

san kell oxidmentesíteni, hogy mindenféle szennyezéstől mentes és aktív fémes felület kerülhessen érintkezésbe az ammóniával lúgosított, tioszulfátos vizes mártóezüstöző oldattal. Kimutattuk, hogy a tioszulfátos oldatból a leválasztott ezüst bevonatba ugyanakkor kevés kén is beépült, ami káros lehet az ezüst felületi korróziós átalakulása szempontjából. Hosszabb tárolási idő után emellett még a hordozó réz atomjai is egyre nagyobb arányban voltak detektálhatók az ezüstbevonat felületén, ami önmagában is okozhat fokozottabb felületi elszíneződést a levegővel érintkező vékony ezüstbevonaton.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott kutatómunka a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019 jelű projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] D. Takács, L. Sziráki, T. Török, J. Sólyom, Z. Gácsi, K. G-Solyomos: Effects of pre-treatments on the corrosion properties of electroless Ni-P layers deposited on aluminium AlMg2 alloy. *Surface and Coatings Technology* 201 (2007) 4526–4535.
- [2] www.epectec.com/downloads/surface-finishes.pdf 2013.10.28.
- [3] G. Lassú, Á. Radányi, Z. Gácsi, T. Török: Characterisation and GD-OES investigation of thin tin electroplated copper substrates used in the electronics industry. *Materials Science and Engineering* 39(1) (2014) 41–50.
- [4] S. Hirsch, C. Rosenstein: Immersion plating Metal Finishing 100 (Suppl.1) 2002. 423
- [5] Inaba M.: Tarnishing of Silver: A Short Review *Conservation Journal* 18(1) 1996
- [6] HSC Chemistry 5.0 termodinamikai adatbázis és szoftver; A.

Roine, Outokumpu Research Oy, (2002)

- [7] M. Ramirez, L. Hennekena, S. Virtanen: Oxidation kinetics of thin copper films and wetting behaviour of copper and Organic Solderability Preservatives (OSP) with lead-free solder. *Applied Surface Science* 267 (2011) 6481–6488.
- [8] Fáth R., Bán Gy., Haskó F.: Ezüstözött felületek szulfidálódás elleni védelme. II. Galván Symposium Előadásai, 1966. XII. 13–14. Budapest, GTE kiadványa, 10 oldal
- [9] T. Biestek: Galvanikusan leválasztott, passzívált ezüst bevonatok összehasonlító korróziós vizsgálata. II. Galván Symposium Előadásai, 1966. XII. 13-14. Budapest, GTE kiadványa, 1. oldal
- [10] T. V. Werner: Inhibition of Creep Corrosion Using Plasma Deposited Fluoropolymer Coating, *PCB Magazine*, Jan. 2012

CSIK ATTILA – TAKÁTS VIKTOR – HAKL JÓZSEF – VAD KÁL MÁN – TÓTH JÓZSEF – KÖVÉR LÁSZLÓ – TÖRÖK TAMÁS – KAPTAY GYÖRGY – LÉVAI GÁBOR – KUN ÉVA – SÓS DÁNIEL – GLODÁN GYÖRGYI – SZABÓ MÁTÉ

Ipari minták felületközeleli összetételének vizsgálata tömegspektrometriával

A másodlagos semleges részecske tömegspektrométer (SNMS – Secondary Neutral Mass Spectrometry) alkalmazási körét az adatfeldolgozási módszer fejlesztésével kiterjesztettük a nagy felületi érdességgel jellemezhető ipari minták vizsgálatára. Méréseinkben kontaktredukciós módszerrel leválasztott és tűzihorganyzással készített színes minták felületi oxidrétegeit, rézlemezekre galvanikusan leválasztott ezüst-rétegeket, valamint vegyi nikkelezéssel és mártó aranyozással (ENIG eljárással) készített ipari mintát vizsgáltunk. Az elemkoncentrációk mélységi eloszlásának meghatározásában néhány nanométer nagyságrendű felbontást sikerült elérnünk a néhány 100 µm-es értéket elérő felületi érdesség mellett. A meghatározott felületközeleli mélységi eloszlások alapvető információt szolgáltattak a minták tulajdonságaival kapcsolatos kérdésekre, a mintagyártás technológiájára, valamint az ipari minta rejtett hibáira.

Bevezetés

A modern technológiákban elért fejlődés egyértelmű kapcsolatot mutat a határfelületi tudományokban elért haladással. Ennek oka a határfelületek speciális szerepéből fakad, ugyanis a határfelületek alkotják azo-

kat a kapcsolódási „pontokat”, amelyek az anyag tulajdonságait talán a legdöntőbb mértékben meghatározzák. Így a határfelületek atomi skálájú tulajdonságai határoznak meg számos makroszkópikus jelenséget, mint például az abszorpció, oxidáció, korrózió, tartósság (pl. felületkeményítő

bevonatok), törési mechanizmusok, de említhetnénk akár a mikroelektronikai és orvosi eszközök megbízhatóságát, védőbevonatok tartósságát is [1–3].

A méretek csökkenésével és a vizsgálatok komplexitásának növekedésével a kémiai és fizikai jellemzés-

re szolgáló tradicionális technikákat a fizika legmodernebb eszközei váltották fel. A vizsgált szerkezetek és felületi rétegek, határfelületek összetételének nyomelem szintű mennyiségi leírása alapvető a termékek minősége szempontjából. A részletes ismeret a gyártástechnológia szempontjából döntő jelentőségű előnyt jelent(het) a versenytársakkal szemben.

A határfelületek vizsgálatára számos új módszer alakult ki. Ezek közül talán az egyik legfontosabb csoportot képezik a porlasztáson alapuló módszerek, mivel gyakorlatilag bármilyen szilárd anyag vizsgálatára és akár atomi szintű felbontásra is alkalmasak. A porlasztásos módszerek egyik nagy előnye, hogy lehetővé teszik a minta mélységi szerkezetének vizsgálatát is. Ezt az előnyt azonban hamar elveszíthetjük a felülettől befelé haladva, mivel a felület közelében meglévő mélységi felbontás a porlasztási beállítások és a vizsgált minta tulajdonságaitól függően (elsősorban a kiindulási felület érdességétől függően) fokozatosan romlik.

A következőkben beszámolunk azokról az eredményekről, amelyekben kiterjesztettük az egyik legmodernebb, porlasztáson alapuló ún. másodlagos semleges részecske tömegspektrometria vizsgálati módszert ipari, nagy felületi érdességgel jellemezhető minták mélységi elemeloszlásainak a mérésére [4–5]. A mérések három különböző típusú mintán történtek: tűzihorganyzással bevont vas lemezeken, réz lemezekre galvanikusan leválasztott ezüst rétegeken, nyomtatott áramköri lapkára készített vezető rétegszerkezeten.

Kísérleti eszközök és módszerek

A minták összetételének mélységi analizését az MTA Atommagkutató Intézet Anyagtudományi Laboratóriumában található INA-X típusú másodlagos semleges részecske tömegspektrométerrel (SNMS – Secondary Neutral Mass Spectrometry) vizsgáltuk. Más típusú porlasztáson alapuló módszerekkel szemben, mint például a másodlagos ion tömegspektrometria (SIMS) vagy a ködfénykissüléses optikai emissziós spektrometria (GD-OES), ezzel a technikával extrém alacsony (~0,1 nm/sec) porlasz-

tási sebesség érhető el, mely lehetővé teszi, hogy a néhány nanométeres vastagságú felszíni rétegeket nagy mélységi felbontással vizsgáljuk. A vizsgálatokat egy kvadrupól típusú tömegspektrométerrel 340 atomi tömeg egységig lehet elvégezni. A felület bombázása és a porlasztott részecskék utólagos ionizációja alacsony nyomású elektron ciklotron hullámrezonanciájú (ECWR) argon plazmával történt. A felszíni oxidrétegek miatt az SNMS-t nagyfrekvenciás üzemmódban használtuk. 350 V-os, 100 kHz frekvenciájú porlasztási feszültséget használtunk 80%-os kitöltési tényezővel. A kör alakú vizsgált terület átmérője 3 mm volt, a minta többi részét Ta-maszkkal takartuk ki.

Az SNMS ideálisan alkalmas bármilyen típusú anyag mennyiségi elemanalízisére és az elemkoncentrációk mélységi eloszlásának meghatározására, a szennyezők és adalék-komponensek mélységi eloszlásának feltérképezésére [6]. A megfelelő beállítások mellett (porlasztási paraméterek, minta, tömegspektrométer) a berendezés a vizsgált atomi tömegekre jellemző intenzitásadatokat szolgáltat a porlasztási idő függvényében. Ez a függvény azonban a porlasztási folyamat során lejátszódó jelenségek miatt nem felel meg egy az egyben az elemek eredeti mélységi eloszlásának [7]. A mért intenzitás az eredeti eloszlásnak torzított függvénye lesz, a Δz mélységi felbontás a porlasztási folyamat előrehaladtával kisebb vagy nagyobb mértékben romlik. Ha a porlasztás során lejátszódó fizikai jelenségek egymástól függetlenek, akkor a legegyszerűbb Gauss-közelítést alkalmazva, az egyes jelenségekhez tartozó Δz_i szórások négyzetesen összegződnek, azaz

$$\Delta z = \left(\sum \Delta z_i^2 \right)^{1/2}.$$

A sima, néhány nm-es felületi durvasággal jellemezhető minták esetében az utóbbi összefüggés tipikusan két legfontosabb tagja tapasztalataink szerint az eredeti minta mélységi eloszlásának laterális inhomogenitása és a felszín porlasztási statisztika miatti változása. Ezekre a tapasztalatokra alapozva a porlasztási folyamat egyes lépéseit modellezve kifejlesztettünk és programkeretbe foglaltunk

egy új adatkiértékelési rendszert, amelyet a durvább felületű mintákon kapott adatok értékelésére használtunk. Az értékelés előrefutó (forward calculus) módon zajlik, mely az irodalomban szokásos paramétereken túl figyelembe veszi a porlasztási folyamat során kialakuló kráter alakját, a felületi durvaságot és a porlasztási folyamat alatti felületi topográfia- és összetétel-változást is.

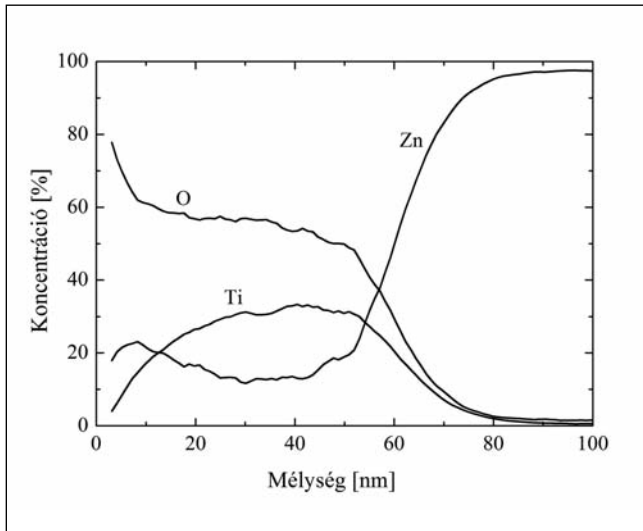
A kiértékeléshez bemenő paraméterként a felületi topográfia adatainak felvételére egy AMBIOS XP-I típusú profilométert (felületi érdességmérőt) használtunk, mely lehetővé teszi a felületek érdességének nanométeres mélységi feloldással történő elemzését és a kiporlasztott kráter mélységének a meghatározását. A profilométert a porlasztási sebesség meghatározására is használtuk.

A tűzihorganyzott minták esetében az átporlasztott felületi réteg vastagságát optikai reflexiós módszerrel határoztuk meg. A reflexiós spektrumokat egy üvegszálal OceanOptics spektrofotométerrel mértük. A forrás és a spektrofotométer 45 fokos szöveget zárt be a minta normálisával, a mért terület 5 mm átmérőjű volt.

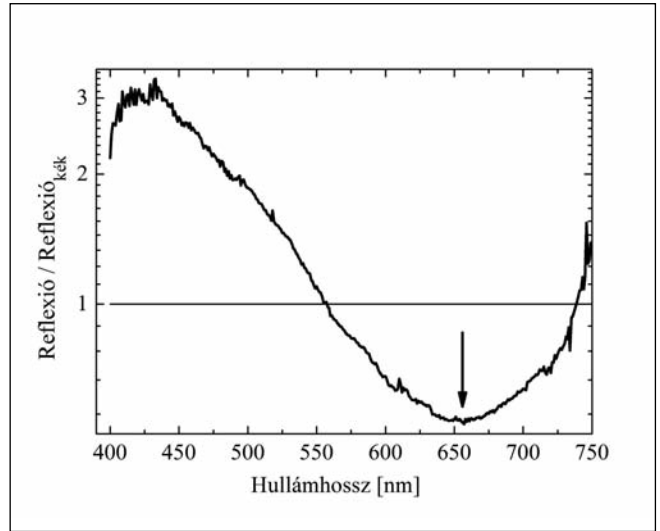
A felületi rétegben mért összetevők kémiai állapotának vizsgálatára röntgen fotoelektron spektroszkópiát (XPS – X-Ray Photoelectron Spectroscopy) használtunk. Az XPS-mérés előtt a felületi réteget néhány másodpercig előporlasztottuk, hogy egy kb. 15-20 nm vastagságú részt eltávolítsunk. Ezzel elérhetővé vált a levegőtől származó, leginkább szénrel szennyezett réteg alatti tiszta oxidréteg vizsgálata. A tisztítási folyamat után ezt a tiszta réteget elemeztük. A mintát az SNMS és XPS berendezés között a közös vákuumtérben mozgattuk, megvédve a már letisztított felületet az esetleges nemkívánatos szennyeződéstől.

Tűzihorganyzott minták vizsgálata

A színesre tűzihorganyzott lemezeket egy laboratóriumi skálájú kísérletso-rozatban állítottuk elő [8–10]. A galvanizáláshoz 99,995% nagytisztaságú SHG minőségű cinket használtunk, ahol a Pb, Cd, Fe, Cu és Al szennyezőkre vonatkozó szennyezési szint szennyezőnként kisebb, mint 10 ppm.



■ 1. ábra. Az oxigén, titán és cink koncentrációinak mélyégi eloszlása a kék mintában



■ 2. ábra. A kék színű minta normált reflexiós spektruma. A nyíl a visszavert spektrumban található minimum helyre mutat

Az ötvözéshez 97,5% tisztaságú titánt használtunk, melynek fő szennyező komponensei: 1,95% Si, 0,21% Al és 0,046% Fe. A Ti ötvözése 600 °C-on történt. Az ötvözés eredményeként 0,15 tömeg%-os Ti-tartalmú horganyt állítottunk elő. A galvanizáláshoz acél hordozónak hidegen hengerelt, alacsony ötvöztartalmú DC01 (EN 1013:2006) lemezt használtunk. A lemeztáblát 80×100 mm-es darabokra vágtuk, és horganyzás előtt megfelelően előkészítettük (zsírtalanítás, öblítés, pácolás, öblítés, fluxolás). Az így előkészített lemezeket 30 másodperces mártási és 10 mm/s kihúzási idővel négy különböző hőmérsékleten galvanizáltuk. A hűtés szobahőmérsékletű levegőn történt. Az eljárás eredményeként a titánnal ötvözött horganyfürdőben a horganyfürdő hőmérséklete függvényében négyfajta színes acélemezt sikerült előállítani. A fémes ezüst a 488±30 °C hőmérséklet-tartományban, a sárga az 541±22 °C hőmérséklet-tartományban, a lila az 574±10 °C hőmérséklet-tartományban és a kék a 600±15 °C hőmérséklet-tartományban alakult ki.

Az 1. ábrán feltüntetettük a kék mintára kapott Ti, O és Zn-re vonatkozó mélyégi elemeloszlás SNMS-profilokat. Az elemek eloszlásából látható, hogy az oxigénkoncentráció a külső felület közelében magas értékről indul. Nagyobb mélységeknél az oxigénkoncentráció értéke meredeken esik, majd beáll egy, az oxidréteget jellemző enyhén csökkenő trendre.

Ez a mintán belüli koncentráció trend a levegőn való hűtés és tárolás alatt állandóan ható oxidáció miatt alakult ki. Az is látható, hogy a titántartalmú oxidos rétegben jelentős mennyiségű cink is található, sőt közvetlenül a felszínen a cink mennyisége meghaladja a titánét. Ez a jelenség arra utal, hogy a minta hűlése és a Ti-eloszlás stabilizálódása alatt és után a cink diffúziós mozgása eredményeként szegregálódhat a felületen.

A mélyégi elemeloszlások felvételéből arra következtethetünk, hogy a tűzhorganyzás hűlési periódusa alatt a titán dúsul a felületen, ahol titán-oxid réteget képez, és ezzel párhuzamosan a felszíni cinkben dúsabb réteg is kialakul. Az 1. ábrán feltüntetett görbékhez hasonló lefutású görbék kaptunk a lila, sárga és szürke minták esetében is.

A minták felülete nagy érdeségű, gyűrött volt. Emiatt a leporlasztott réteg vastagságát, sőt magát az eredeti felület topológiáját sem tudtuk megvizsgálni profilométerrel. Ugyanakkor, mivel a felületi oxidréteg átlátszó, ezért a réteg vastagságát optikai visszaverődési spektrum

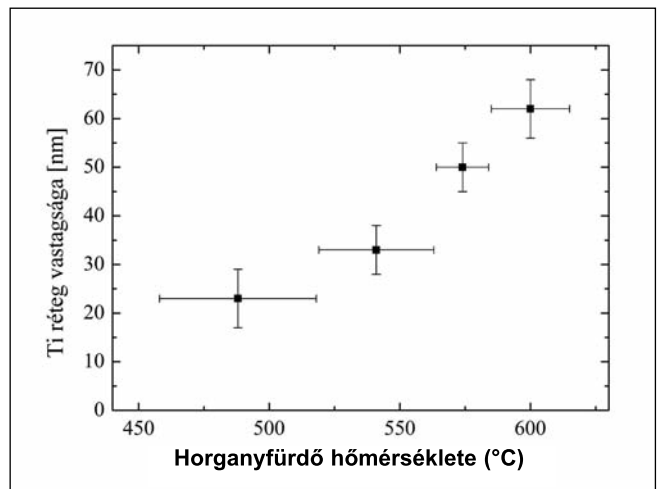
mérése alapján meg lehetett határozni [11]. Egy fém/oxid rétegszerkezet esetében az oxid tetejéről és a fedett fém felszínéről visszaverődő fénynyalábok között destruktív interferencia alakul ki, melynek a minimumhelyeit a fény merőleges beesésénél a következő feltételek írják le:

$$nd = \lambda/4, 3\lambda/4, 5\lambda/4, \dots$$

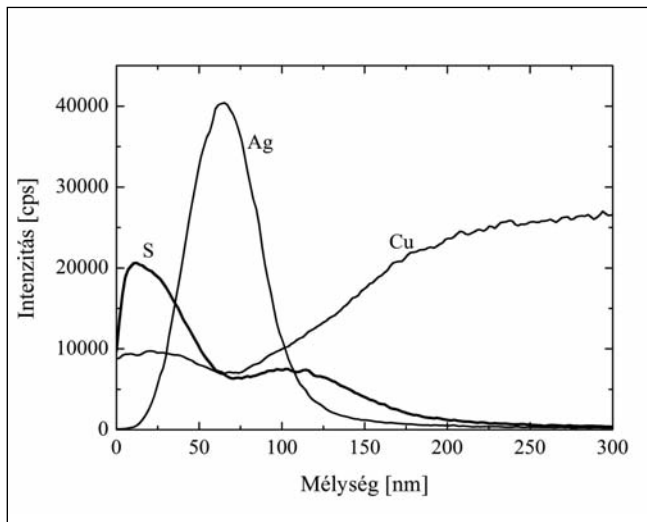
ahol n a törésmutató, d a minta vastagsága és λ a hullámhossz.

Mind a négy minta esetében felvettük a fényreflexiós spektrumot. A zaj csökkentése végett a rögzített spektrumokat az ezüst színű minta adataira normáltuk. A kék minta esetén kapott reflexiós görbét mutatja a 2. ábra.

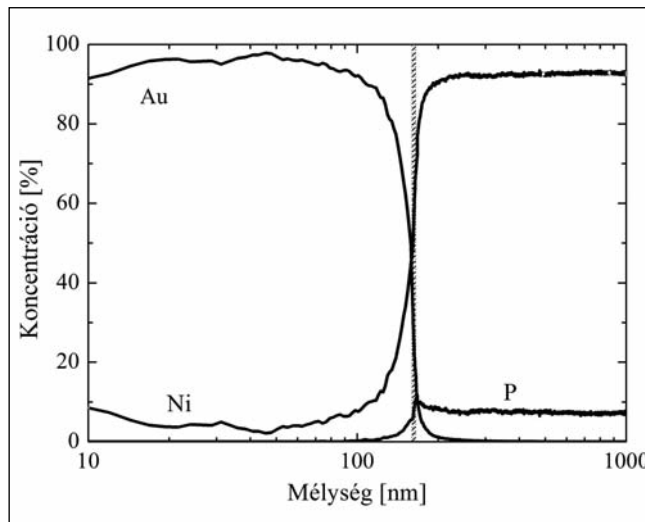
A kék mintára vonatkozó optikai visszaverődési spektrumban a minimum hely a 2. ábráról leolvasható módon 655 nm hullámhosszra esik.



■ 3. ábra. A felszínen kialakuló titánban dús réteg vastagsága a horganyfürdő hőmérséklete függvényében



■ 4. ábra. Galvanizált rézlemez felületén mérhető főbb komponensek mélységi eloszlása



■ 5. ábra. Az Au, Ni és P mélységi eloszlása az ENIG réteg szerkezetében

Mivel a TiO_2 refrakciós indexe $n=2,483-2,57$ közé esik, ezért a legkisebb optikai hossz, ami interferencia révén gyengíti a 655 nm hullámhosszúságú fényt, 126–132 nm (a 6 nm-es bizonytalanság a refrakciós index bemeneti bizonytalanságából adódik). Tekintve a 45 fokos beesési szöveget, ez 60,5-63,5 nm a kék minta oxidréteg-vastagságának felel meg. Az adat jól egyezik az irodalmi adatokkal. Az SNMS spektrumok porlasztási idő/mélység konverzióját az így kapott rétegvastagsági értékkel számoltuk. Az optikai mérés jóságát mutatja, hogy a kapott porlasztási sebességek jól egybeestek a más, hasonló összetételű minták esetében tapasztalt porlasztási sebességekkel.

Az oxidrétegben található titán kémiai állapotát röntgen fotoelektron spektroszkópiával szűrőpróbaszerűen vizsgáltuk két esetben úgy, hogy a mérés előtt egy kb. 15-20 nm vastag felszíni réteget leporlasztottunk. A mérések alapján a titán-oxidban négyértékű a titán, azaz a titán TiO_2 sztöchiometriai állapotban van.

A négy különböző színű mintánál mért titán-rétegvastagságokat foglaltuk össze a 3. ábrán. Látható, hogy a horganyfürdő hőmérsékletének emelkedésével a felszínen a hűlés közben kialakuló Ti-réteg vastagsága a horganyfürdő hőmérsékletének emelkedésével gyorsuló ütemben nő.

Az SNMS-mérések eredményeként megállapítható, hogy a titánnal ötvözött tűzhorgany felületén hármassztruktúra alakul ki: a felszíni,

néhány nm vastag titánt is tartalmazó, de Zn-ben enyhén dúsult oxidréteg, a 20-60 nm vastag titánban dús oxidréteg és a Zn-ben gazdag alapréteg.

Fontos kiemelni, hogy látványosan tükrözik ugyanezt a rétegszerkezetet az alapanyagokban meglévő Al, Si és Fe szennyező elemek a magas hőmérsékleten horganyzott minták esetében. A 0,15%-os Ti ötvözési koncentráció ellenére a mérések eredményei szerint ezek a szennyezők kimutathatók. A kék minta esetében pl. a Si 0,3%-ra, míg az Al 0,2%-ra dúsul a Ti/Zn réteghatáron, miközben az Al koncentrációja kb. 0,1% volt a Ti-ban. Az adatok azt mutatják, hogy a szennyező elemek a titánnal együtt kiválnak a horganyból, de közben részben elválnak a titántól is. A szilícium elválk magától az alumíniumtól is, így a Ti/Zn réteghatár tulajdonképpen kettős szerkezetű. Maga a vas, koncentrációjának a mélység függvényében történő folyamatos emelkedése alapján az acélhordozóból származik. Ezt az eredetet támasztják alá a mintákon elvégzett GD-OES-mérések eredményei is.

Ezüstözött rézfóliák vizsgálata

Az ezüstözött rézmintákat egy töltéscserés, kontaktredukciós leválasztással állítottuk elő [12]. A kutatás célja ennek az ún. mártóezüstöző technikának a fejlesztésén keresztül az ezüst elszíneződését okozó folyamatok, a felület előkészítése és a kezelés közti kapcsolatok tanulmányozása

a mélységi elemeloszlás profilok nano- és mikroskálájú vizsgálatán keresztül. A vizsgálatok során használt minták elkészítéséhez mikroelektronikai tisztaságú rézfóliákat használtunk.

A minták felületi durvasága a 250 nm tartományba esett. A mártóezüstözéssel létrehozott rétegekben magas volt a kén- és a réztartalom, sőt egyes mintáknál a felszínt vastag kéntartalmú réteg borította. A mintákon a vizsgált ezüst vastagsága különböző volt. A vastag ezüstréteg hosszabb mártási időhöz tartozott. SNMS-mérések alapján megállapítható volt, hogy a minták tipikusan kettős, de helyenként hármassztruktúrát is mutatnak, sőt esetenként egy kén/réz/ezüst/réz rétegszerkezet kialakulása is megfigyelhető volt.

A 4. ábrán egy olyan rétegszerkezetre mutatunk példát, ahol a réz már kezd betüremkedni a S/Ag közé, az Ag/Cu határon a kén is nagyobb koncentrációban fordul elő.

Nyomatott áramkörök vizsgálata

Megvizsgáltuk egy nyomtatott áramköri lapka ENIG (Electroless Nickel Immersion Gold) technológiával készített vezető rétegszerkezetét is. Az ENIG ólommentes technológia, sima felületeket ad, nem oxidálódik, jól nedvesíthető, hosszú ideig tárolható és több hőssokkot is kibír. Az ENIG folyamatban a nikkelt az alkatrész és a rézfólia között helyezkedik el. A nikkelréteg jelentős szerepet játszik a

forrasztásos kötés erősségében. Mivel a konkrét áramköri lemezen a felhasználás során nedvesítési problémák léptek fel, ezért a kérdés az volt, hogy utólagos vizsgálattal tudjuk-e lokalizálni a hibaforrást.

A vizsgálat során felvettük az Au, Ni, P, Cu és O elemek mélységi elemeloszlását. Az Au, Ni, P adatsorból kiderült, hogy a nikkelt kibújik a felületre, az aranyhoz viszonyítva 5-10% koncentrációban van jelen (5. ábra).

A Cu és O elemek mélységi eloszlásából az arany és nikkelt rétegek kompaktságára vonatkozó következtetéseket vonhattunk le. A ~150 nm vastag felületi aranyrétegben a Cu 0,1% koncentrációban volt jelen, emellett egyenletesen nagy oxigénkoncentrációt mértünk. Míg a Cu jelenléte az aranyfürdő tisztaságán keresztül a Ni-réteg kompaktságát kérdőjelezte meg, addig az O jelenléte az arany porózus, gázok által átjárható szerkezetére utalt. Ezzel a következtetéssel összhangban az Au/Ni réteghatárnál – azaz a nikkelt réteg felszínén – több oxigén volt található, mint nikkelt. A nikkelt felületén oxidréteg alakult ki, ami miatt az a továbbiakban nem volt nedvesíthető. Az oxigén a nikkelt réteg mélyebb részeibe is eljutott. A levont következtetéseket az elektronmikroszkópos csiszolati vizsgálatok eredményei is megerősítették.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutatómunka a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0019 jelű projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] Holeck, H.: Material selection for hard coatings. *Journal of Vacuum Science & Technology A* 4 (1986) 2661–2672.
- [2] Ye, T. – Suo, Z. – Evans, A. G.: Thin film cracking and the roles of substrate and interface. *International Journal of Solids and Structures* 29 (1992) 2639–648.
- [3] Ajayan, P. M. – Schadler, L. S. – Braun, P. V.: *Nanocomposite Science and Technology*. (2003) Wiley-VCH Verlag, Weinheim
- [4] Oechsner, H.: Recent instrumental developments in surface and thin-film analysis by electron and mass spectrometric techniques. *Applied Surface Science* 70–71 (1993) 250–260.
- [5] Vad, K. – Csik, A. – Langer, G. A.: Secondary neutral mass spectrometry – a powerful technique for quantitative elemental and depth profiling analyses of nanostructures. *Spectroscopy Europe* 21 (2009) 13–16.

- [6] Hoffman, S.: Sputter depth profile analysis of interfaces. *Reports on Progress in Physics* 61 (1998) 827–888.
- [7] Riviere, J. C. – Myhra, S.: *Handbook of Surface and Interface Analysis: Methods for Problem-Solving*. (2009) 2nd ed., Taylor & Francis Groups, LLC
- [8] Lévai G.: Acéllemezek színező tűzhorganyzása cink-titán fémolvadékkal. PhD-értekezés, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2013
- [9] Le, Q. C. – Cui, J. Z.: Investigation on colourisation regularity of colouring hot dip galvanisation processing. *Surface Engineering* 24/1 (2008) 57–62.
- [10] Perez del Pino, A. – Fernandez-Pradas, J. M. – Serra, P. – Morzenza, J. L.: Coloring of titanium through laser oxidation: comparative study with anodizing. *Surface and Coatings Technology* 187 (2004) 106–112.
- [11] Van Gils, A. – Mast, P. – Stijns, E. – Terryn, H.: Colour properties of barrier anodic oxide films on aluminium and titanium studied with total reflectance and spectroscopic ellipsometry. *Surface and Coatings Technology* 185 (2004) 303–310.
- [12] Kun, É. – Török, T. – Sós, D. – Szabó, M. – Csik, A. – Hakl, J. – Vad, K.: Investigation of immersion silver coatings developed on microelectronic-grade copper foils. Kézirat, MultiScience-MicroCAD 2014, Miskolc

SZIRMAI GEORGINA – TÓTH JÓZSEF – TÖRÖK TAMÁS

Alumínium felületállapotának módosítása és XPS-vizsgálata hipofoszfites előkezelés és kémiai nikkelt-foszfor bevonatképzés után

1. Bevezetés

A legtöbb esetben a fémréteg leválasztása előtt a passzív állapotú fémek felületét aktívvá kell tenni, ezt igényli a kémiai nikkelt réteg leválasztásának technikája is [1]. Ehhez kapcsolódóan, gyakran egy megfelelő előkezelési folyamat is szükséges lehet azért, hogy a bevonatrétegek jó adhézióját biztosíthassuk. Az alumí-

nium felületén vékony passzíváló hatású oxidréteg levegőn mindig kialakul. Ilyen passzív réteg eltávolítása után az aktivált felületet gondosan elő kell készíteni a nikkelt-foszfor csírák redukciós leválasztásának/nukleációjának kiváltása érdekében. A kémiai nikkelezés során nátrium-hipofoszfitet alkalmazunk vízdoldható, redukáló adalékként. A felület előkészítése megvalósítható különböző

előkezelő technikák segítségével, amelyek közül egy, az úgynevezett „cinkázás” széleskörűen alkalmazott az iparban. Az előbb említett eljárás során a fémes felületet fedő oxidréteg feloldódik a lúgos cinkátos fürdő hatására, majd egy vékony cinkfilm képződik a felületen, amely megvédi az alumíniumot az újraoxidálódástól. Kémiai nikkelezés során ez a cinkréteg, aktívabb fémes felüle-