

Csóka Levente

Rendezett cellulóz nanokristályokból felépülő vékony filmek

című MTA doktori értekezésének bírálata

A jelölt aktuális témával foglalkozik, hiszen a cellulóz, mint megújuló polimer az utóbbi időben különösen nagy tudományos érdeklődést váltott ki elméleti, és gyakorlati szempontból egyaránt. A nano méretű struktúrák kutatása napjaink technikai és diagnosztikai eszközeinek segítségével sok új tudományos eredmény feltárását vetíti előre. Ezek a kutatási eredmények jelentősen járulnak majd hozzá az energia- és anyag takarékosághoz. A vizsgálatokhoz felhasznált cellulóz a természet által nagy mennyiségben előállított olyan szerves anyag, mely képes kristályos szerkezet létrehozására. Külön értékelendő, hogy a kutatások nemzetközi együttműködések keretében valósultak meg. A jelölt széleskörű tárgyi tudását mutatja, hogy a kutatásban a cellulózkémia mellett részletes mechanikai, elektrotechnikai és kvantummechanikai ismeretekre is szüksége volt.

Az értekezés kiváló angolsággal íródott, 5 fejezetből áll és 102 oldal terjedelmű. Az első fejezet általános bevezetést tartalmaz. A második fejezet 32 oldal terjedelmű, és a cellulóz nanokristályok elektromos erőter és nyíróerő együttes alkalmazása hatására bekövetkező orientációját vizsgálja. A harmadik fejezet 23 oldalon tárgyalja a cellulóz nanokristályok piezoelektromos jellemzőit. A negyedik fejezet terjedelme 21 oldal, és a bakteriális cellulóz ultrahangos kezelésével, és az így kinyert cellulózból nanokristályokból készített vékonyréteggel foglalkozik. Az ötödik fejezet a kutatás eredményeinek összefoglalását tartalmazza. Itt találhatóak a tézisek és a szerzőnek a témában megjelent közleményei, melyeket magas impakt faktorú, nemzetközi folyóiratokban publikált.

A disszertáció tartalmi és formai szempontból is megfelel az elvárásoknak.

Az első fejezet több célt is szolgál. A fejezet részben bevezető, de bemutatja a cellulózt, mint részben rendezett biopolimert, és szakirodalmi áttekintést is tartalmaz, 25 a tématerületen meghatározó jelentőségű publikációt idéz. A fejezet második részében foglalkozik a dolgozat témáját jelentő nanokristályokkal. Itt olvashatjuk a kitűzött célokat is.

Az új tudományos eredményeket tartalmazó 2., 3. és 4. fejezet szerkezetileg a folyóiratcikk formátumát követi, de jelentős mennyiségű (legalább 30%-ban új, a korábbi munkák publikálása óta elért eredményeket tartalmaz) új eredményekkel lettek kiegészítve. Mindegyik bevezetéssel és a vizsgált anyagok és módszerek bemutatásával kezdődik, majd az eredmények értékelésével folytatódik. A fejezeteket az eredmények összefoglalása és az irodalomjegyzék zárja. Ebben a szerkezetben az szakirodalom áttekintése szétdarabolódik, és mindegyik fejezethez külön tartozik egy a hivatkozott publikációkat tartalmazó lista. A jelölt kellő számú (173 darab) közleményt idéz. A szakirodalom áttekintése nem kellően részletes (4 részre tagoltan, összesen 16 oldal terjedelmű). A publikációk kritikai elemzése szükséges, pedig ez jól alátámaszthatna volna az elvégzett vizsgálatok jelentőségét. Viszont, a jelölt a szövegben kiemeli (vastagított betűvel), hogy az elemzett eredmények tükrében mely célokat tűzte ki a vizsgálatokhoz.

A vizsgálati módszerek leírása alapján az elvégzett kísérletek reprodukálhatók. A második fejezet elméleti megfontolásokat és matematikai levezetést is tartalmaz egy alfejezetként. A harmadik fejezet viszont a mérési eredmények alátámasztására tartalmaz elméleti számításokat. A többi fejezettől eltérően a 4. fejezetben az anyagok és módszerek alfejezetet további részfejezetekre bontja és számozza a jelölt. A tartalomjegyzékben viszont nem jelenik meg ez a harmadrendű bontás. Dicséretes módon, az új tudományos eredményeket tartalmazó fejezetek végén egy összefoglaló alfejezet található, melyben pontokba szedve olvashatjuk az elért eredményeket.

Az új tudományos eredményeket és azok meghatározását a szerző a 2., 3. és 4. fejezetben mutatja be. Ezen fejezetek tartalmát a szerző nagy impakt faktorú folyóiratokban publikálta, illetve neves nemzetközi konferenciákon adta elő. Így ezek a fejezetek nagyon értékes, korszerű eszközökkel elért jelentős új eredményeket tartalmaznak.

A második fejezet a rendezett cellulóz nanokristályokból képezhető vékony filmek előállításának paramétereit vizsgálja. A filmképzésnél a nyíró erők mellett időben váltakozó elektromos tér segítségét is igénybe vette a jelölt. Meghatározásra kerültek az elérhető maximális rendezettség (ami 88%) optimális paraméterei, gyenge elektromos tér erősségének és frekvenciájának változtatásával. A 2.6. ábra szemléletesen foglalja össze a cellulóz nanokristályok orientációjának mértékét az alkalmazott elektromos tér intenzitásának és frekvenciájának függvényeként. A szerző kvantummechanikai számításai azt mutatták, hogy segítségükkel a kristályos cellulóz piezoelektromos tenzorának elemei kalkulálhatók.

A harmadik fejezet a rendezett cellulóz nanokristályok piezoelektromos tulajdonságait vizsgálja. Fontos megemlíteni, hogy a jelölt és munkatársai végeztek először piezoelektromos méréseket rendezett cellulóz nanokristályokból felépített vékony filmen, és a mérések relatíve nagy piezoelektromos állandót adtak (A legjobb érték $2,1 \text{ Å/V}$). Ennek a felismerésnek sokrétű gyakorlati alkalmazása remélhető. Az energia átalakítás mindkét irányban lehetséges cellulóz nanokristályokból felépített vékony filmmel. Így a mechanikai energia elektromos energiává alakítható, és megfordítva is. A végelem módszer segítségével a jelölt akusztikus rezonátort és nagyon érzékeny letapogató fejet modellezett cellulóz nanokristályokból felépített vékony film felhasználásával. A 3.5. ábrán hiányoznak a tengelyek feliratai. A mérési eredményeket mutató grafikonok nem egyéges kivitelűek. Ez jól látszik, ha összehasonlítjuk a 3.4. és a 3.6. ábrát.

A negyedik fejezetben a szerző azt vizsgálta, hogy baktériumok által előállított cellulózból milyen eljárással lehet vékony rendezett kristályszerkezetű filmet készíteni. Ennek a cellulóz fajtának a felhasználása azért érdekes, mert nagyon magas a kristályos részarány, viszont a cellulóz nanofibrillák sérülésmentes kinyerése nem egyszerű feladat. Nagy intenzitású ultrahang felhasználásával a jelöltnek sikerült feltárni az optimális defibrillálási körülményeket. A létrehozott baktérium cellulóz filmek tulajdonságait hatékony és modern eszközökkel (pásztázó elektronmikroszkóp, atom-erő mikroszkóp, infravörös spektrofotométer, röntgen diffrakcióméter, termikus- és termogravimetrikus analizáló készülék) vizsgálták meg, hogy meghatározzák az optimális kezelési paramétereket, és a filmek morfológiai valamint termikus tulajdonságait. Az infravörös ATR színeképeken az egyes elnyelési sávok intenzitása nagyon kicsi. Ennek oka lehet, hogy az ATR feltét nem a megfelelő ehhez a vizsgálathoz. Javasolom a diffúz reflexiók feltét alkalmazásának kipróbálását.

A feltárt új tudományos eredmények a rendezett cellulóz nanokristályok tulajdonságainak megismerése területén jelentősek, de az eredmények gyakorlati felhasználása révén új távlatokat nyitnak a miniaturizált eszközök területén, melyek a piezoelektromos vagy az inverz piezoelektromos jelenséget használják.

A dolgozatban leírt eredmények jól alátámasztják a tézisekben megfogalmazott tudományos eredményeket. Mindegyik tézist elfogadom új tudományos eredményként.

A magyar nyelvű tézisleveletből kimaradt az angol nyelvű disszertációban szereplő 4. és 8. tétel.

A disszertáció tudományos eredményeit elegendőnek tartom az MTA doktora cím megszerzéséhez, és a nyilvános védés kitűzését javaslom.

Kérdések:

1. Vannak-e adatok arra, hogy a rendezett cellulóz nanokristályokból készült vékony film piezoelektromos tulajdonságai mennyire tartósak időben?
2. A rendezett cellulóz nanokristályokból készülő eszközök megsemmisítése vagy újra hasznosítása az életciklus végén jelent-e környezeti kockázatot?

Sopron, 2017. január 9.


Tolvaj László
MTA doktora