

Bírálat

CZIGÁNY ZSOLT

„FULLERÉNSZERŰ NANOSZERKEZETEK JELLEMZÉSE TRANZMISSZIÓS ELEKTRONMIKROSKÓPIÁVAL”

című MTA doktori értekezéséről

A jelölt doktori értekezésében elsősorban nitrogénnel és foszforral adalékolt szén alapú nanostruktúrákat tanulmányozott. Vizsgálatainak célja a fullerénszerű egységekből felépülő rétegek szerkezetének megismerése az előállítási körülmények függvényében. A nitrogén illetve foszfor atomok a grafén síkok meggörbülését idézik elő, ezzel lehetővé téve, hogy lokálisan a molekuláris fullerénekre emlékeztető szerkezet jöjjön létre viszonylag alacsony előállítási hőmérsékleten (300-400°C). Az egymásba helyezett fullerénszerű héjakból álló nanométeres szerkezeti elemek (nanohagymák) közötti kötések létrejöttét is elősegíti a nitrogén és foszfor adalékolása. Az így kapott szénszerkezet nagy keménységgel és egyedülálló rugalmassággal rendelkezik, ezért az jól alkalmazható védőbevonatként ortopédiai protéziseken, gördülő csapágyakon illetve merevlemezek adattároló rétegén és kiolvasó fején. Mindezeket figyelembe véve a disszertáció témaválasztása aktuális és az eredmények nemzetközi szinten is nagy érdeklődésre tarthatnak számot.

A jelölt a magnetronos porlasztással előállított CN_x és CP_x rétegek szerkezetét elsősorban transzmissziós elektronmikroszkópiával (TEM) vizsgálta, felhasználva a módszer képalkotó, diffrakciós és analitikai lehetőségeit. Például a kémiai összetétel meghatározásánál elektron energiavesztés spektruskópiát (EELS) alkalmazott. A kísérleti vizsgálatokat kiegészítette nagyfelbontású TEM (HRTEM) képszimulációval illetve összehasonlította diffrakciós modellszámításokkal. Megállapítható, hogy a kutatás során alkalmazott anyagelőállítási és szerkezetvizsgáló módszerek korszerűek, az azokkal kapott eredmények színvonalasak.

Az értekezés 95 oldal terjedelmű. A Bevezetés utáni első számozott fejezet 8 oldalon írja le az alkalmazott kísérleti módszereket. Hivatalosan az ugyancsak 8 oldalból álló második fejezet tartalmazza a szén alapú vékonyrétegekkel kapcsolatos irodalmi áttekintést, ami a doktori disszertációkban megszokottnál rövidebb. Ugyanakkor a harmadik fejezetben, amely 55 oldal terjedelmű, a jelölt saját kutatási eredményeit a kapcsolódó irodalomba ágyazva mutatja be, így összességében az olvasóban nem marad hiányérzet a téma irodalmi ismertetésével kapcsolatban. Meg kell jegyezni azonban, hogy ez a felépítés nagyon megnehezíti a saját és az irodalmi eredmények szétválasztását, ami egy disszertációban nem szerencsés. Például a 3.2 fejezetben mondatról mondatra változik a saját és az irodalmi eredmények ismertetése, amiket csak a mondatok végén található hivatkozások alapján lehet szétválasztani. Az utolsó, negyedik fejezetben találjuk az eredmények egyoldalas összefoglalását, a tézispontokat, az ahhoz kapcsolódó saját publikációk listáját, a köszönetnyilvánítást, a felhasznált irodalom és a rövidítések jegyzékét.

A jelölt a háttéroidalmat gondosan kezelte és megmutatta hogy az hol kapcsolódik a saját eredményeihez. A témával kapcsolatos legfontosabb cikkek megjelennek az irodalomjegyzékben. A dolgozat nyelvezete magyaros, jól érthető, stílusa gördülékeny. Összesen 20 gépelési hibát vagy elírást találtam a szövegben. Ezek közül talán csak azokat érdemes megemlíteni, amik a megértést is nehezítik. A 21. oldalon a „2.2-2.4 fejezetek” helyett a „3.2-3.4 fejezetek” megjelölés a helyes. A saját publikációk listájában a T3 és T7 jelű cikkek címe hibásan van megadva, valamint az utóbbiban a szerzők sorrendje is rossz.

A dolgozattal kapcsolatban a következő észrevételeim és kérdéseim vannak. Kérem, hogy a kérdésekre a védésen válaszoljon.

1. Az ábrák 90%-ánál nincs hivatkozás, így nehezen dönthető el, hogy saját vagy irodalmi eredményről van szó.
2. A 8. oldalon a magnetron porlasztás módszere jobban érthető lett volna, ha a 3. ábrán látható kép helyett vagy mellett egy sematikus ábrát közölt volna a berendezés felépítéséről, amelyen a céltárgy, a hordozó és a magnetronok elhelyezkedését, valamint a gázionok és a porlasztott atomok trajektóriáit is feltüntette volna.
3. A 40. oldalon nem a Goldberg poliéderekben lévő héjak átmérőjét, hanem sugarát jelölte r_{r0} -al, szemben a szövegben leírttal.
4. A 64. oldalon a jelölt azt írja: „Mivel az ötfogású szimmetria nem kompatibilis a hosszú távú rendeződéssel (tétkitöltéssel), a politetraédes modellek a kristályostól eltérő amorf szerkezetet eredményeznek.” Ezt a megállapítást érdemes finomítani úgy, hogy „amorf vagy kvázikristályos szerkezetet eredményeznek”.
5. A 65. oldalon szerepel az R_h vektor, ami nincs definiálva.
6. Miért és milyen mechanizmussal csökken a N tartalom CN_x -ben az ionbombázás (Ar^+) hatására (lásd 39. oldal és 1. tézispont)?
7. Mi az oka, hogy a hordozó hőmérsékletének csökkenése amorfizációhoz vezet CN_x rétegekben?
8. Mi a szerkezeti oka a keménységben és a rugalmas relaxációs tulajdonságokban tapasztalt különbségeknek $CP_{0.1}$, $CP_{0.025}$ és $FL-CN_{0.16}$ esetén (lásd 40. ábra)?
9. A 72. oldalon szerepel, hogy a grafit $d=3,34 \text{ \AA}$ és $2 \text{ \AA}$ körüli csúcsai eltolódnak a nagyobb értékek felé a klaszterméret csökkenésével. Ez fordított tendencia a fullerénnél tapasztaltnál képest. Mi ennek az oka?

A disszertációban ismertetett tudományos eredmények értékelése

Czigány Zsolt által elért eredmények két csoportba oszthatók. Egyik részük módszertani jellegű, amely magában foglalja olyan eljárások kidolgozását, amelyek kiküszöbölik a fullerénszerű rétegeknél a mintakészítés és a HRTEM-es leképezés során keletkező műtermékeket. A jelölt meghatározta az Ar^+ ionbombázás hatására CN_x vékonyrétegeken bekövetkező szerkezeti változásokat és a kialakuló felületi roncsolt réteg vastagságának függését az ionenergiától. Kidolgozott egy olyan mintapreparációs módszert, amelyet alkalmazva a CN_x réteget felépítő nanohagymák szerkezete jól vizsgálható HRTEM-mel Scherzer defókusznál. Az eredmények másik csoportja a CN_x és CP_x rétegek kémiai összetételének és szerkezetének leírásával kapcsolatos. A jelölt vonalmenti elemanalízissel igazolta, hogy a CN_x nanohagymák közepén nagyobb a beépült N koncentrációja, mint a felszínén. Elektrondiffrakciós vizsgálatait azt mutatták, hogy a nanohagymákra jellemző rövidtávú atomi rend a grafitéhoz hasonló. Czigány Zsolt megvizsgálta a magnetronos porlasztás körülményeinek hatását a CN_x réteg szerkezetére. Megállapította, hogy a porlasztógáz N_2 tartalmának, az előfeszítésnek és a hordozó hőmérsékletének növelésével a szerkezet felaprózódik (amorfizálódik). Elektrondiffrakciós vizsgálatokkal megmutatta, hogy a fullerénszerű CP_x rétegek a C_{20} -hoz hasonló, nagy lokális görbületű egységekből áll, aminek oka, hogy a P adalék hatására energetikailag kedvező lesz a négy atomból álló gyűrűk kialakulása. A jelölt modellszámításokat végzett a fullerénszerű CN_x és CP_x rétegeken kapott kísérleti elektrondiffrakciós eredmények értelmezésére. Megállapította, hogy a diffrakciós maximumhelyeket elsősorban a fullerénhéj görbülete határozza meg, míg a fullerénhéj töredékességének és belső szerkezetének hatása elhanyagolható.

A jelölt tudományos eredményeit 7 tézispontban foglalta össze. A tézisek állításait elfogadom új tudományos eredményeknek. A tézisek 13 saját cikkre épülnek, amelyekből négyben a jelölt az első szerző. A Scopus adatbázis alapján erre a 13 cikkre eddig 245 független hivatkozás érkezett. A legtöbb hivatkozást a T2-es közlemény kapta, szám szerint 99-et. További 5 cikk 10 feletti hivatkozottságú. Ez azt mutatja, hogy a tézisekben megfogalmazott eredményeknek visszhangjuk van a téma irodalmában.

Összefoglalva megállapítom, hogy Czigány Zsolt MTA doktori disszertációja új és értékes tudományos eredményeket tartalmaz a magnetronos porlasztással előállított CN_x és CP_x rétegek szerkezetére vonatkozóan. A tézisekben összefoglalt eredményeket alkalmasnak és elegendőnek tartom az MTA doktora cím megszerzésére, ezért támogatom az értekezés nyilvános vitára bocsátását. Sikeres védelem esetén javaslom az MTA doktora cím odaítélését.

Budapest, 2013. június 28.

Dr. Gubicza Jenő
habilitált egyetemi docens, az MTA doktora