Válaszok Dr. Cserti József bírálatára

Elsősorban szeretném megköszönni Dr. Cserti Józsefnek az MTA Doktori értekezésem alapos bírálatát, a róla kialakított pozitív véleményét, illetve, hogy felhívta a figyelmem azokra a részeletekre, amelyek további pontosítást, tisztázást igényeltek. A feltett konkrét kérdéseire az alábbi válaszokat adom:

1. A 13.b ábrán rézfólián a CVD grafén növekedésének SEM képe látható. Lehet-e optikai mikroszkóppal is látni, ahogy a SiO2 hordozón lévő grafén pikkelyeket felfedezték?

Réz hordozó esetében egyetlen grafén réteg nem ad elég optikai kontrasztot ahhoz, hogy direkt módon megfigyelhessük optikai mikroszkóppal. A SiO_2 hordozó esetében a jól megválasztott vastagságú oxid fedőrétegben fellépő visszaverődési és interferencia jelenségek erősítik az optikai kontrasztot, ám ezek a réz esetében hiányoznak. Ugyanakkor a gyakorlatban előfordulnak olyan körülmények, amelyek között mégis meg tudjuk különböztetni a grafénnal fedett és üres rézfelületeket, de közvetett módon, például abból adódóan, hogy a grafén fedőréteg megvédi a réz felületét az oxidációtól. Tehát ilyenkor nem közvetlenül a grafén ad optikai kontrasztot, hanem az oxidált és az oxidációtól megvédett réz felület.

2. A 69. oldalon olvasható: „Azonban a kísérletek egyértelműen megmutatták, hogy bizonyos karosszék-élű szalagok valóban fémes jellegűek, vagy nagyon kis tiltott sávval rendelkeznek. míg ennek az oldalnak a végen: Az STM-litográfiával előállított karosszék szalagok tiltott sávja elegendően széles, hogy belőlük szobahőmérsékleten is megbízhatóan működő digitális elektronikai eszközöket hozzanak létre. Nem világos, hogy a fenti két állítás alapján lehet/érdemes vagy nem lehet/nem érdemes ilyen elektronikai eszközt csinálni.

A két kijelentés közti ellentmondást a "bizonyos" szó oldja fel, csak bizonyos karosszék élű szalagok fémesek (vagy csak nagyon keskeny tiltott sávval rendelkeznek). Konkrétabban az összes karosszék élű szalag egyharmada ilyen (közel) fémes jellegű. A másik kétharmad viszont félvezető, és ha megfelelően keskenyek, akkor elég széles lehet a tiltott sávjuk, hogy megbízhatóan működjenek akár szobahőmérsékleten is. Azonban, amennyiben nem szabályozzuk atomi pontossággal a karosszék szalagok szélességét, akkor a hossztengelyük mentén véletlenszerűen kialakulhatnak bennük fémes szakaszok, amelyek határfelületén a töltéshordozók szóródhatnak, lerontva mobilitásukat. Hogy az élrendezetlenség a mobilitás milyen mértékű csökkenéséhez vezethet, annak kiderítésére további szisztematikus elméleti és transzport vizsgálatokra van szükség.

3. *A 70. oldal végén olvasható: Ennek a korrelált állapotnak az a további lenyűgöző jellemzője, hogy az élekre lokalizált töltéshordozók spinjét polarizálja, alapesteben a szalag két élén ellentétes (antiferromágneses) irányban [61]. Felmerül a kérdés, hogy a kölcsönhatás miért polarizálja az élállapotokat, milyen folyamat miatt lehetséges ilyen korrelált állapot létrejötte?*

A spinek mágneses rendeződését akkor várjuk, ha az elektronok közötti kölcsönhatás (U) és az állapotsűrűség szorzata nagyobb egy kritikus értéknél. Ebben az esetben a paramágneses állapot külső tér hiányában is instabillá válik, megbontva az ellentétes spinű elektronok egyensúlyát. Ezt úgy is tekinthetjük, hogy a kölcsönhatások arra törekszenek, hogy a cikcakk szalagokban a Fermi szinten található lapos sávot (nagy állapotsűrűség) megszüntessék, ezáltal csökkentve a rendszer energiáját. Ennek egyik hatékony módja egy tiltott sáv nyitása, ami teljesen lenullázza a töltéssűrűséget a Fermi szinten. A cikcakk élű grafén nanoszalagok esetében ezt az élek

mentén ferromágnesesen, míg a két él között egy antiferromágnesesen csatolt szigetelő állapot létrehozásával oldja meg az elektronrendszer.

4. *A szerzőnek a cikcakk-élű grafén nanoszalagokon kialakuló élmágnességgel kapcsolatos méréseiből kapott gap értéke és ennek szélességfüggése kitűnő egyezésben van az elméleti számolások eredményeivel, melyeket a Hubbard-modell alapján számoltak a csoportban résztvevő elméleti kutatók (lásd a 55. ábrát). Az egyetlen illesztési paraméter, a Coulomb-kölcsönhatást jellemző U (on-site repulsion) mennyiség értéke 3.2 eV, ami benne van a más elméleti számításokból kapott becslési tartományban (2 - 6 eV). Ugyanakkor, nyilvánvaló, hogy U értéke és ezzel együtt a gap nagysága is erősen függ a hordozó anyagától, ezért pontos értéke igen fontos. A [145] hivatkozásban NaCl egyréteg-hordozóra helyezett cikcakk-élű grafén nanoszalagokat tanulmányoztak kísérletileg és elméletileg (ab initio) is, és az eredmények konzisztensek a szerző eredményeivel.*
Felmerül a kérdés, hogy vannak-e más szisztematikus kísérleti/elméleti vizsgálatok arra nézve, hogy hogyan függ a gap értéke a hordozó anyagától, illetve a szalag szélességétől?

A dolgozatban említett tanulmányokon kívül nincs tudomásom szisztematikus vizsgálatokról a hordozó anyagára vonatkozóan. Ez egy elég nehezen megvalósítható, munkaigényes vizsgálat lenne. Továbbá, a gyakorlati esetben nem pusztán a hordozó anyaga, de a tisztasága is jelentősen befolyásolja az általa kifejtett árnyékoló hatást a nanoszalag töltéshordozóira és ezáltal a kialakuló elektronszerkezetre. Általánosan is elmondhatjuk, hogy a 2D kristályok elektronszerkezete függ attól a hordozótól, amelyen elhelyezkednek. A hordozó jellemzően a kölcsönhatások árnyékolása révén fejti ki a hatását. Például saját alagútspektroszkópiai mérések alapján azt találtuk, hogy az egyréteg MoS_2 kristályok tiltott sávja arany hordozón 1,5 eV, míg grafit hordozón 2,2 eV.

Itt jegyzem meg, hogy a 72. oldal elején: "... a harmadik tag a már említett dópolás és véges hőmérséklet hatását veszi figyelembe nagykanonikus sokaságban, állításban a harmadik tag nem a véges hőmérséklet hatását veszi figyelembe. Elvben kanonikus sokaságban is lehetne számolni véges hőmérsékleten. A harmadik tagot az adott dópolás miatt célszerű bevenni a Hamilton-operátorban.

Valóban, pusztán a hőmérséklet hatását kanonikus sokaságban is lehetett volna vizsgálni, de mi a hőmérséklet és a dópolás együttes hatását szerettük volna vizsgálni, amelyhez a nagykanonikus sokság volt a megfelelő választás. Ezért talán nem pontatlan megfogalmazás a 72. oldalon, hogy a harmadik tag a hőmérséklet és a dópolás együttes hatását veszi figyelembe.

5. A jelölt csoportjával együtt egy új, AFM-litográfiás mechanikai hasítási módszert dolgoztak ki, amellyel a grafén éleit jóval pontosabban és szabályosabban lehet kialakítani. Az így létrehozott grafén kvantum-pontkontaktuson végzett transzportmérésekkel sikerült kvantált vezetőképesség-lépcsőpket megfigyelni, amelyre korábban nem volt példa.
A 85. oldalon olvasható: Mágneses térbe (8T) helyezve egy grafén nanohidat (kvantumpontkontaktust), a vezetőképességben észlelt lépcsők e^2/h távolságra követik egymás, azaz ebben az esetben már a spin szerinti degeneráció is felhasad, ahogy azt mágneses térben várjuk. Ez az állítás ellentmond a szerző által idézett [159] cikkben talált eredménnyel, ahol csak $2e^2/h$ lépcsőket találtak. Mi lehet ennek a magyarázta?
Továbbá érdekelne, hogy mi a véleménye a jelöltnek, hogy a módszer alkalmas-e atomi pontos nanoszalag megmunkálásara, ahogyan ez először sikerült a jelöltnek STM-nanolitográfiás eljárással.

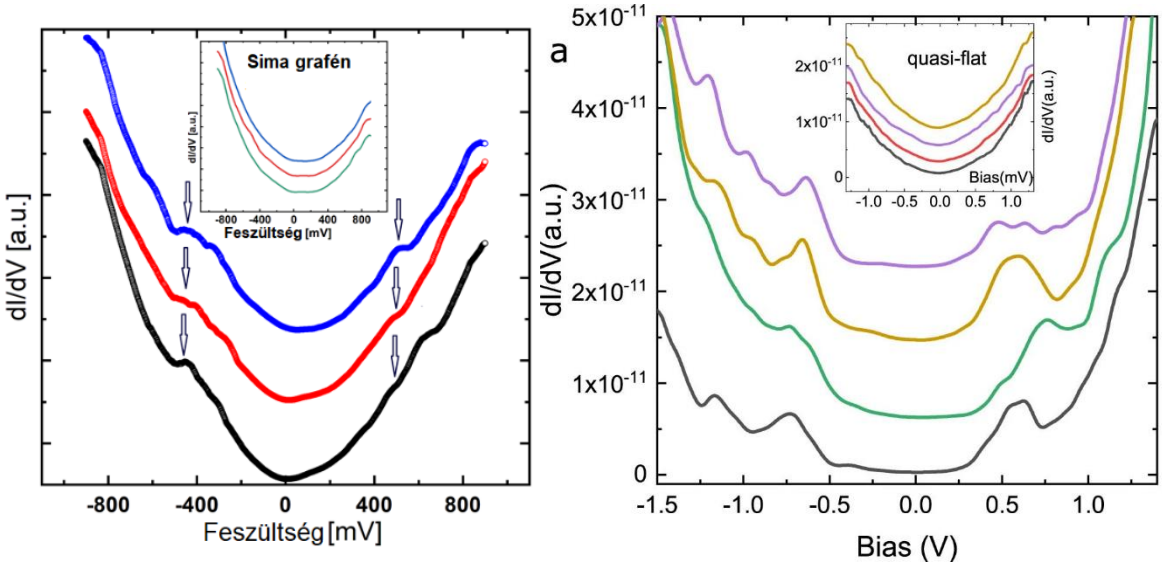
A mért lépcsőmagasság a töltéshordozók elfajultsági fokához köthető. Alapvetően a grafénban egy négyszeres elfajultság jellemezi a töltéshordozókat, kétszeres spin és kétszeres völgy szerinti degeneráció formájában. A spin degenerációt külső mágneses tér segítségével oldhatjuk fel, így a mágneses térbeli mérések esetében a vezetőképesség lépcsők magassága, attól függően, hogy a völgy szerinti degeneráció feloldott-e vagy sem, egy vagy kétszer e^2/h mértékű lehet. A völgy szerinti degenerációt a völgyek közötti szórás oldhatja fel, amely jellemzően atomi szinten éles potenciálokon történik. A mi méréseink azt mutatják, hogy ez a völgy szerinti degeneráció fel van oldva, amely hibákon és a rések élein történő völgyek közötti szóródásnak tulajdonítható. Ezt alátámasztja, hogy külső mágneses tér hiányában is kétszeres vezetőképesség-kvantum lépcsőket látunk, tehát a völgyek szerinti degeneráció itt is fel van oldva (a spin szerinti nyilván nem). Az irodalomban mindkét esetre van példa. A hivatkozott [159] elméleti cikkben, jóval nagyobb mágneses térerősségnél számolták ki a vezetőképesség lépcsőket, mint a méréseinkben használt (8T). Nagy mágneses terek esetében a rendszer kvantum-Hall rezsimbe kerül, elnyomva a töltéshordozók szórását, így a völgy szerinti degeneráció megmaradhat, szemben a kísérleti esettel, ahol a szórások miatt feloldódik.
Ami az AFM megmunkálás pontosságát illeti, jelenleg bizonyosan elmarad az STM litográfia pontosságától. Azonban az általunk kidolgozott módszer, vagyis az AFM-hasításon alapuló módszer elviekben lehetőséget ad rá, hogy akár atomi pontos éleket hozzunk létre, hiszen a kristálytani irányok mechanikai anizotropiája ezt diktálná. Ehhez azonban ki kellenbe küszöbölni az összes olyan zavaró tényezőt, mint például a kristályhibák, gyűrődések, illetve a hordozóhoz való tapadás véletlenszerű mintázatai.

6. Mi az oka, hogy a 73. ábrán látható fázishatárok a Moiré-szuperrácsok fázistérképen nagyon jó közelítéssel egyenes vonalak? Ez számomra meglepő.

Erre egyelőre nincs szemléletes magyarázat, azon túl, hogy ez jött ki a numerikus számolásokból. De az bizonyosnak látszik, hogy nem véletlen eredményről van szó, hiszen az elforgatás szögével ezek a fázishatárok úgy vándorolnak, hogy mindvégig egyenesek maradnak. Az elforgatás szögét növelve a lánc fázis egyre inkább dominánssá válik, egyre nagyobb teret foglal el a fázistérben a konvex és konkáv fázisok kárára, amely során a fázishatárok mozgása két ütemben történik. Először a két fázishatár által bezárt szög változik egészen addig, amíg a két fázishatárt alkotó egyenesek merőlegesek lesznek egymásra. Ezután már fázishatárok transzlációjával nyer újabb területeket a lánc fázis, ám a fázishatárok ekkor is végig egyenesek maradnak.

7. A 83.a ábrán az alagútspektrumokon viszonylag kis vállak/csúcsok láthatók 450 mV feszültség környékén, ellentétben a DFT számolásokkal (83.b ábra). Továbbá a csúcsok nem szimmetrikusan helyezkednek el a zérus feszültségre. Mivel magyarázható ez az eredmény? Van-e más kutatási eredmény, hogy a gyűrődés hogyan változtatja meg a lokális állapotsűrűséget?

A 83. A ábrán készült spektrumokat a levegőn mért alagútáram-feszültség görbék numerikus deriválásával kaptuk meg. Így a jel/zaj arány nem a legjobb, ezért a viszonylag nagyszámú átlagolás miatt a vállak nem emelkednek ki jelentősen, de azért egyértelműen beazonosíthatók. A későbbiekben megmértük ezeket a grafén gyűrődéseket vákuumban és lock-in technikával, amely jelentősen részletgazdagabb spektrumokat eredményezett (lásd alább). Ezek a pontosabb mérések megerősítették a korábbi, a dolgozatban is bemutatott eredményeket.



A bal oldali ábrán levegőn mért spektrumok, míg a jobb oldalon ultranagy vákuumban, lock-in technikával mért spektrumok láthatók grafén gyűrődésken.

A vállak (csúcsok) azért aszimmetrikusak a zérus feszültségre, mert azok a Fermi-szintre szimmetrikusak, a Fermi-szint viszont eltolódott a zérus feszültségről, a kísérleti körülmények között fellépő enyhe *p*-dópolás miatt. Az elméleti eredmények ezt a dópolást nem veszik figyelembe, ezért ott a zérus feszültségre szimmetrikusak a görbék.

A pontosítás érdekében itt jegyezném meg, hogy a gyűrődés miatt megszűnik a periodikus rácsszerkezet, és így nem beszélhetünk a továbbiakban sávszerkezetről, ellentétben azzal az állítással, ami a 83. ábra alatt olvasható.

Ez így van, azonban, hogy mégis mondani tudjunk valamit a kialakuló elektronrendszerről, azzal a közelítéssel élünk, mintha a rács periodikus maradna. Ez a közelítés elfogadhatónak bizonyult, a kísérletekkel talált jó egyezés tükrében.

További kérdésem, hogy 83.a ábrán a három színes görbéhez milyen és mekkora paraméter felel meg?

A 83.a ábra három alagútspektrumát hasonló morfológiájú grafén gyűrődéseken mértük (h/R~0.4), valamint az alagútspektroszkópiai mérések paraméterei is azonosak voltak. A spektrumok függőleges irányban el vannak csúsztatva a jobb láthatóság miatt, a félreértések elkerülése végett ezt szerencsés lett volna feltüntetni az ábrafeliratban.

8. A 85. ábrán a sima és gyűrt grafénre a számított optikai vezetőképességében, a Re(σ) mennyiségben kb. 300 nm-nél látható egy csúcs. Miért itt van a csúcs? Ismeretes, hogy az optikai vezetőképességben a csúcs helye függ a kémiai potenciál nagyságától. Mennyi volt ez a számítások során?

A 300 nm körül látható csúcs 4 - 5 eV körüli energiának felel meg, ami megegyezik a grafén Brillouin-zónájának M nyeregpontjában a vezetési- és vegyértéksáv közötti szeparációval, vagyis az itt végbemenő gerjesztésnek tulajdonítható a csúcs. Ez a csúcs grafit esetében is megjelenik, Elektron-energiaveszteségi spektroszkópiai (EELS) mérések során könnyen kimérhető, vitatható módon gyakran a grafit Pi plazmon csúcsának is nevezik. Az optikai

vezetőképesség számítások során az elméleti kollégák az alagútspektroszkópiai mérésekből kapott, a Fermi szint 100 meV mértékű eltolásának megfelelő dópolással számoltak.

Tisztázó kérdések a szakmai megértéshez:

1. A 30. oldalon a 18. ábrán mik a paraméterek az egyes görbéknél, a szövegben nincs erre utalás.

Az irodalomból (63 hivatkozás) vett 18. ábrán az egyes görbéken feltüntetett F/C (fluor/szén) arány a változtatott paraméter, amely a F atomok koncentrációjára vonatkozik a grafénban, például a F/C = 0.1 paraméter a $CF_{x=0.1}$ összetételű anyagnak felel meg. A könnyebb érthetőség kedvéért hasznos lett volna ezt feltüntetni a képaláírásban.

2. A 34. oldalon a 22.b ábra milyen irányú metszete a baloldali ábrának?

A 22.b ábra egy karosszék élű szalagnak megfelelő sávszerkezetet mutat. Jogos észrevétel, hogy míg a 22.b ábra egy karosszék élű szalag elektronszerkezetét mutatja, addig a 22.a ábrán szintén félvezető szalagot eredményező, de királis iránynak megfelelő egyenesek metszik a Brillouin zónát. Az ábra azt ugyan szemléltetni, hogy amennyiben a metszéspont nem megy keresztül a K pontokon, akkor félvezető szalagot kapunk, de szerencsésebb lett volna a karosszék szalagnak megfelelő irányú metsző egyenesek feltüntetése.

3. A 24.a ábrán mit jelent a Na = 3p + ..., és a 24.b ábrán a Δ paraméterek?

Az *Na* értékek a szalag szélességét kódolják, a karosszék (a - armchair) irányban futó szénatom (dimer) sorok számával. A delta a tiltott sáv szélességét jelenti. Szerencsés lett volna a jelöléseket az ábrafeliratban feloldani.

4. A 69. oldalon az 52.a ábrán szerepel a 3n, 3n+1, 3n+2. Bár sejtem, hogy ezek mit jelentenek, talán szerencsés lenne ezt tisztázni.

Valóban egységesíteni kellett volna a jelölést, ugyanis ugyanazt jelenti, mint az előző kérdésben a 24.a ábrán szereplő, az irodalmból átvett 3p, 3p+1,... jelölés.

5. Nem teljesen értem a 73. oldalon „Egy félig töltött rendszerben a félvezető aFM állapot energiája mindig kisebb, hiszen a vegyértéksáv teteje a Fermi-szint alá kerül.” állítást. Lehetne ezt részletesebben kifejteni vagy megadni egy hivatkozást?

Túl általánosan fogalmaztam a „mindig” kisebb jelzővel. Szerencsésebb lett volna a kijelentést az általunk (és az irodalomban is leggyakrabban) vizsgált esetekre, a Hubbard átalagtér közelítésre és hatszöges rácsokra korlátozni. A konkrét esetben pusztán azt próbáltam szemléletesen magyarázni, hogy amennyiben egy tiltott sáv nyílik, az értelemszerűen csökkenti a betöltött állapotok energiáját, mert a Fermi szinten található állapotok mélyebbre kerülnek a Fermi-szint alá. Mivel az sem kizárható, hogy közben a Fermi-szint is elmozdul a vákuumszinthez képest, nem szerencsés az általánosítás. Annak, hogy aFM állapotról van szó itt csak annyi a relevanciája, hogy a kölcsönhatás nyitja a tiltott sávot, amely így szimmetrikus lesz a Fermi-szintre.

6. Gondolom a 75. oldalon az 56.a. ábrán a kék/piros karikák mérete a mágneses momentum nagyságát reprezentálja? Erre nem találtam utalást a dolgozatban.

Igen, a könnyebb érthetőség kedvéért ezt az ábrafeliratban specifikálnom kellett volna.

7. A 81. oldalon az 59. ábrán mit jelent I_{SD}?

Az S-sel jelölt forrás és a D-vel jelölt nyelő elektróda között folyó áram erősségét (I Source - Drain).

8. *Moiré-szuperrácsok fázisdiagramjának vizsgálatában a jelölt a grafénrétegre és a hordozóra külön-külön a kívánt δg és δh nagyságú, homogén biaxiális deformációt alkalmazta. Mit jelentenek ezek a mennyiségek, hogyan változtathatók a deformáció során?*
A 68. ábrán a δo és δs mennyiségek szerepelnek, gondolom ezek a fenti mennyiségeket jelentik?

Ezeket a deformációs értékeket a teljes relaxálás alatt állandónak tartottunk, mint határfeltételeket (a kezdeti deformációnak megfelelő pozíciókban rögzítettük a cella határait). Ezzel a kísérleti esetben gyakran fellépő külső kényszereket tudtuk szimulálni, azzal a közelítéssel, hogy ezek a vizsgált mérettartományon homogének.

Valóban, a jelölések nem konzisztensek. A g –grafén, h-hordozó a magyar, míg az o- overlayer és s-support az angol elnevezésekből adódik. Természetesen a magyar jelöléseket kellett volna használni mindkét esetben.

9. A 105. oldalon olvasható: „ ... a kémiai kötések kvantummechanikai leírásán alapuló atomisztikus modellt dolgoztunk ki ...”_ Nem találtam utalást arra, hogy ki dolgozta ki ezt a modellt? A [174]-es hivatkozásban nem látok olyan szerzőt, aki a jelölt csoportjában dolgozik.

A hivatkozás nem közvetlenül az értekezésben felhasznált modellt tartalmazza, de annak egy fontos előzménye. Az értekezésben felhasznált modellt, a hivatkozott előzménycikk utolsó szerőzjével, Prof. Traian Dumitrica-val együtt dolgoztuk ki, annak részleteit a vonatkozó [T7] publikációban közöltük, együtt a kísérleti eredményekkel. Az elméleti modellezésben az Ő szerepe volt a döntő, ahogyan az idézett mondat után közvetlenül következő mondatban írtam: „Az elméleti modell technikai részleteit itt nem mutatom be részletesen, mert ennek kidolgozása nem elsősorban az én érdemem. Azt a minnesotai egyetem professzorával, Traian Dumitricaval való szoros együttműködésben valósítottuk meg, a kísérletből származó ötlet alapján.”
Természetes, hogy egy-egy eredményhez gyakran több nélkülözhetetlen összetevő is szükséges, pl. a saját kísérleti eredményeken túl elméleti szimulációk. Ilyen esetekben, ahogy a fenti esetben is, igyekeztem mindig feltüntetni, hogy az adott részfeladatban kinek volt a leginkább meghatározó szerepe.

10. A 14. oldalon szerepel: „A völgyön belüli (intra-valley) visszaszórás csak pszeudospin-átfordulással együtt lehetséges, amihez viszont speciális szórócentrumokra van szükség. Ilyenek lehetnek például a lokális mechanikai feszültség következtében kialakuló, erős pszeudomágneses terek.”
Hasonlóan állítás szerepel a 108. oldalon. A témában kevéssé jártas olvasónak talán nem világos, hogy mit jelent a pszeudo-mágneses tér, mi köze van a grafén mechanikai deformációhoz, illetve hogyan válik védetté a visszaszórási folyamat. Érdemes lenne jobban kifejteni ezt kérdéskör. Később a 113. oldalon szerepel a témával kapcsolatban két, az

irodalomban meghatározó cikkre való hivatkozás ([190,191]). Szerencsés lenne a fenti részekben is hivatkozni ezekre a cikkre.

Egyetértek, szerencsés lett volna már az első említésnél megadni a pszeudo-mágneses terek kialakulására vonatkozó releváns irodalmi hivatkozásokat.

11. A 109. oldalon a 80.a ábra feliratában olvasható: „Topográfiai AFM kép Si/SiO_2 hordozón hőkezeléssel meggyűrt grafénról, amely egy-, két- és többrétegű területeket is tartalmaz." Kérdésem: a szokásos optikai mikroszkóppal detektálták a rétegek számát?

A konkrét esetben az AFM mérésekből határoztuk meg a rétegszámot, amelyet Raman mérésekkel erősítettünk meg. Az optikai mikroszkópos mérések gyorsak, de van némi bizonytalanságuk a rétegszámot illetően.

12. A jelölt az általa kifejlesztett STM, illetve AFM módszerrel a grafén nanométeres pontosságú megmunkálását elsőként valósította meg. Ezeket eredményeket az 1.1 és 1.5 tézispontokban fogalmazta meg. Az érdeklődő olvasónak hasznos lenne összehasonlítani a két eljárást, hangsúlyozni az előnyöket, hátrányokat, a kísérletekben felmerülő nehézségeket. Részletezni, hogy mikor melyik módszer jobb az alkalmazások szempontjából.

Bár a módszerek bemutatásakor igyekeztem leírni előnyeiket és korlátjaikat, valóban egy külön az STM és AFM litográfiás módszer szisztematikus összehasonlításának szánt paragrafus is hasznos lett volna. Tömören, az STM litográfia előnye a pontossága és a létrehozott nanoszerkezeteken helyben (in-situ) végezhető alagútspektroszkópiai mérések a sávszerkezet feltárására. Ez a módszer alkalmasabb az atomi és elektronszerkezet közötti alapvető összefüggések feltárására. Az AFM litográfiás módszer előnye, hogy szigetelő hordozón is működik, így a létrehozott szerkezetek közvetlenül integrálhatók eszközökbe, vagyis az AFM litográfia a demonstrációs eszközök és alkalmazások számára előnyösebb.

Megjegyzések:

1. Itt említeném meg, hogy talán szerencsés lett volna a saját eredményeket ismertető 4. Fejezetben az egyes alfejezetek elején egyértelműen megadni, hogy az irodalmi hivatkozások közül melyek az adott fejezetre vonatkozó saját publikációk. Persze ezek a cikkek a tézisek olvasása után kisebb munkával egyértelműen azonosíthatók. Hasonlóan, itt lehetett volna megemlíteni, hogy a fejezetek mely tézispontokhoz kapcsolódnak.

Köszönöm a megjegyzést, egyetértek vele.

2. *A 90. oldalon olvasható: „ ... ezek elsősorban Szendrő Márton kollégám munkáját képezik._,illetve a 100. oldalon olvasható: _Dr. Süle Péter nevéhez köthetők, segítségével viszont meg tudtuk vizsgálni a relaxált rendszer minden összetevőjét._, és a 112. oldalon olvasható: _... A molekuladinamikai számításokat Dr. Süle Péter kollégám végezte." Az egyértelműség kedvéért meg kellene adni a hivatkozásokat ezekre munkákra.*

Ezek a munkák jellemzően nem külön cikkek formájában kerültek publikálásra, hanem részeit képezték a kísérleti és elméleti eredményeket egyaránt tartalmazó nagyobb ívű publikációknak. Ilyen esetben a részfeladatok elvégzésében legjelentősebb szerepet játszó munkatárs nevét emeltem ki, aki az adott cikkben természetesen társszerző volt, de a szóban forgó elméleti eredményekből külön cikkek nem születtek.

Kisebb elírások:

Köszönöm az észrevételeket.

Budapest, 2023. 02. 08

Tapasztó Levente