

Vélemény ERDÉLYI RÓBERT „Nedves Kémiai úton növesztett ZnO nanoszálak előállítása és vizsgálata nanoelektromechanikai érzékelők fejlesztése céljából” címmel 2014-ben benyújtott doktori (PhD) értekezéséről

Dr. Berkó András,

az MTA Doktora, egyetemi magántanár, tudományos tanácsadó

MTA-SZTE Reakciókinetikai és Felületkémiai Kutatócsoport

tel: 06 62 544 646

6720 Szeged, Dóm tér 7. / aberko@chem.u-szeged.hu

A mindennapi életben egyre szélesebb körben terjedő robotika alapvető igénye a megbízhatóan működő szenzorok kifejlesztése. Ezen eszközök egyik alapanyagát a különböző formában kristályosított ZnO jelentheti, amely különösen a legutóbbi időben a helyzetpozicionálásban ígéretes, természetesen a korábbi más vonatkozású érzékelési alkalmazások (pl. gázszenzorika) mellett. Az értekezés témája: ZnO nanoszálak elektronikai hordozó lemezre történő integrált növesztése ú.n. nanoelektromechanikai (NEMS) rendszerek kialakítása céljából. A ténylegesen alapkutatási irányultságú munka a fenti célból megfogalmazott aktuális anyagkutatási feladatok elvégzését célozza meg. Az összetett feladatot a Jelölt négy jól elkülöníthető részfeladatra bontja a munka célkitűzéseinek megfogalmazásakor: (1) nedves kémiai úton növesztett ZnO nanoszálak integrálása; (2) a magréteg és az utónövesztett ZnO nanoszálak kristályszerkezete közötti összefüggés felderítése; (3) a kristályosítási módszer alkalmazhatóságának bizonyítása NEMS eszközök készítésére; (4) a nanoszálak minősítése megbízható vizsgálati módszerekkel. A munka háttérét megvilágító bevezetés (ill. a tézisfüzetben a kutatás előzményei), de általában is az egész disszertáció nyelve szakszerű, lényegretörő és kellő mértékben olvasmányos. A bemutatott ábrák igen szemléletesek, leírásuk megfelelően precíz. Az alkalmazott módszerek felsorolása teljes és különösen telitalálat, hogy a tézisfüzetben a részfeladatok ismertetése párhuzamosan történik az alkalmazott módszerek rövid bemutatásával.

A 113 oldalas, 45 színes ábrával illusztrált és 135 irodalmi hivatkozást tartalmazó angol nyelvű disszertáció első pillanatra is gondos munkáról árulkodik. A mű szerkezete jól áttekinthető, minden szükséges kiegészítő dokumentumot tartalmaz: angol, magyar és német nyelvű összefoglaló, rövidítések gyűjteménye, összefoglaló, tézisek, speciális kiegészítés - Appendix, publikációs lista, köszönetnyilvánítás. A dolgozat első nagyobb lélegzetű fejezete a 26 oldalas bevezetés (Introduction), részletes tudományos irodalmi háttéranyagnak minősíthető. Ennek első részében kerül megfogalmazásra a munka motivációja, a ZnO tulajdonságainak, növesztésének és a ZnO nanoszálak és nanocsövek lehetséges alkalmazásának ismertetése. Ezen fejezet második részében a nanodrótok, rudak és csövek mechanikai jellemzésének különböző módszereit ismerteti a Jelölt. A dolgozat következő fejezete, mintegy 4 oldal terjedelemben röviden összefoglalja az alkalmazott kísérleti és kiértékelési módszereket. Az ezt követő 5 rövidebb-hosszabb fejezet tartalmazza a mű érdemi (saját munka) részét, mintegy 50 oldal terjedelemben. Ezen utóbbi fejezetek közül az első az új ZnO nanoszál alapú nanoerő szenzor koncepcionális alapjait írja le. A következő 4 fejezet egymáshoz nagyon hasonló szerkezetben tárja elének a végzett munkát, egy rövid általános bevezető után a kísérleti körülmények majd a kapott eredmények bemutatásával. Összeségében megállapítható, hogy a disszertáció világos szerkezete révén a végzett munka jól áttekinthető, és az egyes részek egymáshoz viszonyított terjedelmi aránya megfelel a követelményeknek.

A disszertáció alapját képező 4 tudományos közleményből háromban a Jelölt első szerző, s ezen dolgozatok összesített impaktja 8.2. Munkásságához még további négy közlemény tartozik, amelyek további 5.1 impaktot jelentenek.

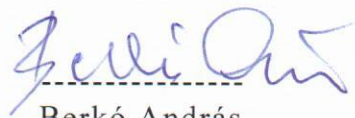
Érdekes, hogy cím alapján az utóbbi közlemények témája is szorosan kapcsolódik a disszertáció anyagához, így felmerül a kérdés, hogy milyen indokok alapján választotta szét a T1-4 és P1-4 dolgozatait a Jelölt? Ennek kapcsán kérném részletesen adja meg, hogy a T1-T4 dolgozatokban közölt kísérleti eredményekből melyek tekinthetők közvetlenül a személyes munkájának?

A Jelölt 5 tézispontban foglalja össze az elért eredményeit, amelyekhez egy-egy adott közleményt rendel. Az első két tézispont a különböző szubsztrátokra telepített ZnO magréteg és a magok valamint a rajtuk növesztett ZnO nanoszálak kristályszerkezete közötti összefüggésre vonatkozik, amely értékes új tudományos eredmény. Sajnálatos viszont, hogy ezen összefüggés konkrét mibenlétére nincs állítás a 2. tézispontban, vagyis hiányzik az „összefügg, de hogyan?” kérdésre a válasz. Elismerésre méltó a 3. tézispont, amelyben a ZnO nanorudak piezoelektromos állandóját piezoválasz-atomi-erőmikroszkópia módszerével meghatározott értékét adja meg. Az utolsó két tézispont egyrészt egy adott ismert anyagon (InAs) két különböző módszerrel meghatározott hajlítási Young modulusát veti össze, másrészt a vizsgált ZnO nanorudak ugyanezen paraméterét az egyszerűbb (a jelölt által könnyebben elérhető) módszerrel mérte meg. Metodikailag az utóbbi két tézispont is mindenképpen új tudományos eredménynek tekinthető.

Kérdéseim:

1. Nagyon érdekes kísérletnek tekintem az ú.n. „precursor concentration controlling window (PCCW)” (a magyarra fordítást a Jelölttől várom) hatásának vizsgálatát az individuálisan növesztett ZnO nanocsövek alakjára. Sajnos a dolgozatban nem találtam a mért effektus (Figure 41) részletesebb elemzését. Másrészt nem értem azt az állítást, hogy a „PCCW-k nagyságának változtatásával hathatósan lehet módosítani az individuális nanocsövek méretét”, hiszen véleményem szerint a prekursor koncentrációjának változtatásával mindez közvetlenül és pontosabban is megtehető. Kérem elemezze gondolkísérlettel, hogy milyen hatása lenne az individuális nanocső és a PCCW távolság változtatásának (ami jelen esetben konstans, 1.5 μm)?
2. A ZnO nanocsövek növesztése előtti mag-felület hőkezelése jelentősen javítja a vertikális irányú növesztést (Figure 30), amihez azonban a CMOS technológiában nem igazán alkalmazható magas hőmérséklet szükséges. Felmerült-e annak lehetősége, hogy felület igen vékony rétegét elektronsugárral vagy lézersugárral hőkezeljék, ami implicite azt a kérdést veti fel, hogy az ablaknyitás milyen paraméterekkel történik s ez hogyan befolyásolja a növesztést? Végeztek-e ilyen irányú vizsgálatokat?
3. A 36. ábrán a „hajlításos” és „rezonancia” módszerrel meghatározott hajlítási Young modulus méréseit ábrázolja 5 egyedi nanocső esetén. Láthatóan a #4 hajlítási mérés kilóg a mérések közül. Minek tulajdonítható ez? Mindenesetre első ránézésre ezen mérések statisztikai kiértékelése „legalább is” gyanús.

Összességében Erdélyi Róbert disszertációját, a benyújtott dolgozat formai és tartalmi színvonalát messzemenően elegendőnek ítélem arra, hogy sikeres védelem esetén a jelölt PhD fokozatot kapjon.



Berkó András

Szeged, 2014. szeptember 30.