

VÁLASZ OPPONENSI VÉLEMÉNYRE

OPPONENS:

Dr. Kéki Sándor, DSc

Egyetemi tanár

DOKTORI DOLGOZAT CÍME:

Rendezett cellulóz nanokristályokból felépülő vékony filmek

SZERZŐ:

Csóka Levente (2017)

Tisztelt Professzor Úr!

Köszönettel nyugtázom doktori dolgozatom írásos bírálatának kézhezvételét. Elsősorban az opponensi vélemény pozitív szakmai értékeiért, valamint annak gondos összeállításba fektetett munkájáért szeretném kifejezni őszinte nagyrabecsülésem. A dolgozat kezelhetőségére, szerkesztésre és formájára tett értékelő megjegyzéseit külön megköszönöm. Kritikai és általános észrevételeire, a bírálatban megfogalmazott kérdéseire a lehetőségek szerint a véleményben megfogalmazott sorrendben adnám meg a válaszokat az alábbiak szerint.

Dr. Kéki Sándor szakmai szempontból behatóan elemzi a disszertáció fejezeteit, a probléma megközelítés elméleti és gyakorlati módszereit. Különösen örömmel vettem a dolgozat szerkesztésére vonatkozó észrevételeit, hogy az egyes fejezetek hogyan indulnak és érnek véget. Köszönöm a dolgozatban használt alapanyag környezetbarát és megújuló voltára tett megjegyzéseit és a témaválasztás korszerűségét érintő megfogalmazását. Örömmel nyugtáztam, hogy a 7 darab tézisben megfogalmazott új tudományos eredményeket jelen formában elfogadja.

Az alábbiakban a disszertációval kapcsolatos megjegyzésre szeretnék válaszolni.

Köszönettel fogadtam Bírálom azon véleményét, hogy a 2.21-es és a 3.2.1-es fejezetek egyezősége miatt elegendő lett volna csak egyszer szerepeltetni a dolgozatban. Az egyezőség egyértelmű, a későbbi munkáimban több figyelemmel fogok eljárni és az ismételéseket csökkenteni fogom.

Köszönettel fogadtam Bírálom azon véleményét, hogy a 4. fejezet elején a Wang és mtársai munkájából nem derül ki, hogy milyen megállapításra jutottak, a későbbiekben ezekre a hivatkozásokra nagyobb figyelmet fordítok.

A második fejezet végén található piezoelektromos munka helyet foglalhatott volna a harmadik fejezetben is, de azért került a második fejezet végére, mert több kapcsolatot éreztem a

polarizációs számításokkal, mint a piezoelektromos megállapításokkal. Köszönöm Bírálom ezen észrevételét.

Köszönöm Bírálom 20. oldalon szereplő szövegrész kapcsolatára tett megjegyzésére, ez a rész valóban nem kapcsolódik a dolgozat témájához, sajtóhibaként maradt a dolgozatban, elnézést kérek a hibáért.

A tézisfüzetben ugyan azt a betűnagyságot használtam, mint a dolgozatban, de a nyomdai irkakötés miatt a betű méret jelentősen csökkent, valóban nem fordítottam kellő figyelmet az átnézésére.

Köszönettel fogadtam Bírálom tömören megfogalmazott, negyedik tézispontra tett megjegyzését.

A dolgozatban található helytelen kifejezések és elírással kapcsolatos észrevételeit köszönettel fogadtam, a későbbiekben több figyelmet fordítok a csökkentésükre.

Az alábbiakban a disszertációval kapcsolatos kérdésekre szeretnék válaszolni.

Kérdések:

1. Mivel értelmezhető a 2.2 ábrán (24. oldal) bemutatott $\text{Re}[K(\omega)]$ -frekvencia görbén jelentkező lokális szélsőértékek?

Válaszom:

A lokális szélsőértékek az alkalmazott anyag és őt körülvevő anyagi fázis permittivitás értékeitől függ. Az elektromos tér a cellulóz nanokristályt felépítő C, H és O atomok töltésmozgását, eltolódását és dipólus átrendeződését okozhatja, amit elektromos térerővektorral jellemezhetünk. A közeg megváltozott töltéseloszlását elektromos eltolásvektorral jellemezhetjük, így a két vektor közötti kapcsolatot a közeg permittivitásával írhatjuk le, ami egy szigetelő anyag esetén negatív típusú dielektroforetikus jelleggel bír. A 2.2-es ábra valós értékei az alkalmazott elektromos térerő frekvenciájától függetlenül negatív értékeket vesz, azon belül is minimális a nagyságrendi eltérés, szélső értékei beleolvadnak a kiindulási és végső vizsgált szélső értékek közé.

2. A 24. oldalon bemutatott elektro-rotációs spektrumok hőmérséklet növelésével jelentkező eltolódásában véleményem szerint a viszkozitás hőmérséklet szerinti változásának (csökkenésének) is szerepe lehet. Mi erről a Jelölt véleménye?

Válaszom:

Az eltolódás a permittivitás és vezetőképesség hőmérsékletre gyakorolt inverz hatása miatt következik be, ami a viszkozitás megváltozásával is arányos. Osztom tehát a Bírálom

véleményét a viszkozitással kapcsolatban. Ha a hőmérséklet emelkedik, a molekuláris vonzóerő már nem fog dominálni, a részecskék mozgása korlátlan lesz, és az alkalmazott elektromos térre már nem fognak reagálni. Ezért az alacsony viszkozitású közegben a forgatás nem fog érvényesülni. A modellezés elnyújtott, ellaposodott görbét eredményezett a hőmérséklet hatásának figyelembe vételénél.

3. A 3.4 ábrán (56. oldal) a piezoelektromos állandók meghatározására irányuló kísérletekben miért alkalmazott különböző frekvenciákat (20, 45, 200 Hz)?

Válaszom:

A 3.4 ábrán bemutatott piezoelektromos állandók meghatározásánál azért alkalmaztam különböző frekvenciákat a filmkészítés során, mert a film kristályossága és rendezettségének a növelésével növelhető a piezoelektromos válasz. A különböző frekvencia értékeket a 2.6 ábra alapján választottam, amelyek segítettek az alkalmazott térerővel párhuzamos, illetve arra merőleg rendezettségű filmek létrehozásában. A 3.4 ábrán a rendezett cellulóz nanokristályos film piezoelektromos válaszát ábrázoltam, amelyből kitűnik, hogy a rendezettség növelésével meredekebb egyenest kaphatunk, tehát magasabb piezoelektromos értéket.

4. A rétegvastagság-változása és az alkalmazott elektromos térerő között lineáris összefüggés mutatott ki (3.4. ábra) a Jelölt. Azonban elképzelhető az is, hogy kis térerő nem okoz változást a rétegvastagságban, azaz egy kritikus térerőnél nagyobb térerők esetén növekszik csak a rétegvastagság. Ez azt is jelentheti, hogy a rétegvastagság változást a térerő függvényében leíró egyenesnek nem feltétlenül kell az origóból indulnia, ahogy az a 3.4 ábrán szerepel. Mi erről a felvetésről a Jelölt véleménye.

Válaszom:

Elnézést kérek, ha a 3.4 ábra nem lett egyértelműen értelmezhető. Az ábra függőleges tengelyén nem a rétegvastagságot szerettem volna megjeleníteni, hanem az AFM hegy függőleges elmozdulását az alkalmazott feszültség függvényében. Az atomerő mikroszkóp hegye a film deformációs alakváltozásával arányosan mozdult el, így nulla elmozduláshoz, nulla feszültség kell, hogy tartozzon, ezért kényszerítettem az illesztett egyenest az origóba.

5. Nem egészen világos számomra hogy a $D_{i,j,k}$ értéke miért és miért éppen a szakító szilárdságtól függ (3.1. egyenlet, 58. oldal)?

Válaszom:

Ha egy piezoelektromos anyagot elektromos feszültség alá helyezünk, dimenzionálisan deformálódik, ha mechanikai deformációt hozunk létre, elektromos töltést generál. A mechanikai alakváltozást diszkrét nanokristályokból felépülő filmek esetén a

szakítószilárdsággal lehet legjobban jellemezni, de a szakirodalomban található eredmény egy-egy kristály szilárdságának a meghatározására is. Mivel a feszültség hatására a kristályszerkezet deformálódik, nagy hossz/átmérő (l/d) arányú részecskéknél a deformáció mértékét legkönnyebben a kristályok szakító szilárdságával jellemezhetjük, figyelembe véve a Poisson-tényezőt is. Tapasztalati módszerekkel és számításokkal igazolt elméletek alapján is ezt a szilárdságértéket találták legközelebbinek a jelenség leírása során.

6. A Jelölt által kifejlesztett, nanokristályokból álló vékony filmek előállítására vonatkozó technológia milyen mértékben méretnövelhető, „üzemesíthető”?

Válaszom:

A cellulóz nanokristályokat számtalan vegyipari művelet során felhasználják már, elsősorban mint töltőanyag, viszkozitás szabályozó, diszpergálást növelő szerként, de ismert élelmiszer-adalékanyagként való felhasználása, kozmetikai termékekben, kompozitokban, de önállóan, vékonyfilm létrehozására még nem találtam alkalmazási példát. A filmkészítés technikai (szórás, konvektív nyíróerő, spin coating, Langmuir-Blodgett, Langmuir-Schaeffer eljárások) mind alkalmasak nagy kiterjedésű filmek létrehozására, üzletszerűen végzett tevékenységet azonban még hoztak létre. Véleményem szerint a termék ára jelenti egyelőre a felhasználás elterjedését, de az elmúlt években a világ vezető gazdasági országai sikeresen létrehozták a saját nanokristályos cellulózt előállító üzemeit. Az elsőt Kanadában, azután Japánban, az USA-ban, Németországban, Finnországban – az ismertebbeket említve. Véleményem szerint az elkövetkező években a piacon könnyebben beszerezhető termék indukálni fogja a vékonyfilmek készítését és alkalmazását is.

Válaszaim végére érve tisztelettel megköszönöm Dr. Kéki Sándor professzor úr elkötelezett munkáját, ami az ilyen konstruktív és pozitív opponensi vélemény összeállításához elengedhetetlenül szükséges. Dr. Kéki Sándor kritikai észrevételeit és a kérdésekben rejlő jelzéseket, iránymutatásokat további munkáim során igyekszem majd jól hasznosítani. Egyben külön is megköszönöm támogató javaslatát dolgozatom védelemre bocsátását illetően.

Sopron, 2017.04.21.

Tisztelettel:



Csóka Levente