Bírálat

Kelemen Lóránd:

A kétfotonos polimerizáció fejlesztése és alkalmazása biológiai vizsgálatokban

c. MTA Doktori Értekezéséről

Jelölt „A kétfotonos polimerizáció fejlesztése és alkalmazása biológiai vizsgálatokban” című disszertációban foglalja össze közel két évtizedes kutatómunkája eredményeit. Az értekezés fő fókusza a polimer alapú háromdimenziós mikrostruktúrák készítése ultrarövid lézerimpulzusok kétfotonos abszorpcióján alapuló fotopolimerizáció útján. A téma korszerűségéhez és fontosságához nem fér kétség, a kétfotonos polimerizációs technika a 90-es évek óta rohamléptekkel fejlődik, és számos fontos alkalmazása van a biológia, a mikroszkópia, a mikrofluidika és a mikro-elektro-mechanikai rendszerek területén. Jelölt és kutatótársai a 2000-es évek elején kapcsolódtak be a kutatásba, és számos technológiai és alkalmazási innovációval járultak hozzá annak sikeréhez.

A dolgozat 134 számozott oldalból áll, amiből 25 oldal a téma és a kísérleti technikák bevezetése, 95 oldal a saját eredmények részletes ismertetése és további 14 oldal a rövidítések és hivatkozások jegyzéke. A dolgozat szerkezete jól áttekinthető, szövegezése igényes és pontos, elütéseket, hibákat alig tartalmaz. A saját kutatási eredményeket témakörök szerint 1-1 fejezetben foglalja össze, a fejezet végén az ahhoz kapcsolódó tézispontokba szedett összefoglalóval. A tárgyalt témakörök közül kettő a polimer mikrostruktúrák gyártástechnológiájának fejlesztéséhez kapcsolódik az optikai rendszer és a felületkezelés optimalizációján keresztül, további 4 pedig a technika alkalmazásait tárgyalja fénnyel hajtott mikromechanikai rendszerek készítésére illetve egyedi sejtek mozgásának vizsgálatára, mikroszkópos megfigyelésére és manipulációjára. Jelölt eredményeit a fenti témakörök szerinti csoportosított 16 tézispontban foglalja össze, amelyekhez 22 rangos folyóiratban megjelent cikk kapcsolódik.

A tárgyalt eredmények megértését 75 ábra segíti, amelyek szerkesztése gondos, kivitelezése tetszetős. Az ábrafeliratok részben angol nyelvűek, az ábrákat ismertető szöveg tömör, de érthető.

Kérdések

1. A TPP módszer optimalizálására egy dinamikus fázisfront modulációra alkalmas térbeli fénymodulátort (SLM-et) használ. Az optimalizációnál mennyiben vette

figyelembe a fénymodulátor tökéletlenségeit (pl. járulékos amplitúdó-moduláció, véges kitöltési tényező, diszperzió)?

2. A 4.1 fejezetben a nyalábsokszorozás és a fáziskompenzáció egyidejű végrehajtásáról írja: „Ahhoz, hogy SLM-mel megtöbbszörözött nyalábbal torzulásmentesen polimerizálhassunk, a nyalábokat létrehozó hologramot kombináltuk a korrekciós hologrammal.” Ez a kombináció milyen matematikai műveletnek felel meg, és azt hogyan valósította meg a térbeli fénymodulátoron?
3. A 4.2 fejezetben a szférikus aberrációt leíró (8) egyenletből nem egyértelmű, hogy fázisfront a szakirodalomból ismert r^4 függvényt követi. Hasonlítsa össze a két függvényt és diszkutálja az eredményt!
4. Mi a szerepe a szférikus aberrációt és fókusztolást megvalósító taghoz hozzáadott laterális eltolást létrehozó tagnak?
5. A 6.4. fejezet „Lokális fluoreszcencia erősítés aranyozott polimer mikroszerkezetekkel” bíráló megítélése szerint a dolgozat egyik legértékesebb része. Mérésekkel és számításokkal indokolja, hogy a megfigyelt fluoreszcencia erősítés nem plazmonikus eredetű, hanem a gerjesztő fény interferenciajelenségének következménye. Megvizsgálta-e, hogy hasonló fluoreszcencia erősítés fellép-e olyan minták esetén, ahol a plazmonikus hatás biztosan nincs jelen (pl. dielektrikum minták, vagy rezonanciától távoli hullámhosszak esetén)? Hogy lehetne a kísérlet geometriáját továbbfejleszteni, hogy a plazmonikus erősítés valóban felléphessen?
6. A 6.5. fejezetben „Mobil mikroeszköz felületerősített Raman spektroszkópiához” a standard ezüst nanorészecske bevonathoz képest kb. 1/5 intenzitású SERS spektrumot mértek. Mi lehet az oka a csökkenésnek?
7. A 8.1. fejezetben („Egyedi sejtek többirányú, lokális fluoreszcens gerjesztése”) az egymódusú fényvezető szál bemenetére „4 mikrométer hosszú „tölcsért” polimerizáltunk a becsatolási veszteség csökkentésére.” Kérdés, hogy ez a becsatoló elem mennyivel javította a becsatolás hatásfokát? Végeztek erre mérést vagy szimulációt?
8. Az összefoglalóban szerepel egy utalás egy „mikro-viszkoziméter” fejlesztésére, amely nem szerepel a dolgozat kifejtő részében. Miért?

Összefoglalás

Jelölt minden kétséget kizáróan nagy volumenű és magas minőségű kutatómunkáról ad számot dolgozatában. A disszertáció és a publikációk alapján megállapítható jelölt szerepe a tipikusan kis kutatócsoportban vagy nemzetközi együttműködésben zajló projektekben. Legfontosabb és legnagyobb hatású (100 feletti független hivatkozású) eredményei közvetlenül a mikromegmunkálási technológia fejlesztésére vonatkoznak, de jelentős visszhangja volt az optikailag meghajtott mikro-mozgásokra és a biológiai alkalmazásokra vonatkozó kutatásainak is. Összességében az értekezés jó felépítésű, értékes munkát tükröző mű.

Jelöltnek a tézisekben megfogalmazott eredményeit elfogadom. Megállapítom, hogy azokkal Jelölt érdemben hozzájárult a szakterület fejlődéséhez.

A doktori munka tudományos eredményeit elegendőnek, az értekezést, mint művet alkalmasnak tartom az „MTA doktora” cím megszerzéséhez. Az értekezés nyilvános vitára bocsátását javaslom.

Budapest, 2026. 11. 02.



Koppa Pál

Egyetemi Tanár

BME Atomfizika Tsz.