



Bírálat

Osváth Zoltán

„Grafén alapú hibrid nanoszerkezetek kialakítása és jellemzése”

című MTA doktori értekezéséről

Osváth Zoltán az MTA doktora fokozat elnyerésére benyújtott értekezését egy igen izgalmas területen, az alacsonydimenziós nanoszerkezetek kialakítása és alap- ill. alkalmazott kutatás inspirálta területen készítette. A dolgozat témaválasztása kifejezetten időszerű és szakmailag indokolt. A grafén 2004-es felfedezését követően gyorsan nyilvánvalóvá vált, hogy az anyag kivételes elektronikai, mechanikai és kémiai tulajdonságai új, forradalmi lehetőségeket nyitnak számos területen. A grafénnel kapcsolatos kutatások már a kezdetektől fogva a nemzetközi érdeklődés középpontjába kerültek, és a jelölt ezen korai időszaktól aktívan részt vett a grafénalapú nanoszerkezetek vizsgálatában. Különösen indokolt a grafén és plazmonikus fém nanorészecskék kombinációjára épülő hibrid rendszerek tanulmányozása, mivel ezek egyesítik a grafén stabilitását és kiváló felületi tulajdonságait a fém nanostruktúrák erős optikai és szenzorikai válaszaival. A dolgozat így nemcsak egy divatos anyag vizsgálatát adja, hanem egy tudatosan felépített, hosszú távon is releváns kutatási irány eredményeit foglalja össze.

A jelölt egy hazai, ugyanakkor nemzetközi összehasonlításban is kiemelkedő kutatócsoportban és kutatóközpontban végzi munkáját, ahol világszínvonalú kísérleti infrastruktúra és kiterjedt nemzetközi együttműködések állnak rendelkezésre. A csoport egyben a grafén kutatásának területén ért el úttörő eredményeket, lényegében a felfedezést követően azonnal.

Osváth Zoltán PhD-fokozatát 2006-ban szerezte meg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Természettudományi Karának Fizikai Tudományok Doktori Iskolájában. PhD-dolgozatát Prof. Dr. Biró László Péter, az MTA rendes tagja irányítása mellett készítette. A PhD értekezés témája az egydimenziós szén nanoszerkezetek (szén nanocsövek vizsgálata volt), innen logikus és időszerű volt a témaváltás az eggyel magasabb dimenzió felé. Az azóta eltelt időszakban végzett kutatómunkája egyértelműen önálló kutatói profilt rajzol ki. A grafénalapú hibrid nanoszerkezetek kutatásában elért eredményei mind alapkutatási, mind alkalmazás-orientált szempontból jelentősek.

Az értekezés terjedelme 137 oldal, amely tömören, mégis részleteiben tárgyalja a grafén és plazmonikus fém nanorészecskékből álló hibrid nanoszerkezetek előállítását, jellemzését és alkalmazási lehetőségeit. A bevezető és irodalmi áttekintő fejezetek igen olvasmányosak, megfelelő mélységben ismertetik a grafén fizikai tulajdonságait, a plazmonikus nanorészecskék releváns jelenségeit és a hibrid rendszerek kutatásának nemzetközi állását. Az értekezés 207 irodalmi hivatkozást tartalmaz, amelyek jól demonstrálják a szerző szakirodalmi jártasságát és a téma nemzetközi kontextusának alapos ismeretét. A mintegy 20 oldalnyi bevezetőt és irodalmi ismeretet egy 15 oldalas leírás követi az alkalmazott kísérleti

technikákról (elsősorban pásztázószondás mikroszkópia és felületerősített Raman spektroszkópia), ezt követi a saját eredmények bemutatása és diszkussziója mintegy 60 oldalon.

Az értekezés tudományos tartalma logikusan felépített és módszertanilag megalapozott. A bemutatott kísérleti eredmények világosan elkülönülnek az irodalmi háttértől, és minden esetben egyértelműen azonosíthatók a jelölt önálló hozzájárulásai. Az STM/STS, AFM és Raman-spektroszkópiai módszerek rutinszerű, magas szintű alkalmazása a jelölt kísérleti jártasságát egyértelműen igazolja.

Az értekezéshez 11 tézispont tartozik, amelyek 15 tudományos publikáción alapulnak. E publikációk mindegyikében a jelölt első vagy utolsó szerzőként szerepel, közel fele-fele arányban, ami világosan jelzi az eredményekben betöltött meghatározó, vezető szerepét.

Különösen fontos kiemelni, hogy ezek a publikációk kivétel nélkül a PhD-fokozat megszerzését követően készültek, és tematikailag, módszertanilag is egyértelműen elkülönülnek a korábbi doktori dolgozat anyagától.

Egyetlen apróbb észrevételem van: a bemutatott kísérleti technikák ismertetése mellett én kísérletiként szívesen megismertem volna a fogadóintézmény eszközparkját, milyen eszközök állnak rendelkezésre, ezek paraméterei miben térnek el, vagy miben múlják felül a nemzetközi színvonalat, mi az a hozzáadott érték ami lehetővé tette a kísérletek elvégzését.

Az eredményekkel kapcsolatos kérdéseim:

1. A grafén/fém-nanorészecske alapú rendszerek esetében milyen fő technológiai akadályai vannak jelenleg az ipari léptékű skálázhatóságnak, és melyek tekinthetők elsősorban kutatás-fejlesztési, illetve mérnöki jellegű problémáknak?
2. A grafén stabilizáló és védő szerepe mennyire általánosítható más két-dimenziós anyagokra vagy eltérő fém nanostruktúrákra?
3. A moiré-szerkezetek hatása az értekezésben több helyen megjelenik. Milyen további kísérletekkel lehetne egyértelműbben elkülöníteni a moiré-hatásokat a lokális kémiai környezet hatásaitól?
4. A bemutatott szenzorikai alkalmazások esetében mely paramétereket tartja jelenleg a legkritikusabbnak (érzékenység, szelektivitás, stabilitás), és miért?
5. Az STM/STS mérésekből származó lokális információk hogyan integrálhatók a jövőben eszközszintű tervezési stratégiákba?

Az értekezés terjedelmében, tartalmában és tudományos minőségében egyértelműen teljesíti az MTA doktora fokozatszerzési követelményeit. A dolgozat jól strukturált és nemzetközi mércével is értékelhető tudományos hozzájárulásokat tartalmaz.

Összefoglalva, az értekezést és a téziseket új tudományos eredményeket tartalmazó, értékes munkának tartom, ezért javaslom az értekezés nyilvános vitára bocsátását, valamint a sikeres védést követően az MTA doktora cím odaítélését.

Budapest, 2026. január 28.

A handwritten signature in blue ink, reading "Simon Ferenc". The signature is written in a cursive, flowing style.

Simon Ferenc, az MTA levelező tagja

BME, Fizika Intézet

egyetemi tanár