

Opponensi vélemény

Cserhádi Csaba

Felületi és határfelületi diffúziós folyamatok kristályos anyagokban

című értekezéséről, amit az MTA doktora fokozat elnyeréséhez nyújtott be.

Bevezetés

A dolgozat témáját a túl általános cím nem adja meg pontosan. Továbbmenve a dolgozat témáját nem is tudom, hogy milyen cím írná le jól, talán az, hogy fejezetek diffúziós problémák megoldásából. Az az olvasó érzése, hogy az egyes témák nem épülnek egymásra. Egy valami összeköti őket, az hogy mindegyik magas szintű diffúziós elmélet és kísérleti tudás birtokáról tanúskodik. Már itt hangsúlyozni kell, hogy Cserhádi Csaba mind elméleti mind kísérleti területen is igen nagy biztonsággal mozog. Ez annyiban trivialis is, hogy karrierjét a méltán világhíres debreceni csoportban építi, ahol szerényebb eredményekkel nem tudna megmaradni. Ugyanerre hivatkozva az a szabvány kérdés, *Mennyiben foglalkozik a dolgozat új és fontos kérdésekkel*, is megválaszolható: a műhely ahol a pályázó dolgozik egy világ színvonalú műhely és a így témaválasztásuk, témaválasztása nem lehet kritika tárgya. A munkában részletezett kutatások a tehát fontosak és hézagpótlók. Kicsit el lehet gondolkozni azon, hogy a pályázó miért pont most adta be dolgozatát, hiszen a tárgyalt területek közül három cikkei 15-20 évesek és csak a negyedik terület az, amelyikkel az utóbbi időkben (5-10 év) is aktívan foglalkozik. A válasz talán az, hogy a különböző szükséges mutatók teljesítéséhez volt szükség erre a hosszú időre.

A dolgozat elemzése

Legelőször azt kell megmondani, hogy a dolgozat egy önálló mű, nem cikkek fordítása, vagy egymásmellé tétele, hanem nagyon jól olvasható szabályos felépítésű, jól érthető esszék sorozata. Örömmel vettem, hogy egy-két általam nem tisztán értett problémát sikerül a dolgozat segítségével megértenem.

Bevezetés

A bevezetés, mint az egész dolgozat bevezetése jelenik meg. Ennek megfelelően ugyanaz a probléma jelenik meg, mint a dolgozat egészében, hogy egymásra nem nagyon épülő, egyébként nagyon jól megírt, a vonatkozó fejezetekhez igen jól

csatlakozó és elégséges alapot adó részek követik egymást. Valójában csak azért nem javaslom a célfejezethez való átrendezést, mert ha ezeket az alaptudást tartalmazó részeket a célfejezethez csatolnánk, azok elegáns tárgyalását megzavarná. A dolgozat jó megértéséhez, különösen a nem szakértő olvasónak, jelentős segítséget ad ez a bevezetés.

2. Felületi és határfelületi szegregáció nanoszerkezetű anyagokban.

A manapság igen fontos nano rendszerekben történő szegregáció azért érdekes, mert lényegileg tudja befolyásolni a szemcsék felületét és így az anyag tulajdonságait. Ez egy nagyon szép és fontos kiterjesztése a korábbi szemcsehatár szegregáció vizsgálatának. Külön szépsége a fejezetnek, hogy az egyenletek levezetése során úgy mond "automatikusan" kijövő eredmények, azaz jóslatok, jóval később kísérleti bizonyítást is nyerhetnek, mint például a [71]-ben közölt kísérlet.

Kérdés:

a./ A szerző a " felvágott kötés modell" – el foglalkozik. Ez a modell ideálisan írja le a vékonyréteg rendszereket. Mennyire jól alkalmazható ez a leírás nano részecskék esetén, ahol mindhárom dimenzióban kis méretek jelennek meg, és amelyeknél a felületi atomok/térfogati atomok arány már nagy?

b./ A szerző említi, hogy szemcsehatár szegregációnál kísérletileg megfigyelt jelenség a szemcsehatár-szegregáció kölcsönhatás, azaz, hogy a szemcsehatár szerkezete megváltozik a szegregáció hatására. Ez úgy is mondható, hogy a teljes energia minimalizációja történik. Azt gondolnám, hogy nanorészecskéknél ez még hangsúlyozottabban lehet fontos, azaz a részecske felülete megváltozhat a szegregáció, vagy deszegregáció hatására. Tudják modellezni ezt a felsorolt egyenletek?

c./ Ha jól értem ebben a tárgyalásban nem foglalkozik a szennyezők szegregációjával, ami pedig megváltoztathatja a felületi feszültséget és így jelentősen hathat a többségi komponens szegregációjára. Lehet, hogy nano-részecskéknél ez elhanyagolható, de ha nem, akkor a fázisszeperációt, szemcseméret stabilizációt is befolyásolhatja. Hozzászólna ehhez a problémához?

3. Szilárdtest reakció többalkotós ötvözetekben

Ebben a fejezetben egy konkrét problémából, Si_3N_4 kerámia és a nikkel között diffúziós kötés kialakítása, kiindulva azt vizsgálja, hogyan lehet a több alkotó jelenléte miatti igen bonyolult diffúziós problémát megoldani. Először ennek

keretében a nitrogén diffúziót vizsgálja Ni alapú fémötvözetekben belső precipitációs módszerrel igen sok kísérleti eredmény gondos elemzésével.

Majd áttér a többalkotós rendszerek egy igen látványos jelenségére, amikor is diffúzió során mintázat alakul ki. Itt külön megemlítem, hogy a jobb megértéshez egy olyan munkát is tárgyal, amiben nem vett részt. A cél nyilvánvalóan az, hogy jól érthető dolgozat szülessen; ezt nagyon jónak tartom. Végül is arra jut, hogy a meglévő elméletek nem elégségesek a jelenség leírásához és majd az ötödik fejezetben ehhez visszatér. Itt példa van arra, hogy mégsem egymástól független jelenségeket tárgyal.

Kérdés

Ismer e olyan alkalmazást ahol a kialakuló mintázat hasznos lehet?

4 Kölcsönös diffúziós vizsgálatok

Ez a fejezet két részre oszlik. Az első részben megmutatja, hogy a háromalkotós rendszerekben az anyagtranszport leírásához szükséges kölcsönös diffúziós együtthatók meghatározására ajánlott irodalmi módszerek valójában nem használhatók, majd a második részben megmutatja, hogyan is kell a feladatot megoldani; nagyon jó pedagógiai közelítés.

5. Kirkendall effektus

Bár a Kirkendall effektust több mint 70 éve ismerték fel, és fontossága a diffúziós kötéseknel elsőrendű, mégis, ahogy a jelölt megmutatja, igen sok érdekes kérdést lehet még felvetni. A jelölt nagyon sikeres cikkekben megmutatta, hogy a Kirkendall sík nagyon bonyolult viselkedést mutat. Ezt a bonyolult viselkedést a nagyon gondosan kiválasztott kontaktfelületet jelölő részecskék egyszerű SEM megfigyelésével tudta vizsgálni. Sikert az is valószínűsítene, hogy a diffúzió során kialakuló periodikus szerkezetek is a Kirkendall effektust létrehozó folyamatokkal magyarázhatók.

Kérdés

A felületek jelentős szerepet játszanak a folyamatokban, mint vakancia forrás stb. Mégis a kontaktfelületekről, vagy a periodikus szerkezetről kialakuló felületekről, geometria, szerkezet, összetétel semmit sem közöl. Akkor honnan tudjuk, hogy milyen szerepe van?

A Kirkendall effektus egyik következménye lehet pórusok (vakancia csoportok) keletkezése. Ez lehet káros, de nagyon hasznos is. Igen szép eredmények születtek fém részecskék agresszív környezetben történő hőkezelésével, aminek a leírása a vegyületképzés miatt nem is egyszerű. Pontosabb megértést ígér az általa választott tiszta fém rendszerek vizsgálata. A szép eredmények valóban jó egyezést mutatnak a független elméletekkel.

Kérdés

Említi, hogy a részecskéket le kellett szakítani a zafír felületről, azaz a részecskék jól kötődnek a zafírhoz. Ez a kölcsönhatás az alakváltozást befolyásolhatja. Nem befolyásolja ez az erős tapadás az üregképződést?

Tézisek.

A dolgozat nagyon jó szerkesztésének megfelelően a tézisek a fejezetekhez vannak rendelve. A tézisek alapjául szolgáló cikkek a közösség által elfogadott, jól hivatkozott művek, tehát alapvető kifogást ellenük felvetni nem lehet, csak esetleges finomításokra fogok utalni.

1. Téziscsoport (*Felületi és határfelületi szegregáció nano szerkezetű anyagokban*)

A téziseket új eredményként elfogadom esetleg azzal a kiegészítéssel, hogy "tiszta" anyagokra vonatkozik.

2.& 3. Téziscsoportokat új eredményként elfogadom

4. Téziscsoport (*Kirkendall effektus*) legalábbis számomra a legsikeresebb kutatást foglalja össze; a téziseket új eredményként elfogadom.

Összefoglalás

Cserhádi Csaba hosszú ideje diffúziós kutatások résztvevője, irányítója. A területen elismertséget szerzett és munkáit jól hivatkozzák. Ezekből a munkákból egy nagyon elegáns, igen jól olvasható és akár oktatásban is jól használható dolgozatot írt.

Mindezek alapján az MTA doktora fokozatra alkalmasnak találom, a nyilvános védés kitűzését javaslom, és a fokozat odaítélését melegen támogatom.

Budapest 2020. március 9.

Menyhárd Miklós