséhez további vizsgálatokra van szükség.

2. Alkalmazott kísérleti anyagok és módszerek

Kísérleteim során a prekursor palládium vegyület tetrahydrofuranban a palládium-acetát, vizes közegben a palládium(II)-klorid volt, a ródiium prekursoraként minden esetben ródiium(III)-klorid-hidrátot használtam. A sókat etanollal, hidrazin-hidráttal ($\text{NH}_2\text{NH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) vagy nátrium-borohidriddel (NaBH_4) redukáltam. A részecskék stabilizálása poli-N-vinil-2-pirrolidonnal (PVP), poli(diallil-dimetil-ammónium-kloriddal) (PDDACl), poli(nátrium-4-sztirén-szulfonáttal) (PSSNa) történt. Hordozónak Na-montmorillonitot és kaolinitet alkalmaztam. A montmorillonit organofilizálása hexadecil-piridinium-kloriddal (HDPCl) és tetradodecil-ammónium-bromiddal (TDABr) történt. A kaolinit lamellák delaminálását DMSO interkalációjával valósítottam meg.

A palládium és ródiium szolok UV-VIS vizsgálatait Uvikon 930 típusú kétfényutas spektrofotométeren végeztem. A Na-montmorilloniton adszorbeálódott palládium részecskék mennyiségét is ezzel a mérési technikával, a felülúszók abszorpciós spektrumai alapján határoztam meg. A palládium részecskék képződésének kinetikáját Ocean Optics Chem 2000-UV-VIS száloptikás, diódasoros spektrofotométerrel tanulmányoztam 200-600 nm hullámhossz-tartományban.

A fém nanorészecskék méretanalízisét CM - 10 Philips típusú transzmissziós elektronmikroszkóppal 100 kV gyorsító feszültség mellett végeztem, a felvételeket a készülékhez épített Megaview-II digitális kamera segítségével rögzítettem. A részecskék átlagos átmérőjét és a méreteloszlási függvényeket az UTHSCSA Image Tool program segítségével határoztam meg.

Röntgen diffrakcióval és kisszögű röntgenszórással tanulmányoztam, hogy milyen hatással van az agyagásványok rendezett lamelláris szerkezetére a stabilizálószerkek és a keletkezett nanorészecskék beépülése. A (001) bázislap változásait montmorillonitnál $1^\circ \leq 2\theta \leq 10^\circ$, kaolinitnél $1^\circ \leq 2\theta \leq 14^\circ$ szögtartományban vizsgáltam. A kristályos palládium részecskék (111) reflexióját $38^\circ \leq 2\theta \leq 42^\circ$ szögtartományban vettem fel. Az XRD méréseket Philips gyártmányú röntgendifrakrométerrel (PW 1830 generátor, PW 1820 goniométer, PW 1711 detektor, 40 kV, 35 mA, $\text{CuK}\alpha$ sugárzás), a SAXS méréseket a PW 1830 generátorra épített KCEC/3 típusú kompakt Kratky-kamerával végeztem.

A kompozitok termikus analízisét Q-1500 D MOM típusú készülékkel végeztem 25-1000 °C tartományban.

A montmorillonit felületén történő *in situ* szintézis mellett párhuzamosan tanulmányoztam a preperációhoz felhasznált polimerek adszorpcióját Na-montmorilloniton.

Az adszorbeálódott mennyiségeket a minták felülészóinak a teljes széntartalmából határoztam meg Euroglas 1200 típusú készülékkel.

A hordozón ülő részecskék felületi oxidációs állapotát XPS mérésekkel határoztuk meg, KRATOS XSAM 800 típusú készülékkel. Gerjesztő forrásul $AlK\alpha$ sugárzást használtak. A mérésvezérlés és a mérési adatok kiértékelése a Kratos Ltd. VISION 1,3,3, programjával történt.

Néhány palládium és ródium tartalmú katalizátor aktivitását ciklohexén folyadékfázisú hidrogénezésén teszteltem.

3. Az értekezés tézisei

1. Palládium részecskék képződésének kinetikai tanulmányozása

1.1. A palládium részecskék képződésének kinetikáját vizsgáltam különböző stabilizálószer jelenlétében. A homogén nukleációs kísérletekben három polimer, a PVP, a PDDACI és a PSSNa szerepét tanulmányoztam. Mindhárom polimer képes stabilizálni a képződött fém részecskéket. A kationos PDDACI koordinációs komplexet alakít ki a prekursor Pd^{2+} -ionokkal, míg a semleges PVP és az anionos PSSNa esetében csak fizikai kölcsönhatások játszanak szerepet a stabilizálásban. A redukció sebességét a PSSNa csökkenti a legjobban, ezt követi a PDDACI majd a PVP. Kimutattam, hogy a PDDACI koncentrációjának növelése lassítja a redukciót és a részecskeméret növekedését okozza. A sebesség csökkenése a polimeroldat viszkozitásának növekedésével hozható összefüggésbe, ami a diffúzióállandó drasztikus csökkenésével jár. A Pd^{2+} -ion koncentrációjának növelése a göcképződés sebességének kedvezett, ezért kisebb részecskék képződtek.

1.2. A heterogén nukleációt szintetikus rétegszilikát felületén tanulmányoztam. Megállapítottam, hogy a szilárd hordozó jelentősen csökkenti a részecskéképződés sebességét. A lemezek szerkezetképzése a viszkozitás növekedésén keresztül akadályozza a redukálószer áramlását, illetve a részecskék képződését a diszperz közegben. A lassító hatáshoz nagymértékben hozzájárul az is, hogy a Pd^{2+} speciek nagyrészt adszorbeált állapotban vannak a felületen. A heterogén nukleációban van egy optimális Pd^{2+} -ion koncentráció-tartomány, ahol a göcképződés sebessége maximális, és a legkisebb méret érhető el. Nagyobb koncentrációnál az anyagutánpótlás következtében tovább növekednek a részecskék, a koncentráció csökkenése viszont annyira lelassíthatja a folyamatot, ami már a részecskék növekedésének kedvez.

2. A nanoreaktor térfogat hatása a palládium részecskék kialakulására organofilizált montmorilloniton

Hexadecil-piridinium-kloriddal és tetradodecyl-ammónium-bromiddal módosított montmorillonit interlamelláris térfogatában Pd^0 nanorészecskéket állítottam elő. Vizsgáltam a hidrofób montmorillonitok duzzadását tetrahidrofúrán/etanol elegyben, és megállapítottam, hogy a belső felületek (interlamelláris térfogatok) nanoreaktorként használhatók a Pd^0 részecskék szintéziséhez. A HDP-montmorillonitnál jelentősebb szabad térfogat áll rendelkezésre a lamellák között.

Az HDP-montmorillonit röntgen diffraktogramján a Pd^0 részecskék keletkezésével a kisebb szögterományban ($d_L = 4,24$ nm) egy új csúcs jelenik meg. Ez arra utal, hogy a részecskék a rétegek közötti térben keletkeztek, és jelentős részük a szárítás után is a hordozó lamellái között maradt. Mivel tetraalkil-ammónium ionokkal hidrofóbizált montmorillonit

esetében az alkiláncok felületi sűrűsége 4-szer nagyobb, a kisebb szabad térfogat következtében a Pd⁰ nanokristályok kivándorolnak a belső felületek közül a külső felületre. Ebben az esetben a hidrofób montmorillonit elsősorban templátként szolgálja a Pd⁰ méretszabályozott szintézisét és hordozóként szerepe csak másodlagos. A módszerrel 2,4 – 4,1 nm között szabályozható a palládium részecskék mérete. A kisebb alkiláncsűrűség mellett és a palládium tartalmat növelve nagyobb részecskék állíthatók elő.

3. Palládium nanorészecskék előállítása és stabilizálása polimeroldatban és polimer / montmorillonit kompozitokban: A makromolekulák szerepe a nanorészecskék felületi rögzítésében

3.1. Polimerek (PVP, PDDACl) vizes oldatát és Na-montmorillonitot alkalmaztam a Pd⁰ nanorészecskék stabilizálására. A nanorészecskék interlamelláris beépülését az agyagásványba röntgendiffrakciós módszerrel igazoltam. A TEM vizsgálatok segítségével megállapítottam, hogy a stabilizáció módjától és a prekursor Pd²⁺-ionok koncentrációjától függően az átlagos részecskeméret 1,1 – 6,8 nm tartományban szabályozható. A legkisebb részecskéket vizes közegben polimer stabilizációval tudtam előállítani. A montmorillonit felületén, heterogén nukleációval képződő részecskék mérete a fémtartalommal nőtt. Ha polimert adunk a rendszerhez, akkor a polimer koncentrációjának növelésével a részecskeméret csökkenthető. Ebben az esetben a hordozó és a makromolekula stabilizáló hatása együtt érvényesül.

3.2. Vizsgáltam a polimerrel stabilizált Pd⁰ részecskék adszorpcióját a hordozó montmorillonit felületén. Megállapítottam, hogy kis polimer koncentrációknál a polimerrel védett palládium szol részecskéi is képesek beépülni az agyagásvány lamellái közé, nem csak a lemezek külső felületéhez kapcsolódnak. A polimer mennyiségét növelve, csökken a beépíthető részecskék száma. Nagy polimer / részecske aránynál a polimer adszorpciója visszazorítja a nanorészecske megkötődését. Kis polimer / részecske aránynál a felület-részecske kölcsönhatás vonzó hatása érvényesül, ennek következtében több Pd⁰ részecske adszorbeálódik a felületen.

4. Palládium nanorészecskék előállítása és stabilizálása kaoliniton

A jól kristályosodott kaolinit is kitűnő hordozója lehet fém nanorészecskéknél, ha a szorosan egymáshoz kapcsolódó rétegeket előzetesen delamináljuk. A fém részecskéket kaolinit illetve a polimerekkel (PVP, PDDACl) vagy tenziddel (oktil-amin) borított kaolinit felületén állítottam elő. A részecskék rétegek közti jelenlétét az XRD felvételeken a kisebb szög tartományban ($d_L = 4,13 - 6,87$ nm) megjelenő csúcs igazolta. A TEM mérések alapján mindegyik módszerrel sikerült nanométeres Pd részecskéket előállítanom. A felvételeken általában teljesen amorf részecskék látszanak, kristályosodott palládiumot a csak kaolinit lemezekkel szabályozott mintákon találtam. Az átlagos méretet a prekursorionok koncentrációjával nőtt. Mind az oktil-amin, mind a nem-ionos és a kationos polimerek alkalmasnak bizonyultak a méretcsökkentés és szabályozás megvalósítására. A hidrazin-hidrátnál erősebb redukálószer, a nátrium-borohidrid használata a göcképződés sebességét növelte, ami több kisebb részecske képződését eredményezte.

5. Ródiium nanorészecskék előállítása és stabilizálása polimeroldatban és rétegszilikátokon

5.1. PVP, PDDACl és PSSNa polimereket használva vizsgáltam a töltésállapot, molekulatömeg, és a koncentráció hatását a képződő részecskék méretére. A PVP

koncentrációjának növelése nem változta meg számottevően a részecskeméretet. Kis polimer koncentrációnál a ródiunionok mennyiségének növelésével a primer részecskék szekunder részecskékké kapcsolódnak, ami méretnövekedést okoz. A PVP és a PDDACI stabilizáló hatékonysága között nem tapasztaltam különbséget, közel azonos részecskeméretet kaptam mindkét polimerrel. A PDDACI molekulatömegének növelésével a méret csökkenthető, mivel a primer részecskék sztérikus okok miatt nem tudnak összekapcsolódni. A legnagyobb részecskék PSSNa-val stabilizált szolokban növekedtek, ahol a részecskék nagyobb füzérekbe csoportosulnak. A negatív töltésű polimerláncok nem tudnak a fémrészecske felületéhez erősen kapcsolódni, ami nagyobb fokú aggregációt okoz.

5.2. Ródiium/montmorillonit és ródiium/kaolinit kompozitokat állítottam elő vizes közegben. A képződő részecskéket polimerekkel és a rétegszilikát lamellákkal stabilizáltam. A röntgendiffrakciós módszer igazolta a nanorészecskék interlamelláris beépülését. Kimutattam, hogy a polimerek segítettek a ródiium nanorészecskék interkalációját az agyagásványokba. A vizsgálatokkal megállapítottam, hogy a stabilizáció módjától és a Rh^{3+} -ionok koncentrációjától függően az átlagos részecskeméret montmorilloniton 1–3 nm tartományba esik, ez kaoliniten 1-2 nm, mivel a kaolinit lamellák közötti adhéziós erők nagyobbak. A részecskék nagyon kis méretét a hozzáadott polimer már nem csökkenti tovább, a részecskeméret alakulása a polimer/hordozó kölcsönhatásokkal magyarázható. Ha rétegszilikátot és rá jól adszorbeálódó polimert (PVP, PDDACI) is tartalmaz a reakcióközeg, az átlag részecskeméret nagyobb lesz, mint homogén nukleációval. Összehasonlítva a palládium és a ródiium részecskék szintézisét, azonos körülmények között kisebb részecskék képződnek $RhCl_3$ -ből, mint $PdCl_2$ -ből.

6. Fém nanorészecske/rétegszilikát kompozitok szerkezetvizsgálata kisszögű röntgenszórással

Az előállított kompozitok nanoszerkezetének pontosabb megismerése céljából a néhány jellemző mintát kisszögű röntgenszórás technikával is minősítettem. A nagy elektronsűrűségű fém részecskék beépítése számottevően növelte a szórásintenzitást, a minta fajlagos felülete többszöröse nőtt, a hordozó felülete durvult. Nagyobb növekedés figyelhető meg, ha a fémrészecskék száma nő.

Azonos tömegszázalékban a ródiium részecskék sokkal jobban megnövelték S_p éterékét, mint a palládium részecskék. Ez összhangban van az elektronmikroszkópos felvételek alapján meghatározott átlagos részecskeméretekkkel, miszerint a ródiium diszperzebb eloszlással helyezkedik el mindkét hordozó felületén. A dezaggregáció okozta szerkezeti átalakulás a korrelációs hossz csökkenését eredményezi.

7. A palládium és ródiium részecskék vegyértékállapotának vizsgálata

A fémtartalmú katalizátorokban a hordozón ülő részecskék felületi oxidációs állapotát XPS vizsgálatokat határoztam meg. Az eredmények szerint a fémrészecskék felülete mindegyik vizsgált katalizátorban részben oxidálódott. A palládium esetében a fém palládium mellett PdO_2 van jelen, míg a ródiium mellett Rh_2O_3 . Ezek az eredmények az jelzik, hogy a hordozóra felvitt fémionoknak vagy csak egy része redukálódott a szintézis alatt, vagy mind redukálódott, de a felületen a levegő oxigénjével reagálva részben fém-oxidá alakultak. Az esetleges okok közül nem zárható ki az sem, hogy a magasabb oxidációs állapotú formák jelenléte a felületen a fém – hordozó kölcsönhatás következménye.

A részecskemérettel nem változott az oxidálódott palládium mennyisége a felületen ($\text{Pd}^0/\text{Pd}^{4+}=2,3$). Ez arra enged következtetni, hogy a részecskék nem gömbi geometriájúak, a hordozó által meghatározott síkból való kiterjedésük jóval kisebb, mint a TEM-el kapott részecskeátmérő. Míg a PDDACI jelenlétében több PdO_2 képződött a felületen, az oktil-amin akadályozta a felületi oxidációt. A ródium részecskéknél a vizsgálat nagyobb arányban mutatott ki oxidálódott fémeket, ami feltehetően az extra kis mérettel hozható összefüggésbe. A különböző redukálószeres és hordozók eltérő hatását nem tapasztaltam.

8. A hordozós fém katalizátorok aktivitása

A mintákat ciklohexén folyadékfázisú hidrogénezésén teszteltem. A kapott TOF értékek megközelítik az irodalomban hasonló Pd-montmorillonitokra közölt értékeket. A tapasztalatok szerint ugyanaz a hatékonyság kisebb méretű részecskék esetén kevesebb palládiummal is elérhető. A polimer tartalmú mintákban a részecskeméret csökkenés ellenére romlott a hatékonyság, különösen a PDDACI esetében. A ródium katalitikus aktivitására a kaolinit, mint hordozó negatív hatással van. A palládium ezzel ellentétben a kaolinit felületén bizonyult aktívabbnak.

4. A doktori értekezés alapját képező közlemények

1. Sz. Papp, A. Szűcs, I. Dékány:
Preparation of Pd nanoparticles stabilized by polymers and layered silicate
Applied Clay Science, 19:155-172 (2001)
IF: 2,095
2. Sz. Papp, A. Szűcs, I. Dékány:
Colloid synthesis of monodisperse Pd nanoparticles in layered silicates
Solid State Ionics, 141-142:169-176 (2001)
IF: 1,534
3. Sz. Papp, I. Dékány:
Growth of monodisperse palladium nanoparticles on disaggregated kaolinite lamellae
Progress in Colloid and Polymer Science, 117:94-100 (2001)
IF: 1,186
4. Sz. Papp, I. Dékány:
Growth of Pd nanoparticles on layer silicates hydrophobized with alkyl chains in ethanol-tetrahydrofuran mixtures
Colloid and Polymer Science, 280:956-962 (2002)
IF: 1,182
5. Sz. Papp, I. Dékány:
Stabilization of palladium nanoparticles by polymers and layer silicate
Colloid and Polymer Science, 281:727-737 (2003)
IF: 1,232

6. Sz. Papp, J. Szél, I. Dékány:
Stabilization of rhodium nanoparticles in aqueous medium by polymer and layered silicates
Proceedings of SPIE, Vol. 5118, Nanotechnology, ed. R. Vajtai, X. Aymerich, L. B. Kish, A. Rubio (SPIE, Bellingham, WA, 2003) 646-656
7. Sz. Papp, J. Szél, A. Oszkó, I. Dékány:
Synthesis of polymer-stabilized nanosized rhodium particles in the interlayer space of layered silicates
Chemistry of Materials, 16(9): 1674-1685 (2004)
IF: 4,374
8. Sz. Papp, R. Patakfalvi, I. Dékány:
Synthesis and characterization of noble metal nanoparticles/kaolinite composites
Progress in Colloid and Polymer Science, 125: 88-95 (2004)
IF: 1,232

Könyvfejezet

9. R. Patakfalvi, Sz. Papp, and I. Dékány:
Silver and palladium nanoparticles incorporated in layer structured materials
Surfactant Science Series 109, Adsorption and Aggregation of Surfactants in Solution, ed. K.L. Mittal, D.O. Shah, Marcel Dekker, 269-298 (2003)

ΣIP: 12,835

Egyéb közlemények

1. Papp Sz., Dékány I.:
Palládium nanorészecskék előállítása inverz mikroemulziókban
Magyar Kémiai Folyóirat, 106 (8):309-318 (2000)
IF: 0,270
2. Sz. Papp, I. Dékány:
Structural properties of palladium nanoparticles embedded in inverse microemulsion
Colloid and Polymer Science, 279:449-458 (2001)
IF: 1,186
3. M. T. Beck, G. Mándy, Sz. Papp, I. Dékány:
Surface porosity of fullerene black adsorbents modified by the Diels-Alder reaction
Carbon, 42 (3): 677-679 (2004)
IF: 3,120

4. Sz. Papp, I. Dékány:
Colloid chemical characterisation of layered titanates, their hydrophobic derivatives and self-assembled films
Colloid and Polymer Science, közlésre elfogadva, 2004.
IF: 1,232
5. M.T. Beck, G. Mandy, Sz. Papp and I. Dékány:
Surface modification of activated carbon and fullerene black by Diels-Alder reaction
Colloid and Polymer Science, közlésre elfogadva, 2004
IF: 1,232
6. R. Kun, K. Mogyorósi, J. Németh, L. Körösi, Sz. Papp and I. Dékány:
Thermoanalytical and structural properties of metal oxide semiconductor and palladium/layer silicate nanocomposites
J. Thermal Anal. and Calorimetry, közlésre elfogadva, 2004.
IF: 1,094

ΣIP: 8,134

Mindösszesen: ΣIP: 20,969

Konferencia előadások és posztterek:

Előadások

1. Papp Sz., Dékány I.:
Sztérikusan stabilitált palládium nanorészecskék előállítása folyadék fázisban és szilárd felületen
XXII. Kémiai Előadói Napok, nívódíjas előadások szekciója, 1999. november 1-3.
Szeged
2. Dékány I., Szűcs A., Németh J., Papp Sz.:
Nanoszerkezetű anyagok: rétegszilikátokkal és polimerekkel stabilizált nanorészecskék előállítása
MTA 2000 évi Közgyűlési Előadások, III. Akadémiai Kiadó, 2001. 1141-1157
3. I. Dékány, K. Mogyorósi, B. Veisz, Sz. Papp, Z. Király:
Selective liquid sorption and nanoparticle growing on hydrophobic surfaces
13th International Symposium on Surfactants in Solution (SIS-2000) 11-16. June 2000. Gainesville, Florida, USA, abstract p. 64
4. Papp Sz., Dékány I.:
Palládium és ródium nanorészecskék stabilizálása rétegszilikát hordozókon
Magyar Tudomány Napja, 2001. november 5, Szeged

5. I. Dékány, T. Szabó, R. Patakfalvi, Sz. Papp, M. Szekeres:
Noble metal and photocatalyst nanoparticles stabilized in self-assembled films and layer structured materials
Euroclay 2003, 22-26 June, 2003. Modena Italy, abstracts p. 79
6. I. Dékány, L. Kőrösi, R. Kun, T. Szabó, R. Patakfalvi and Sz. Papp:
Nanoparticle stabilization in layer structured materials
PORANAL, 1-3 Sept. 2004. Balatonfüred, abstracts p. 33
7. I. Dékány, L. Kőrösi, R. Kun, T. Szabó, and Sz. Papp:
Structural and photocatalytic properties of semiconductor and noble metal/layered material nanocomposites and ultrathin films
Proc. of the 2nd Int. COE Symposium for Giant Molecules and Complex Systems, 22-23. Nov. 2004. Sendai, Japan abstracts p. 13

Poszterek

8. Sz. Papp, I. Dékány:
Preparation of monodisperse Pd nanoparticles in the hydrophobized interlamellar space of kaolinites
13th International Symposium on Surfactants in Solution, 11-16 June 2000. Florida, USA, abstracts p. 98
9. Sz. Papp, A. Szűcs and I. Dékány:
Colloid synthesis of monodisperse Pd nanoparticles in layered silicates
14th International Symposium on the Reactivity of Solids, 27-31 Aug 2000. Budapest, Hungary, abstract p. 31
10. Sz. Papp, I. Dékány and A. Szűcs:
Monodisperse Pd nanoparticles growth on desaggregated kaolinite lamellae
3rd International Conference of the Kolloid-Gesellschaft e. V. 25-28 Sept 2000. Budapest, Hungary, abstract p. 148
11. Sz. Papp, J. Szél and I. Dékány:
Monodisperse Rh nanoparticles growth on layered silicates
8th International Conference on Colloid Chemistry, 18-20 Sept 2002. Keszthely, Hungary, abstract p. 100
12. Sz. Papp, I. Dékány:
Stabilization of rhodium nanoparticles in aqueous medium by polymer and layered silicates
SPIE 1st International Symposium on Microtechnologies for the New Millennium, 19-21 May 2003. Maspalomas, Gran Canaria, Spain, 5118-98

13. Sz. Papp, I. Dékány:
Colloid synthesis and characterisation of CdS, V₂O₅ and WO₃ doped layered hydrogen titanate nanosheet as photocatalysts in self-assembled multilayers
17th Conference of the European Colloid and Interface Society (ECIS), 21-26 Sept 2003. Florence, Italy, abstract p. 337
14. Sz. Papp, I. Dékány:
Colloid synthesis and characterisation of CdS, V₂O₅ and WO₃ doped layered hydrogen titanate nanosheet as photocatalysts in self-assembled multilayers
1st Szeged International Workshop on Advances in Nanoscience (SIWAN), Szeged, Hungary, 26-28 Okt 2003
15. T. Nyári, R. Bäieş, P. Vlăzan, I. Grozescu, Sz. Papp, I. Dékány, P. Barvinschi:
Hydrothermal synthesis and characterisation of ternary chalcogenide nanocrystals
Physics Conference TIM 03, 28-29 Nov. 2003, Timisoara, Romania, abstract p. 103
16. T. Nyari, P. Vlăzan, Sz. Papp, P. Barvinschi, I. Dékány:
A Glycothermal route to CuInS₂ semiconductor nanocrystals
Physics Conference TIM 04, 28-29 Nov. 2004, Timisoara, Romania, abstract p. 103