

Bírálóí vélemény Petrik Péter „Spektroellipszometria a mikroelektronikai rétegminősítésben” című MTA doktori értekezéséről

A disszertációról általában:

A munka célkitűzéseit, nagypontosságú ellipszometriai hardverekhez, vizsgálóberendezésekhez modellezési módszerek, kiértékelő algoritmusok kidolgozását, majd ezek alkalmazását különböző anyagtudományi problémák megoldására, kérdések megválaszolására, az egyre komplexebb anyagszerkezetek, rétegrendszerek és struktúrák vizsgálata érdekében nagyon jónak tartom. Ezt a jelölt eredményeinek nemzetközi visszhangja és elfogadottsága is jól alátámasztja. Az elért tudományos eredményeket összefoglaló dolgozat elkészítése ennek megfelelően fontos és jelentős.

Az összesen 104 oldalas értekezés 8 fejezetben foglalja össze a disszertáció kutatási területéhez kapcsolódó tudományos munkásságot és elért eredményeket. Az első fejezetben irodalmi áttekintésként az ellipszometria fejlődését, s alkalmazását a nanoszerkezet-kutatásban mutatja be. A kísérleti módszerek és a kiértékeléshez szükséges ismeretek (pl. a dielektromos függvény parametrizálása) összefoglalása a 2. fejezetbe került a használt berendezések leírásán túl.

A 3. fejezettől (15. oldaltól) kezdve az egyes tézisekhez kapcsolódó anyagokat találunk, ahol fejezetenként kerülnek megemlítsre a használt vizsgálati módszerek is. Fejezetenként egy-egy tézis megértéséhez és értékeléséhez szükséges információkat kapunk.

A 8. „Összefoglalás” fejezet tartalmazza a dolgozat 83. oldalától kezdődően a téziseket, a téziszűzettel azonos formában és tartalommal, összesen ötöt, ezen felül pedig az eredmények hasznosulására is kitér.

A dolgozat gondosan kivitelezett, jól szerkesztett, áttekinthető. Rengeteg ábrát, ezek szinte kivétel nélkül modellezési és mérési eredmények, számos táblázatot és 157 tételes irodalomjegyzéket tartalmaz. Elütés, elírás szinte semmi, valamennyi mondat logikusan felépített, választékosan fogalmazott és érthető. A téziseket a jelölt 19 színvonalas, nemzetközi publikációval támasztja alá, ezek közül egy kivételével valamennyi elsőszerzős.

A tézisek, illetve a hozzájuk kapcsolódó fejezetek értékelése:

1. tézis – Mélységprofilozás

A tézis három egymásra épülő állítást tartalmaz.

- rácskárosodás mélységeloszlás optikai modelljének továbbfejlesztése
- átlapoló (üreg és roncsoltság) profilok alkalmazhatóságának bizonyítása
- eltemetett üregprofil nagypontosságú meghatározása

Személyesen az eltemetett üregprofil nagypontosságú meghatározását érintésmentes ellipszometriai mérés technikával tartom a dolgozat egyik legérdekesebb eredményének.

2. tézis – Nanokristályos félvezetők parametrizálása

A tézis két eredményt tartalmaz.

- nanokristályos szilícium referencia és üreg keverék modell alkalmazása „stain etching” eljárással készült pórusos szilícium vizsgálatára
- annak igazolása, hogy a dielektromos függvény megfelelő parametrizálásával a szemcseszerkezet is mérhető

3. tézis – Ultravékony rétegek modellezése

A tézis két részből áll.

- nanométernél vékonyabb oxidrétegek vizsgálata ellipszometriával
- többféle komplexitású modell felhasználásával ultra-vékony felületi oxidrétegek tulajdonságainak meghatározása

4. tézis

A tézis három bekezdésben az alábbi eredményeket tartalmazza:

- SiC-ban az ionimplantáció által keltett roncsoltság hőkezelés során bekövetkező visszakristályosodásának nyomon követése ellipszometriával
- Roncsolt SiC szerkezet dielektromos függvényének meghatározása nagy foton energiákon (5-9 eV)
- nehézionok használatával hibaszerkezet létrehozása CdTe-ban, amely különböző szemcseméretű polikristályos CdTe vékonyrétegekkel megegyező optikai tulajdonságokat mutat.

5. tézis – Dielektrikum vékonyrétegek modellezése

Három egymáshoz módszerében kapcsolódó eredményt tartalmaz:

- Bárium stroncium titanát (BST) rétegek optikai tulajdonságai meghatározása
- Stroncium bizmut tantalát (SBT) rétegek törésmutatójának leírása Adachi-féle parametrizálással
- Szén nitrid rétegek dielektromos függvényének leírása Tauc-Lorentz parametrizálással

Valamennyi tézis pontosan megfogalmazott, gondosan összeállított, logikusan felépített tudományos állításokat tartalmaz, amit a dolgozat fejezetei és a kapcsolódó publikációk meggyőzően igazolnak. Az elméleti modellek minden esetben átgondolt kísérletekkel, szükség esetén több különböző módszerrel is bizonyításra kerültek.

Kérdéseim, megjegyzéseim a dolgozattal kapcsolatban:

1. 6. oldal, 3. bekezdés – A szöveg szerint a „kristályszerkezet szisztematikus és kontrollálható megváltoztatásának mindmáig egyik legprecízebb módja az ionimplantáció”. Kérem a jelöltet, hogy ezt más módszerekkel történő összehasonlítással indokolja.
2. Két elírás: 9. oldal, 2. bekezdés - figyelembe, fegyelembe, 57. oldal első mondat - foglalkozok, foglalkozom.
3. Az Irodalomjegyzék a 95. oldalon kezdődik, nem a tartalomjegyzékben megjelölt 106. oldalon.
4. A 3.1 táblázat a 20. oldalon található, ráutalás egy fejezettel korábban 17. oldalon van. Hasonló esetek máshol (lsd később) is előfordulnak.
5. Ábrák általában is, de pl. 3.10, 3.11 lehetnének nagyobbak. Nagyon sok információt tartalmaznak. Az elektronikus változatban felbontásuk elég jó ahhoz, hogy az olvasó felnagyíthassa, de a papír alapú változat ábráinak áttekintése emiatt problémás.
6. A 3.14 ábrán a szürkeszintek az üregarányt jelölik?
7. A 32. oldalon a második bekezdésben marószerként NaNO_2 szerepel a 4.1 ábrán HNO_3 . Miért?
8. A 4.3 táblázat nominális értékei honnan származnak?
9. Mi a szerepe a 42. üres oldalnak? 56. és a 82. oldal is üres.
10. Hogyan képzeljük el az 5.1 ábrán szimulált 0,011 nm vastag SiO_2 réteget? Az 5.1 fejezet első bekezdésében említett néhány tized nm-es oxid réteg pl. hány atomsor?
11. Az 5.2 táblázatban a $0,7 \pm 1,8$ nm rétegvastagság értékét hogyan kell érteni?
12. Az 5.4 és 5.5 ábra is néhány oldalt és egy fejezetet hátra csúszott.
13. A 6.3 ábrán a különböző szerzőktől származó kristályos és amorf SiC törésmutató eredmények különbségeinek a technológián túl lehet-e mérési módszer oka is?
14. 6.1 táblázat egy fejezettel hátrébb csúszott.
15. A 6.4 ábrán az illesztett, folytonos vonalak szimulációból vagy csak görbeillesztésből származnak?
16. Milyen kémiai vegyületből kerültek leválasztásra a 7.1 fejezetben a bárium stroncium titanát (BST) rétegek? Indokolhatja-e a 85-ös minta eltérő tulajdonságait az alacsonyabb leválasztási hőmérséklet?
17. Vizsgálták-e a 7.3 fejezetben vizsgált szén nitrid rétegek mechanikai tulajdonságait?

Megjegyzéseim, észrevételeim és kérdéseim a munka tudományos értékét nem befolyásolják. A tézisekben megfogalmazott valamennyi eredményt hitelesnek tartom, elfogadom és új tudományos eredménynek ismerem el.

A munka legfontosabb eredményének, a jelölttel teljes egyetértésben azt tartom, hogy a kifejlesztett modellek segítségével jelentősen kibővítette a hagyományos ellipszometria, mint mérés technika alkalmazási körét, s mindezt nemzetközi elfogadottsággal és referenciákkal.

A doktori munka tudományos eredményeit elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez, a nyilvános védés kitűzését javaslom.

A kérelmező nemzetközileg is kiemelkedő, eredeti tudományos eredményekkel gyarapította a tudomány szakot, jelentősen hozzájárult a tudományterület továbbfejlődéséhez, ezért a mű elfogadását javaslom.

Budapest, 2015. augusztus 19.

Dr. Jakab László

az MTA doktora