

3. Féléves doktori beszámoló

Szilárdtest felületen kialakított mikro- és nanostruktúrák vizsgálata

Windisch Márk (mark.windisch@ttk.elte.hu)
Anyagtudomány és Szilárdtestfizika PhD program
Témavezetők: Dr. Dankházi Zoltán és Dr. Vida Ádám

Bevezetés

A kutatás lézeres és ionos felületkezelés által szilárdfelületen kialakított mikro/nano méretű periodikus struktúrák kialakítását és vizsgálatát, illetve annak fizikai magyarázatát foglalja magában.

A kutatómunka folytatásaként kisenergiás ionsugaras besugárzás által kialakított periodikus struktúrák anyagszerkezet-változását vizsgáltam különböző spektroszkópai módszerek segítségével. Emellett szilícium egykristály felszínén létrehozott LIPSS-ek (Laser Induced Periodic Surface Structure) felhasználásával kialakított aranyozott hordozó SERS-erősítésének (Surface-enhanced Raman Spectroscopy) további vizsgálatát végeztem el.

Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése

A kisenergiás 2 kV-os fókuszált gallium ionnyalábbal a felület normálisától számított $60^\circ - 80^\circ$ -os szögben fix 10^{17} ion/cm²-es iondózzissal szilícium egykristályon létrehozott periodikus struktúrák morfológiáját és anyagszerkezetét vizsgáltam. A morfológia AFM-es (Atomic Force Microscopy) eredményei alapján a kialakított struktúra hullámhossza (35 nm – 60 nm), illetve a felület durvaságát kvantitatívan leíró rms négyzetes középérték függvény (1 nm – 9 nm) a vizsgált tartományban mindvégig növekedést mutat. A létrehozott periodikus felszín morfológiája mellett a kialakított anyagszerkezet vizsgáltam.

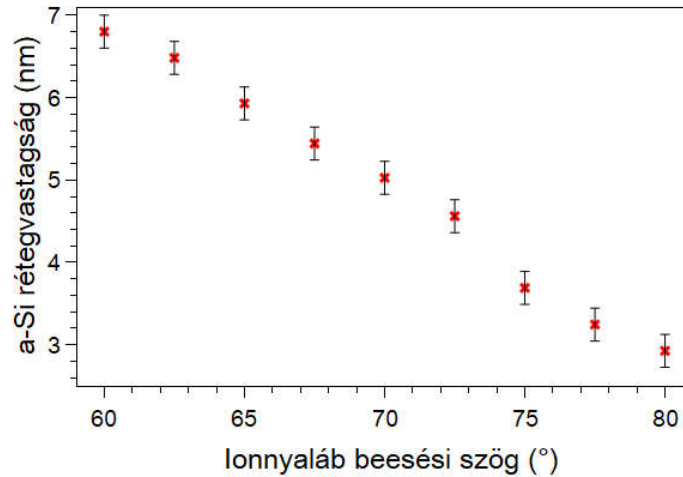
Spektroszkópai ellipszométerrel kapott eredmények alapján a strukturált periodikus réteg, a kiindulási egykristálytól eltérő, amorf jellegű anyagszerkezetet mutat. A felállított effektív médium közelítéssel kapott modell alapján az a-Si réteg vastagsága az ionnyaláb $60^\circ - 80^\circ$ -os beesési szögének függvényében 3 – 7 nm között változik (1. ábra).

Az ellipszométeres mérésekből kapott amorf jelleg növekvő beesési szöggel csökkenő tendenciát mutat. Ennek alátámasztásaként 325 nm-es hullámhosszú UV-lézerfényvel kezdtünk Raman-spektroszkópiás méréseket végrehajtani. A Raman-spektroszkópia kimutatási határát súrolja a vizsgált néhány nm-es a-Si anyagszerkezet, így a méréshez speciális, kisfókusz távolságú lencsét és hosszabb expozíciós időt alkalmaztunk. A mérések kezdeti eredményei alapján sikerült alátámasztani az ellipszometriás mérésekből kapott amorf jelleg rétegvastagságára vonatkozó csökkenő tendenciát.

A kialakított periodikus mintázatok további, optikai vizsgálatához reflexiós méréseket végeztünk. A kapott mérések alapján láthatjuk, hogy a reflexiós görbék az a-Si rétegvastagságának tendenciájával együtt változnak. A reflexiós értékek nagyobb mértékű, 5 % körüli változását a vizsgált 550 nm – 650 nm-es hullámhossznál mértük.

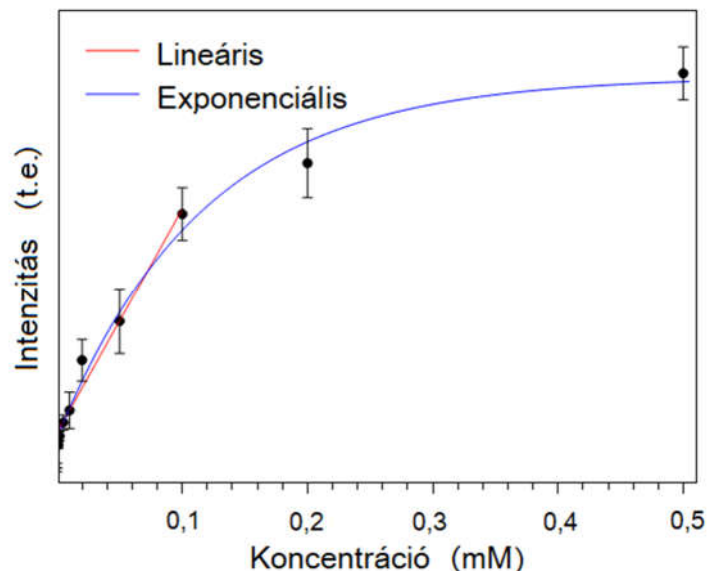
A kísérleti módszerrel kapott eredményeket az ellipszometriás mérésekből kapott modelltől számolt reflexiós görbékkel is összehasonlítottuk. A kísérleti mért és a modell alapján számolt görbék a beesési szöggel, azaz a-Si réteg vastagságával megegyező tendenciát mutattak. A

kísérleti görbék, azok értékeinek relatív 2%-os hibahatárának figyelembevétele mellett megegyeztek a modelltől számolt reflexiókkal. Az összehasonlítás eredménye alapján, feltehetőleg, a felületen lévő néhány 10 nanométeres periodicitással rendelkező morfológia nem befolyásolja a minta reflexiós tulajdonságait.



1. ábra. Kis energiás besugárzások által létrehozott struktúrák spektroszkópai ellipszométerrel mért a-Si rétegvastagsága.

A lézeres felületkezelés során femtoszekundumos lézernyalábbal létrehozott felszín vákuumgözlő segítségével nagy tisztaságú arannyal vontunk be. A kialakított plazmonikus tulajdonságú hordozó SERS-erősítésének vizsgálatát Rodamin B propanolos oldatával folytattuk. A Raman-mérések során megállapítottuk a hordozó vizsgált analitra vonatkozó 10^{-6} M-os kimutatási határát. Továbbá, a hordozó kalibrációs görbéjét mértük ki a vizsgált Rodamin B oldat esetén.



2. ábra. Készített SERS-hordozó Rodamin B-vel felvett kalibrációs görbéje.

A mért kalibrációs görbe felvételével megállapítottuk, hogy a hordozó SERS-erősítése 10^{-6} M – 10^{-4} M koncentráció tartományban linearitást mutat, 10^{-4} M-os feletti koncentráció tartományban pedig a Raman-jelek megjelenését detektáljuk.

Konferenciák az aktuális félévben

8th International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering nemzetközi konferencia

- Előadás tartása „Application of laser surface treatment in surface-enhanced Raman spectroscopy” címmel

A konferencián poszter szekcióban további 4 munkában társszerzőként vettem részt.

Elfogadott publikációk

Acta Materialia Transylvanica folyóirat

- Lézer által létrehozott felületi periodikus struktúrák (LIPSS) alkalmazás orientált felhasználása. Windisch Márk, Maloveczky Anna, Aradi László, Veres Miklós, Fürjes Péter, Vida Ádám

Anyagvizsgálók lapja folyóirat (2022/III. lapszám)

- Lézeres felületkezelés felületerősített Raman-spektroszkópiai alkalmazása. Windisch Márk, Maloveczky Anna, Aradi László, Veres Miklós, Fürjes Péter, Vida Ádám

Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben

A félév során az alábbi kurzusokat végeztem el:

- Tömbi nanoszerkezetű anyagok (FIZ/1/040E)
- Kísérleti módszerek a szilárdtest fizikában I. (FIZ/3/020)

Oktatási tevékenység az aktuális félévben

A félévben az alábbi laboratóriumi foglalkozásokat tartottam meg:

- Alkalmazott Fizikai Módszerek Laboratórium pásztázó elektronmikroszkópos mérései