Vékonyréteg szerkezetek mélységprofil-analízise

Vad Kálmán, Takáts Viktor, Csík Attila, Hakl József MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen, Bem tér 18/C

Langer Gábor Debreceni Egyetem, Szilárdtest Fizika Tanszék, Debrecen, Bem tér 18/B



National Development Agency www.ujszechenyiterv.gov.hu 06 40 638 638





The project is supported by the European Union and co-financed by the European Regional Development Fund. Mélységprofil-analízis: vékonyrétegek, felületi rétegek, határfelületek elemeloszlásainak mélységi feltárása.

Roncsolás mentes mélységprofil-analízis: nincs felületi roncsolás. Az analizálható mélységet (vastagságot) a vizsgáló nyaláb behatolási mélysége határozza meg (AES, XPS).

Roncsolásos mélységprofil-analízis (porlasztáson alapuló analízis) Nagyobb mélységek analízise csak roncsolásos módon végezhető el. Egy meghatározott területen porlasztva a felületet, a felületi összetétel folyamatosan meghatározható, vagy a visszamaradt felületi réteget lehet vizsgálni (AES, XPS, SIMS, SNMS, ISS, GDOES)

Nukleáris nyaláb technika: RBS, PIXE (roncsolás mentes??)



A mélységprofil-analízissel szemben támasztott követelmények

- nanométeres mélységi feloldás biztosítása
- szigetelők, oxidrétegek vizsgálata
- nemcsak laboratóriumi körülmények között előállított vékonyrétegek analízise

Funkcionális vékonyrétegek vizsgálata

Minták: adott célra készülnek (ipari minták)

Az ipari minták felületei

- jobban szennyezettek a laboratóriumi mintáknál
- a felületi durvaság nagy
- a vizsgált minta alakja a vizsgálathoz nem ideális

Kihívás: nanométeres mélységi feloldást biztosítása



Kvantitatív mélységprofil-analízis



Valódi mélység meghatározása a g(z-z') mélység-feloldás függvénnyel.

3)
$$c_x(z') \stackrel{\text{DRF}}{\Longrightarrow} c_x(z)$$

$$I(z)/I_0 = \int_{-\infty}^{+\infty} c_x(z')g(z-z')dz'$$



Mélységfeloldás-függvény



Atomi keveredés –felületi durvaság – információs mélység

"Mixing Roughness Information depth" model, S. Hofmann, Rep. Prog. Phys. 61 (1998) 827.

Atomi keveredés:
$$g_w(z-z') = \frac{1}{w} e^{\frac{-(z-z'+w)}{w}}$$
, ha $z'-w < z$

Felületi durvaság:
$$g_{\sigma}(z-z') = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(z-z')^2}{2\sigma^2}}$$

Információs mélység:
$$g_{\lambda}(z-z') = \frac{1}{\lambda} e^{\frac{-(z'-z)}{\lambda}}$$
, ha $z' > z$

- E ~ 300 eV energiájú Ar⁺ ionok esetén az atomi keveredés < 1 nm, ezért kis energiájú porlasztáskor a porlasztás okozta atomi keveredés nem játszik szerepet.
- Csak a felületből kilépő részecskék detektálásakor az információs mélységnek nincs értelme.



Esetünkben a felületi durvaság a meghatározó paraméter!

Anyagtudományi laboratórium SNMS/SIMS-XPS-LEIS berendezése



A laboratórium kutatási területe:

Felületfizika és vékonyréteg-fizika (nanométer vastagságú filmszerkezetek előállítása és tanulmányozása)

Tudományos műszerparkja:

Elektronspektroszkópiai berendezések Elektronmikroszkópok Röntgen-diffrakciós berendezés Vékonyfilm előállító berendezések elektronsugaras párologtatás, magnetronos porlasztás, ALD SNMS/SIMS-XPS-LEIS berendezés Profilométer



A laboratóriumot a MTA ATOMKI és a DE SZFT közösen birtokolja és üzemelteti!

SIMS/SNMS működési elv



http://www.mta.atomki.hu/SNMS, Vad Kálmán

Mélységprofil-analízist elősegítő modell

Cél: a porlasztás által előidézett zavaró jelenségek figyelembevétele

- A porlasztás által előidézett *felületi összetétel* változás: felületi diffúzió és szegregáció, preferenciális porlasztás, visszaporlódás.
- A porlasztás által előidézett *felületi topográfiai* változás: a porlasztás statisztikai jellegű folyamat, illetve a lokális porlasztási sebességek is változhatnak a felületi tulajdonságok miatt.
- A *felületi durvaság* és a porlasztással létrehozott *kráter alakja* a két legfontosabb tényező, ami a mélységfeloldást meghatározza.



Mélységprofil-analízist elősegítő modell





CVD-vel előállított filmek analízise

GaAs vékonyfilmek Ge szubsztráton



M. Bosi et al. Journal of Crystal Growth 318 (2011) 367.

Hol van a hordozó felülete?

ZnO film GaN hordozón



Mintapreparálás: ALD (Baji Zs. és Lábadi Z, MFA, Budapest).

http://www.mta.atomki.hu/SNMS, Vad Kálmán

Cu/V/Fe rétegszerkezet Si szubsztráton



Cu(35 nm)/V(36 nm)/Fe(7,2 nm)//Si

Cu(35 nm)/V(45 nm)/Fe(4,5 nm)//Si



http://www.mta.atomki.hu/SNMS, Vad Kálmán

ZnO/Al/ZnO vékonyfilm



Mintapreparálás: ALD (Baji Zs. és Lábadi Z, MFA, Budapest).

http://www.mta.atomki.hu/SNMS, Vad Kálmán

dlemki

Következtetések

1.) A felületi durvaság meghatározó szerepet játszik a porlasztáson alapuló mélységprofil-analízisben.

2.) A kidolgozott modell segít eldönteni, hogy a mért elemeloszlást a porlasztás maga idézte elő, vagy más fizikai folyamatok következménye. Ezzel elősegíti a valós fizikai folyamatok tanulmányozását.



Köszönöm a megtisztelő figyelmüket!



TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0036

National Development Agency www.ujszechenyiterv.gov.hu 06 40 638 638





The project is supported by the European Union and co-financed by the European Regional Development Fund.