Válasz Dr. Sörlei Zsuzsanna bírálatára

Szeretném megköszönni a Bírálónak a dolgozatom bírálatának elkészítését, támogató véleményét és elgondolkodtató kérdéseit.

A feltett kérdésekre a következő válaszokat adom:

1. Milyen volt az alkalmazott 785nm-es félvezető lézer frekvencia-stabilitása és sávszélessége? Milyen fényforrást használt az ultraibolya mérésekhez?

A Raman-mérésekhez használt 785 nm-es lézer a Renishaw cég gyártmánya, és a Renishaw Raman-spektrométer gyári tartozéka volt. A gyártó által adott specifikációk szerint a lézer frekvenciastabilitása <1 cm⁻¹, spektrális sávszélessége pedig 0,5 nm.

Az 325 nm-es ultraibolya gerjesztésű Raman-mérésekhez használt fényforrás egy Kimmon Koha IK-sorozatú hélium-kadmium lézer volt.

2. Mi az oka annak, hogy az aromás prekurzorból növesztett amorf vékonyrétegek látható fénnyel való Raman-szórásos vizsgálatát nem teszi lehetővé a nagy intenzitású és széles spektrumú fotolumineszcencia háttér, ugyanakkor az ionimplantálással készült rétegeknél ez nem jelent akadályt?

A intenzív fotolumineszcencia az aromás prekurzorból növesztett amorf szénszerkezetekben a π -állapotok nagy számával hozható összefüggésbe. Ezek a rétegek eleve π -kötésekkel rendelkező, sp²-hibridizált szénatomok alkotta prekurzorból, benzolból lettek kis ionenergiák mellett növesztve, és a szerkezetben jelentős az épen maradt, szubsztituált és a részlegesen roncsolódott benzolgyűrűk aránya. A π -állapotokat érintő optikai emissziós folyamatok ezeknél a struktúráknál a látható fény tartományába esnek.

Ezzel ellentétben az ionimplantált rétegekben jóval kevesebb az ilyen π -állapotok aránya. Bár ezek miatt a Raman-spektrumban itt is megjelenik fotolumineszcencia, annak intenzitása kisebb a Raman-sávokénál. Az amorf szénszerkezeten és az ionimplantált rétegen látható gerjesztéssel mért nyers, alapvonal-korrekció nélküli spektrumok összehasonlítása (1. ábra) jól mutatja, mennyivel intenzívebb a fotolumineszcencia az a-C:H réteg esetében.



1. ábra: Amorf szénszerkezeten (a-C:H) és ionimplantált rétegen (PET8) látható gerjesztéssel (488 nm) mért nyers, alapvonal-korrekció nélküli spektrumok.

3. Az 5-12. ábra aláírásban az adatok szerint a PET-5 jelölésű minta kapta a legmagasabb dózisú kezelést, viszont a Raman-spektrumok közül a PET-2 jelölésűn látszik leginkább a kiszélesedés és a csúcsok elmosódása. A szöveges magyarázat szerint is a PET-2 kapta a legmagasabb dózist. Hasonló ellentmondás látszik a 785nm hullámhosszon végzett, 5-14. ábrán bemutatott spektrumokon is. Mi a valóság?

A legnagyobb névleges dózist (53,4 keV/PET) valójában a PET5 minta kapta az ábrán feltüntetettek közül, amihez 15 kV-os iongyorsítási feszültség társult. A PET2 minta esetében a dózis 47,4 keV/PET volt, az iongyorsítási feszültség ugyanakkor 30 kV, ami a PET5 mintánál alkalmazottnak a kétszerese. Amint az a 2. ábrán látható, a nagyobb iongyorsítási feszültség miatt az ionok penetrációjának számított mélységi maximuma 200 nm-ről (PET5) 360 nm-re tolódott (PET2). Így bár az amorfizálódás a PET5 mintánál nagyobb, az kisebb mélységbe koncentrálódik. Az ionimplantált réteg nagyobb vastagsága miatt a PET2 esetében kisebb a kezeletlen PET-szerkezet aránya a Raman-gerjesztési térfogatban, ami miatt a PET Raman-sávjai kevésbé láthatók a mért spektrumban.



2. ábra: He-ionok behatolási mélysége polietilén-tereftalátba különböző iongyorsítási feszültségeknél.

4. Mi az oka annak, hogy a gyémánt Raman-csúcsa csak az ultraibolya gerjesztéssel készült spektrumokban látszik az ultrananokristályos rétegekben? (78.0)

Ennek oka a túlnyomórészt sp²-hibridizált szénatomok által alkotott amorf szénfázis és szemcsehatárok nagy aránya az ultrananokristályos gyémánt rétegekben. A rezonáns Ramanszórás miatt a látható fény tartományába eső gerjesztés esetén ezek sávjai elfedik a gyémánt Raman-sávját (a gyémánt Raman-szórása nem rezonáns). Ismert ugyanakkor, hogy egyre nagyobb gerjesztő fotonenergiákat alkalmazva az sp²-hibridizált szénatomok alkotta kötések Raman-szórási hatáskeresztmetszete csökken, az sp³-hibridizált szénatomoké viszont nő. A két hatáskeresztmetszet 5,0 eV gerjesztésnél lesz közel azonos¹. Ezért az ultrananokritályos gyémántokon ultraibolya gerjesztéssel mért Raman-spektrumokban már jól elkülönül a gyémánt Raman-sávja.

¹ A.C. Ferrari, J. Robertson: Raman spectroscopy of amorphous, nanostructured, diamond-like carbon, and nanodiamond, Phil. Trans. R. Soc. Lond. A (2004) 362, 2477–2512.

5. Az 5-39. ábra jobb oldali részén látható alsó három Raman-intenzitás görbe alakja nagyon különbözik az ábrán látható többi görbétől, amelyek a minták felületének különböző pontjain voltak felvéve. Mi lehet ennek az oka?

Az alsó három spektrum a minta egy olyan részén lett rögzítve, ahol az amorf szénfázis jellege jelentősen különbözött a réteg többi részéétől. Míg a többi spektrumban a keskeny sávok alatti széles "háttérnél" jelentős szórási járulék figyelhető meg a D-sáv és a G-sáv tartományában, az alsó három spektrumnál a G-sáv sokkal dominánsabb, a D-sáv pedig jóval kisebb intenzitású. Emellett a G-csúcs ezekben nagyobb hullámszámoknál jelentik meg, mint a fenti spektrumokban. Mindez az amorf szénfázis rendezettebb és grafitosabb jellegére utal a minta ezen részén¹. Az eltérés oka lehet a réteg inhomogenitása: a nanogyémánt vékonyrétegek leválasztása a hordozó felülete fölött kialakított plazmából történt, és a módszerről ismert, hogy a mintatartó közepétől távolodva – főleg kisméretű reaktorokban – változik réteg szerkezete.

Budapest, 2020. szeptember 10.

Veres Miklós