

Bírálat

Kukovecz Ákos

"Egydimenziós nanoszerkezetek és hálózataik létrehozása, módosítása és néhány felhasználási lehetősége"

című MTA doktori értekezéséről

Kukovecz Ákos munkájában az utóbbi évtizedek nanotechnológiai kutatásának egyik legfontosabb, legtöbbet vizsgált, talán emblematicusnak nevezhető rendszerével, a szén nanocsövekkel foglalkozik. Pontosabban szén és titánát nanocsövekből képzett rendezetlen hálózatokkal. Az egydimenziós nanorészecskékből felépülő nanopórusos hálózatok tudományos érdekességük mellett gyakorlati hasznosításra is számíthatnak. Az ilyen irányú fejlesztésekhez fontos információt jelentenek: a rendszerek szerkezeti leírása, az előállítás és a különböző fizikai tulajdonságok kapcsolatának megismerése, a célszerű módosítás. Ezek közül is részletesen foglalkozik a gázokkal és folyadékokkal való kölcsönhatással, amely egy párolgási profilon alapuló, kvalitatív analízis módszer kifejlesztéséhez vezetett.

Az értekezés hagyományos felépítésű, jól tagolt, a legnagyobb részét az eredmények tárgyalása és értékelésük teszi ki. A Bevezetést rövidítés jegyzék, valamint nevezéktani megjegyzések előzik meg, ami hasznos eligazítást jelent a dolgozat olvasásakor. A Bevezetésben a nanométeres mérettartományról szóló felvetései, gondolatai figyelemreméltóak és tanulságosak.

Az Irodalmi áttekintésben igyekszik minden érintett terület fontos, korábbi eredményét összefoglalni. Mivel a téma szerteágazó, ez az összefoglalás helyenként óhatatlanul túlságosan tömör. Ugyanakkor az eredmények tárgyalásánál világosan kifejti, az adott témában mi volt az ő hozzájárulása, új eredménye. A felhasznált kísérleti, vagy más pl. kísérlettervezési vagy adatelemzési módszerek használatát a nagyfokú tudatosság jellemzi. A 482 tételből álló irodalomjegyzék gazdag, értékes áttekintését adja a területnek.

Az értekezés tartalmában és formáját tekintve is igényes munka.

A dolgozattal kapcsolatos kérdéseim, megjegyzéseim

1. Általános megjegyzésem, hogy a kísérleti adatok, eredmények táblázatban vagy grafikonon való feltüntetésénél általában nem találtam az ismételt, párhuzamos mérések/minták számára, szórásra vonatkozó utalást.
2. A 3.5 Pórusos felületek nedvesedése és száradása fejezetben pontatlan az az idézett állítás, miszerint kis energiájú felületekre a szilárd és szilárd/folyadék felületi energiák különbsége folyadéktól független állandó [89]. Az eredeti közlemény szerint ez bizonyos homológ sorokban igaz, más homológ sorokban nem, és csak egyetlen szilárd felületet vizsgáltak.

Hasonlóan rövid a Bico és munkatársai [93] 2002-ben megjelent közleményére való utalás. Ebben foglalkoztak a felület textúrájának hatásával is, és a teljes szétterülésre feltételt fogalmaztak meg.

3. A kontakt nedvesedéssel kapcsolatban felvetődik továbbá a vonalfeszültség kérdése. A szokásos, mikroliter nagyságú cseppek esetében elhanyagolhatónak ítélik, ugyanakkor éppen érdekes, pórusos felületek, nanoszálal rendszerek esetében fontos lehet, mint

ahogy erre több munkában rámutatnak, pl. V. Raspal, K. O. Awitor, C. Massard, E. Feschet-Chassot, R. S. P. Bokalawela, M. B. Johnson: Nanoporous Surface Wetting Behavior: The Line Tension Influence. Langmuir 2012, 28, 11064–11071;
A. Dörr, S. Hardt: Line tension and reduction of apparent contact angle associated with electric double layers. Physics of fluids 2014, 26, 082105)

4. A 6.1.1 fejezetben közölt, szén nanocsövek optimalizált eljárásáról szóló eredményekkel kapcsolatban a következőket jegyzem meg. A Box-Behnken háromszintű frakcionált faktorterv alkalmazásánál ajánlják, hogy a középpontban három ismételt mérést (vagyis a 13 helyett összesen 15 mérést) végezzünk, amiből a reprodukálhatóság, az illesztett függvény hibája becsülhető. Voltak-e párhuzamos mérések ebben az optimum keresési eljárásban?

Mi indokolta, hogy ebben az esetben (7 paraméter) és a következő témában (többfalú szén nanocsövek előállítás, 6 paraméter) a paraméterek befolyásának megítélésében más megközelítést használt? Az első esetben először kiválasztotta a 7-ből a legnagyobb hatással bírót, s így ment tovább, a második esetben pedig egyszerre vizsgálta mindegyik hatását. Láttuk, hogy mindkettő eredményes volt.

5. Az egyfalú szén nanocsövek salétromsavas kezelése (6.2.1 fejezet) után vizsgált mintában a kötegelődés eltérő mértékű. Éppen a kevésbé tömény sávvá való (bár hosszabb idejű) kezelés mutat nagyobb kötegeket. Mi lehet az oka, van-e kémiai elemzés ezekről? (4. Táblázat)
6. A 6.2.2 fejezetben az önforduló szén nanocső film előállításával és szerkezetének megismerésével foglalkozik. Milyenek az egy- és többfalú szén nanocsövekből készített szűrőleplek mechanikai tulajdonságai? Milyen állapotúak az előállítás végén, volt-e szárítás, közegcsere? Vágható-e, a TEM felvételek belső keresztmetszetben készültek, vagy a minta szélén?

A szűrőleplek szerkezetének leírására kidolgozott modell olvasása közben ötlött fel bennem, vajon a szén nanocső szelvény mutat-e szerkezeti belső sűrűsödést. Van-e információja arról, hogy az áramlást fel lehet-e használni a nanocsövek orientálására?

7. 6.2.7 fejezetben titanát nanoszálak üveg felületre való felviteléről számol be. Az itt alkalmazott kationos komponens, a poli(diallil, dimetil ammónium klorid), PDDA nem tenzid, hanem polielektrolit.
A szállal való borítottság vizsgálatára szolgáló módszerek eredményét végül relatív értéként adja meg, és hasonlítja össze. Milyen volt az abszolút borítottság?
8. A 6.4.1 fejezetben bemutatott anyag- és energiamérleges megközelítés ad-e lehetőséget a párolgás és a pórusrendszerbe való beszívargás megkülönböztetésére, különválasztására?
9. A szén nanocső film folyadékcseppel való kölcsönhatása során a víz anomális viselkedését tapasztalta (6.4.2 fejezet). Ennek magyarázata során, amikor is több lehetőséget elemzett, szerintem érdemes meggondolni a következőt. Nedvesedés méréseknél felhívják a figyelmet arra, hogy bizonyos esetekben számolni kell a mérőfolyadék összetételének megváltozására a mérés során. Ez különösen igaz a nagy felület/térfogat arányú elrendezésekben, mint kis csepp méret és/vagy nagy

felületű, pórusos szilárd anyag. Sok esetben bizonyítást nyert, hogy a csekély mennyiségű, a mérőfolyadék cseppben oldódni képes komponens, ami a szilárd felülettel való érintkezés során jut a folyadékba, megváltoztatta a mérés eredményét, pl. a felületi feszültség csökkentése által. Ez durva becslésem szerint a párolgási profil esetében is elképzelhető, mivel nanomolnyi ionvezető esetleg okozhat a mértnak megfelelő ellenállás változást. Ez származhat a szilárd anyagból, vagy a vízből (a párolgás során éppen feldúsulva).

Az egyik feltételezett ok, és annak elvetése során bemutatott mérés eredménye sincs ezzel ellentmondásban (ionos tenzid oldat, és metanol-víz elegy).

Az új tudományos eredmények négy fő, ezen belül összesen 21 alpontra tagolva szerepelnek. A tézispontok állításai az értekezésben bizonyítottak, azokat elfogadom.

A Jelölt által bemutatott munka és annak háttérét képező nemzetközileg is elismert, magas szintű tudományos tevékenység minden szempontból megfelel az MTA doktora cím odaítélése feltételeinek, így a nyilvános vitára bocsátást javaslom.

Budapest, 2018. május 26.

Kiss Éva
az MTA doktora
egyetemi tanár