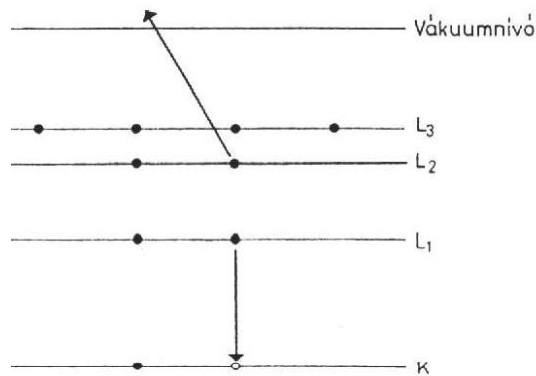


Auger elektron spektroszkópia (AES)

Az AES módszer elve

Pierre Auger francia fizikus röntgensugárzással gerjesztett argon atomok gerjesztési folyamatainak Wilson-féle ködkamrában történő tanulmányozása folyamán fedezte fel a róla elnevezett effektust 1925-ben. Ezt követően csak kb. 40 év után kezdődött el az AES módszer széleskörű gyakorlati felhasználása. Napjainkban az AES módszert elsősorban szilárdtest felületek vizsgálatára alkalmazzák. Ennek folyamán a vizsgálandó felületet valamilyen primer gerjesztés hatásának tesszük ki, ami elsősorban 1-10 keV-os elektronnalábbal való bombázást jelent, de elektromágneses sugárzás vagy ionnyaláb is lehet a gerjesztő hatás. Az ekkor keletkező ún. Auger elektronok energiáinak mérésével lehet a minta összetételét meghatározni.

A vizsgálandó anyagban a primer gerjesztés hatására végbemenő Auger-folyamatot az 1. ábrán szemléltetjük, és az alábbiak szerint értelmezzük.



Egy KL_1L_2 Auger-átmenet sémája

1.ábra

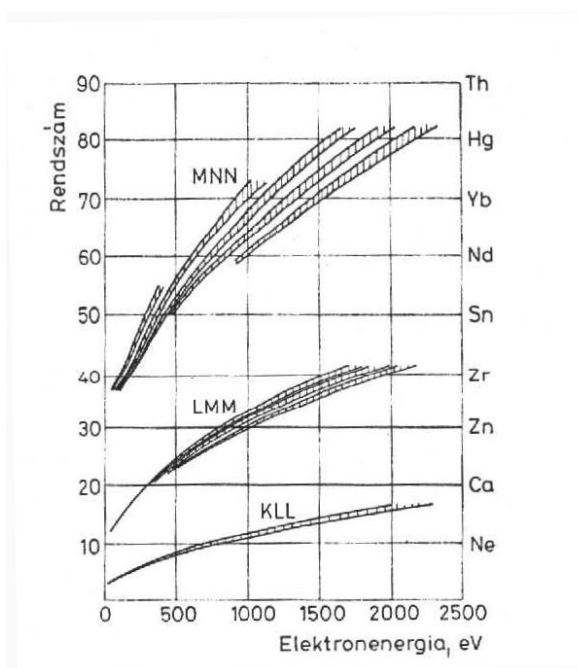
Egy belső, például a K-héjon lévő elektront a primer részecske eltávolít az atomi kötelékből. Az így szabaddá váló energianívóra egy magasabb, például az L₁ nívóról lép be egy elektron. A felszabaduló energiát például az L₂ nívón lévő elektron veszi át, ami egy jól meghatározott, karakterisztikus energiával kilép a felületből. Ezt az elektront nevezzük KL_1L_2 , vagy általánosabban KLL Auger-elektronnak. Itt jegyezzük meg, hogy a gyakorlat számára legfontosabb, nagy elektronhozammal

rendelkező Auger-elektronok esetén az Auger-folyamatban résztvevő második és harmadik elektronhéj egybeesik, így az anyagok zöménél a KLL, LMM vagy MNN Auger-elektronok a leggyakoribbak.

A továbbiakban határozzuk meg, az atomból emittálódó Auger-elektron energiáját nullad rendű közelítésben. Legyenek E_K , E_{L1} és E_{L2} a megfelelő héjakhoz tartozó ionizációs energiák. Amikor az L_1 héjon lévő elektron betölti a K héjon lévő üres helyet $E_K - E_{L1}^*$ energia szabadul. (A csillag felső index azt jelzi, hogy az adott atomi nívó egy gerjesztett atom energia nívója.) Így az L_2 nívóról távozó Auger elektron mozgási energiája:

$$E_{KLL} = E_K - E_{L1}^* - E_{L2}^*$$

Nullad rendű közelítésben az egyes ionizációs energiákat az adott atomi nívók energiáival azonosíthatjuk. Azonban ez nem veszi figyelembe, hogy az Auger folyamatban egyszeresen és kétszeresen ionizált állapotú atomok szerepelnek, továbbá azt sem hogy az elektronok szilárd testből származnak. Mindezeket figyelembe vevő számítások bonyolultak, viszont kísérletileg jól kimérhetőek az egyes elemekre jellemző Auger átmenetek energiái. Ezekről ad áttekintést a 2. ábra.



2. ábra: Fontosabb Auger energiák

Megjegyezzük még, hogy ha az Auger-átmenetben a valencia-sáv is részt vesz, akkor az Auger elektron energiák, illetve ezek eltolódásainak mérésével következtetéseket lehet levonni a mintát alkotó atomok kötésviszonyairól is.

AES berendezések felépítése

Az AES mérések ultravákuum körülményeket igényelnek. Erről a felületanalitikai mérési módszerek általános bevezetőjében beszeltünk. Az AES berendezések két fő egysége a primer elektron forrás és az energia analizátor a detektorral.

Primer elektron forrás

Auger elektronokat többféle módon is ki lehet váltani, például röntgen sugárzással, elektron vagy ionbombázással. Gyakorlatban azonban az elektronbombázásos gerjesztés terjedt el. Ennek fő előnye, hogy viszonylag könnyű és olcsó létrehozni megfelelő energiájú és intenzitású elektronokat. Az elektronsugár elektrosztatikusan jól fókuszálható és mozgatható. Jól fókuszált elektronnyaláb esetén a minta szekunder elektron képét is elő lehet állítani, ami lehetővé teszi a minta tetszőleges pontjának kémiai analizisét. Hasonló módon így arra is van mód, hogy elemeloszlás térképet is vegyünk fel. Az ilyen berendezések szokásos elnevezése SAM (Scanning Auger Microprobe). Az Auger berendezésekben használt ionágyúk általában 0-10 keV energiájú elektronok előállítására alkalmasak. Általában 3-5 keV energiájú elektronokkal lehet a legnagyobb intenzitású Auger áramot gerjeszteni, de a jobb fókuszálhatóság érdekében sokszor nagyobb energiákat is használnak. A gerjesztő nyaláb intenzitása a megfelelő érzékenység elérése érdekében 10^{-6} - 10^{-9} A kell legyen.

Energia analizátor

Az elektronok energia szerinti analizisét elektrosztatikus eltérítésű analizátorokkal lehet elvégezni. Az analizátorban az elektromos tér az elektronokat mozgási energiájuk függvényében más és más pályára kényszeríti, és ez teszi lehetővé szeparációjukat. Az energiafelbontást (tehát azt, hogy milyen energiakülönbségű elektronokat tudunk egymástól elkülöníteni) az analizátor típusa és műszaki paraméterei (pl. mérete) határozzák meg.

Gyakran használják a CMA (hengeres tükör) analizátorokat, melyekben az elektronok szétválasztása két koaxiális henger közötti logaritmikus elektromos térben zajlik. CMA-val jó intenzitású, de gyengébb felbontású spektrumok vehetők fel. A CMA-nál a minta elhelyezésére szigorú geometriai megszorítások vonatkoznak.

A koncentrikus félgömb (vagy hemiszférikus) analizátorok (CHA) jobb felbontást ad az elérhető intenzitás viszont romlik.

Az energia analizátoron másodpercenként $<10^6$ elektron jut át. Ilyen kis áramok ($<10^{-13}$ A) detektálásához elektronsokszorozókat (manapság ugynevezett channeltronokat) alkalmaznak. Ezekkel $\sim 10^7$ -szeres erősítést lehet elérni.

Az AES méréseknél használt készülék műszaki adatai

A laborméréseket a BME Atomfizika Tanszékén található berendezésen végezzük. A Budapesti Műszaki Egyetem Atomfizika Tanszékének Felületfizikai Laboratóriumában egy VG Microtech gyártmányú XPS-SAM komplex felületanalitikai nagyműszer működik, melyben XPS és Auger elektron spektroszkópiái vizsgálatok is végezhetőek.

A berendezésben használt elektronágyú VG Microtech gyártmányú, típusa: LEG200. Minimális nyílátmérő: 200nm, energia tartomány: 0-10keV, maximális áram: 3 μ A.

Az elektron energia analizátor egy CLAM 2 típusú, VG gyártmányú, csonkított hemiszférikus, 180°-os szektoranalizátor. A hozzá kapcsolódó detektor 10^6 - 10^8 -szoros erősítésű channeltron.

A minták szekunder elektron képét egy szcintillációs számláló segítségével lehet előállítani. A minta felületéről kilépő elektronok (kinetikus energiájuktól függetlenül) egy a vákuumtérbe merülő olyan bevonattal ellátott felületbe ütköznek, melyben fényfelvillanásokat okoznak. A fényfelvillanásokat fotoelektron-sokszorozóval detektáljuk. Az így keletkező jelet szinkronba hozzuk a primer elektron-forrás pásztázásával. A keletkező kép különböző fényességű területei a minta megfelelő részeiről kilépő elektronok számát jellemzi.

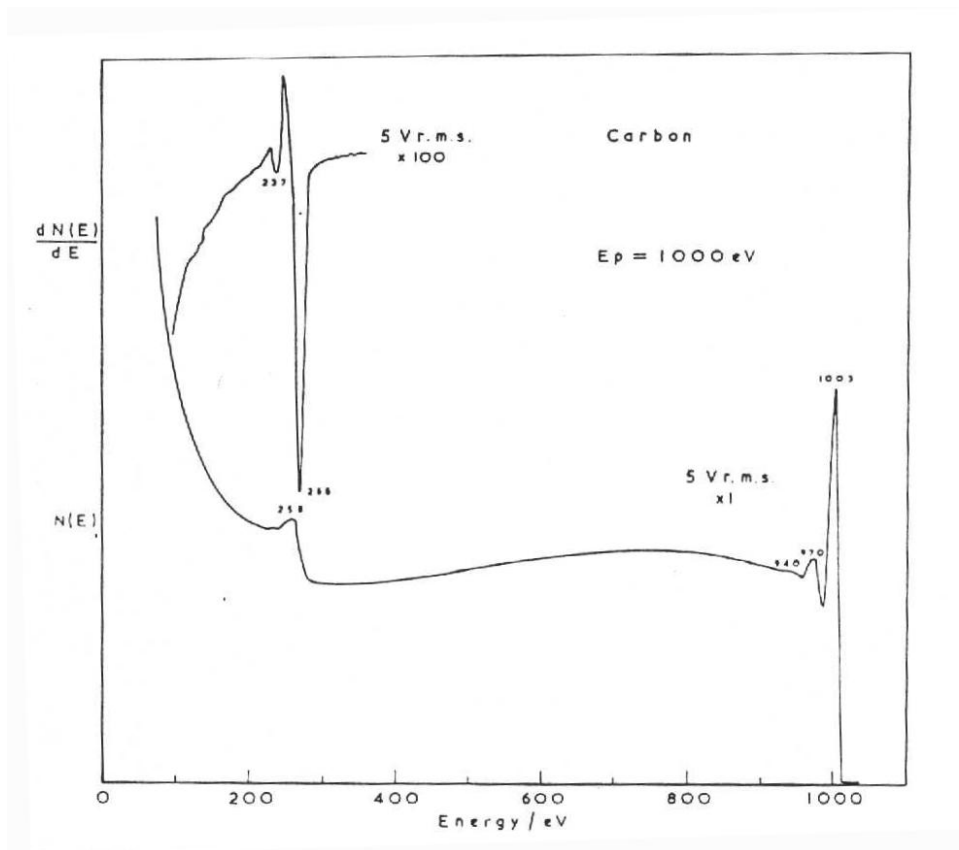
A minták felületének in-situ tisztításához az Atomfizika Tanszéken fejlesztett, differenciálisan szívott, elektronütközéses argon ionágyút használunk. A tipikus porlasztó ionáram 1-1.5 μ A, a porlasztott terület nagysága ionoptika segítségével 1x1-től 5x5mm-ig változtatható.

Az analitikai kamrában a vákuumot egy VEB HD EGZ 250.8 iongetter- és egy Edwards gyártmányú EXT 250 turbomolekuláris szivattyú biztosítja. Az iongetter szivattyú szívássebessége levegőre 560l/s, argonra 152l/s. A turbomolekuláris szivattyú szívássebessége nitrogénre 240l/sec, nemesgázokra 250l/sec. A mérési pozíció megfelelő megválasztását a mintatartó manipulátor teszi lehetővé, amely a 3 térbeli irányban (x,y és z mentén) elmozdítható, és a tartószerkezet vákuumtérbe benyúló tengelye körül elforgatható. A beállítás az x,y,z tengelyeken 0,01mm-, a forgatásnál 1° pontossággal kivitelezhető. A minták in-situ 1000°C-ig fűthetőek. A mintákat egy EXT 250 típusú turbomolekuláris szivattyúval szívott zsilipkamrán keresztül juttatjuk az analitikai kamrába.

A mérés-adatgyűjtés a VGX900 nevű szoftver segítségével automatizált. A detektorok által észlelt jelet megfelelő erősítés után a számítógép regisztrálja. A számítógép lépteti megadott diszkrét értékekkel a spektrométer energia-analizátorát, és lépésenként tárolja a jelintenzitást. A program rendelkezik adatfeldolgozási funkciókkal is.

AES spektrumok és kiértékelésük.

A 3. ábrán szén mintán mért szekunder elektron eloszlás látható az energia függvényében. A mérés során a gerjesztő primer elektronok energiája 1000 eV volt. A spektrumon ennél az energiánál jelentkező nagy csúcs a rugalmasan visszaszórt elektronok következménye. A direkt spektrumon ($N(E)$) jól látható, hogy az Auger csúcsok egy igen nagy háttéren ülnek. Ez az Auger mérések nagy problémája. Ettől a folytonos lassan változó háttértől deriválással szabadulhatunk meg. A 3. ábrán a $dN(E)/dE$ görbén már jól meghatározható helyen jelentkezik a C (KLL) csúcsa és a jel



3. ábra: Mért direkt ($N(E)$) és derivált elektron eloszlás az energia függvényében.

csúcstól csúcsig mért értéke is könnyen mérhető. A gyakorlatban az Auger csúcs nagyságát ezen csúcstól csúcsig mért távolsággal adjuk meg. Manapság az $N(E)$ direkt spektrumból a $dN(E)/dE$ spektrumot számítógéppel numerikus deriválással határozzák meg.

Kvalitatív analízis

Igen sok esetben csak arra van szükségünk, hogy eldöntsük egy adott felületen bizonyos kezelések, eljárások után van-e valamilyen elem. Ezekben az esetekben csak az a feladat, hogy elegendően széles energia tartományban nagy érzékenységgel vegyünk fel Auger elektron spektrumokat. A mért csúcsokat azonosítva a rendelkezésre álló energia táblázatok segítségével megválaszolható a kérdés, hogy az adott elem kimutathatósági határánál nagyobb koncentrációban milyen elemek vannak a felületen.

A SAM berendezésekkel vizsgálható és megjeleníthető egy adott elem felületi eloszlásképe is, ami különösen korróziós, katalitikus vagy szemcsehatár

vizsgálatoknál nagy jelentőségű. Egy másik fontos információ egy adott elem mélységi eloszlásgörbéjének a felvétele, amire az AES berendezés porlasztásos üzemmódja ad lehetőséget. Ez főleg többrétegű szerkezeteknél, szegregációs vagy diffúziós vizsgálatoknál fontos.

Kvantitatív analízis

Egy AES mérésből nyerhető közvetlen információ a detektált elemek Auger elektron árama. Az i . elem WXY Auger átmeneténél ez az Auger elektronáram (vagy intenzitás) a következő egyszerűsített alakban adható meg:

$$I_i(WXZ) = I_p \cdot P_i(WXY) \cdot \sigma_i(E_p, E_W) \cdot \lambda_i(E_A) \cdot R(E_p) \cdot T(E_A) \cdot N \cdot X_i$$

ahol I_p a primer elektronáram erőssége és E_p a primer elektronok energiája, E_W és E_A a W atomi nívó ionizációs energiája illetve az Auger energia (az adott Auger átmenetből származó elektronok kinetikus energiája). $P_i(WXY)$ annak a valószínűsége, hogy a gerjesztett atomnak a W-héj ionizációja után WXY típusú Auger-folyamata következik be, $\sigma_i(E_W)$ a W-héj ionizációs hatáskeresztmetszete, $\lambda_i(E_A)$ az i . elemből kilépő elektron közepes szabad úthossza, $R(E_p)$ az elektron visszaszórási tényező, $T(E_A)$ a berendezés transzmissziós együtthatója, N az analizált anyagban lévő atomsűrűség és X_i az i . elem koncentrációja (atomtörtben).

Megjegyezzük, hogy a kémiai környezet hatását beleértettük az egyes paraméterek értékeibe. Általában elmondható, hogy a fenti összefüggésben szereplő tényezők a kísérleti körülményeknek és a mátrix-környezetnek bonyolult függvényei, és a mennyiségek utáni zárójelben csak a legfontosabb paraméterek szerepelnek azok közül, amelyektől ezek a mennyiségek függenek.

A mérésekből nyerhető egyik legfontosabb információ az X_i elemkoncentráció. Ennek megállapítására az ad lehetőséget, hogy a (differenciális) energiaspektrum Auger-csúcsainak csúcstól-csúcsig mért nagysága jó közelítéssel arányos az Auger elektronok intenzitásával, ezzel viszont arányos az illető elem koncentrációja. A fenti összefüggésben célszerű bevezetni s_i érzékenységi faktornak nevezett mennyiséget, ekkor:

$$I_i(WXZ) = I_p \cdot s_i \cdot N \cdot X_i \quad (*)$$

Mint láttuk s_i nagyon sok, néha csak nagy bizonytalansággal számolható, mennyiségtől függ. Azonban néhány megszorító feltételezés bevezetésével bizonyos

mintatípusoknál a mennyiségi meghatározás módja leegyszerűsíthető. Így eltekintünk a felületi érdesség befolyásoló szerepétől. (Az ebből származó hibát polírozott, vagy sík szemcsehatár felületek előállításával, illetőleg forgatható mintatartó alkalmazásával lehet csökkenteni.) Továbbá figyelembe vesszük, hogy a nem kifejezetten kémiai vegyületeknél a mátrix környezet elsősorban az elemek legkülső elektronhéjainak energiaviszonyait befolyásolja, és a mélynívókra gyakorolt hatása sokkal kisebb jelentőségű. (Így a kiértékelésnél csak azokat az energia csúcsokat használjuk fel, amelyeknek kialakításában a mélynívók vesznek részt.). Az s_i mátrix függése még tovább csökkenthető, ha relatív érzékenységi tényezőkkel (RSF) dolgozunk, azaz egy önkényesen megválasztott anyag (általában ezüst) érzékenységi faktorához viszonyítjuk ($S_i = s_i / s_{Ag}$). Egy adott berendezés típusra valamennyi tiszta anyag relatív érzékenységi tényezője kimérhető és a fent ismertetett feltételek teljesülése esetén jó közelítéssel használható ismeretlen összetételű anyagokra is. (*) összefüggésből az adott elem koncentrációja (atomtörtben) kifejezve:

$$X_i = \frac{I_i(WXY)/s_i}{\sum_k I_k(WXY)/s_k}$$

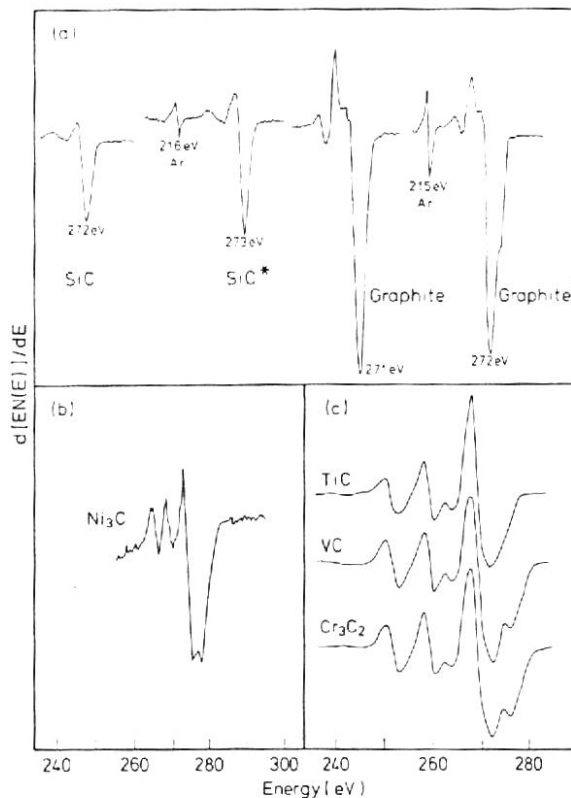
ahol a k szerinti összegzés a minta összes detektálható elemére terjed ki. Végigosztva a számlálót is és a nevezőt is s_{Ag} -vel:

$$X_i = \frac{I_i(WXY)/S_i}{\sum_k I_k(WXY)/S_k}$$

Ez az összefüggés 10-15% pontossággal alkalmazható nem kémiai vegyületek összetételének meghatározására. A módszer érzékenysége 1-5 at%, ami egyéb kémiai analízissel összehasonlítva igen szerénynek tűnhet. Azonban vegyük figyelembe, hogy az a térfogat amiből az információ származik néhány tized nm vastag réteg, közepesen jól fókuszált primer elektronnyaláb (átmérő: $\sim 1\mu$) esetében, $\sim 10^{-8} \text{cm}^2$ területű tartományából. Az atomi sűrűséget 10^{23}atom/cm^3 -nek véve 1% érzékenységgel számolva ez néhányszor 10^4 atom kimutatását jelenti.

Kötésállapot kimutatása

Az Auger mérésekből nyerhető másik fontos információ a kémiai kötésviszonyokra levonható következtetés. Erre az ad lehetőséget, hogy a különböző kémiai környezet



4. ábra: Különböző kémiai kötésből származó C KLL derivált Auger elektron csúcs. SiC-on és grafiton mérve ion porlasztás előtt és után (a), különböző fémkarbidok összehasonlítása (b).

különböző mértékű változásokat hozhat létre az Auger-elektronenergia csúcsok helyében és alakjában. Ez az eltolódás különösen szignifikáns a kis energiájú Auger-elektronenergia csúcsoknál, amelyekhez tartozó átmenetekben a vegyértéksáv is részt vesz.

Mérési feladatok

A mérendő minták bezsilipelése az analitikai kamrába a gyakorlat megkezdése előtt már megtörténik. Az ionporlasztásos mérésekhez szükség van a turbomolekuláris szivattyú működtetésére, mivel a nemesgázokat az iongetter szivattyú nem jól szívja. Ezt a szivattyút szintén elindítjuk a gyakorlat megkezdése előtt.

Mielőtt megkezdjük a méréseket meg kell győződni róla, hogy elegendően jó vákuum van a kamrában ($<10^{-8}$ mbar). Megmérjük az ionizációs vákuummérővel. A mintát mérőpozícióba helyezzük. (A mérésvezető megadja az aktuális x, y, z valamint szög értékeket.)

Bekapcsoljuk a számítógépet, elindítjuk az adatgyűjtő programot (XPS). A Set menüpontban betöltjük a SIO2AES.REG régió adatokat.

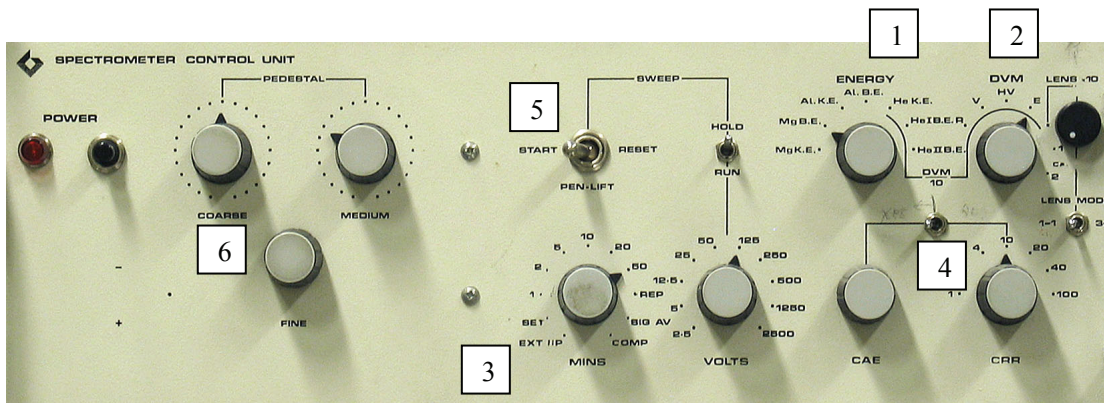
Bekapcsoljuk az „ENERGY DISPLAY” és a „LENS POWERSUPPLY” elektromos egységek főkapcsolóját. (Ezek segítségével tudjuk leolvasni az energia analizátoron átjutó elektronok aktuális energiáját.) Bekapcsoljuk a „SPECTROMETER CONTROL UNIT” egységet a POWER feliratú gombbal (ld.: 5a. ábra). Ezzel az egységgel tudjuk beállítani manuálisan az energia analizátor által átengedett elektron energia értékeket (ld.: 6 jelű beállítók). Ha az 1 jelű kapcsolót MgK.E. állásba és a 2 jelűt E állásba tesszük, az „ENERGY DISPLAY” a szekunder elektronok mozgási energiáját mutatja. AES méréseknél a 4 kapcsoló CRR (konstans retardációs energia) állásban legyen. A 3 jelű kapcsoló COMP állásban a számítógépnek adja át a vezérlést, kézi beállításokhoz az 50-es állásba helyezzük. Az 5 kapcsolónak SRART állásban kell lennie. Bekapcsoljuk az 5b. ábrán látható egységet, amely az energia analizátoron átjutó elektronok áramát méri. A channeltronra adott feszültségek be optimális értékre be vannak állítva, ehhez ne nyúljunk. Az 1 kapcsolót lefele kapcsolva rákerül a channeltronra a feszültség. A műszer alatt található 2 jelű kapcsolóval állítható a detektálás érzékenysége.

Az elektron ágyú tápegysége az 5e. ábrán látható, a primer elektronok irányítását és pásztázását az 5c. ábrán bemutatott IMAGING UNIT egység végzi. A mintán átfolyó áramot mérő műszer az 5d. ábrán látható. Ez az egység biztosítja a szcintillációs számlálóra adott feszültséget is. Ezeket az egységeket is bekapcsoljuk az 1 jelű kapcsolókkal. A visszaszórt szekunder elektron áram kép megjelenítéséhez a TV Capture Card programmal végezzük.

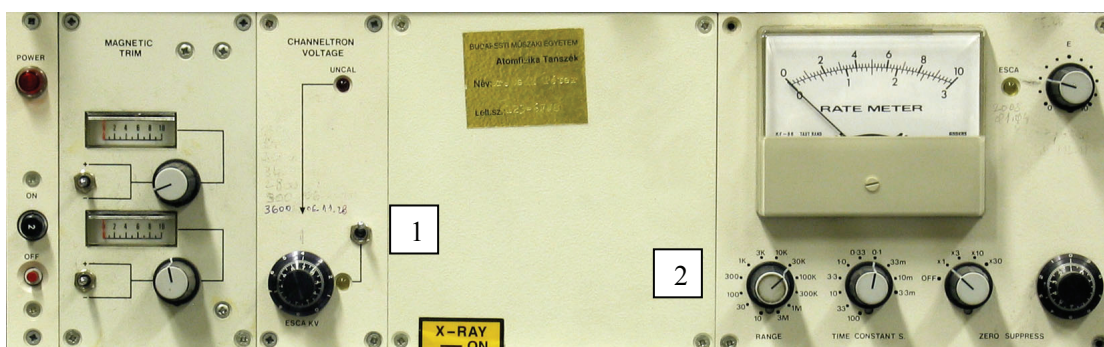
Az elektronágyú tápegységén lévő műszer alatt lévő kapcsolóval választható, hogy a Filament I –t (katód fűtő árama), HV-t (primer elektronok gyorsító feszültség) vagy a Beam I (nyaláb áram) beállított (Ref) illetve tényleges (Actual) értékét méri. A fenti értékeket a megfelelő 3, 4 és 5 potencióméterekkel állíthatjuk. A katód lassú felfűtésével kezdjük a beállításokat, bekapcsoljuk a 6 jelű kapcsolót és lassan (hogy gáztalanodjon a katód) növeljük a fűtőáramot a 3-as gombbal (maximum 2,4 A-ig). Beállítjuk a Beam I Ref értékét 200-300 μ A-re (5 gomb). Bekapcsoljuk a 7 kapcsolót és a 4-es gomb segítségével lassan növeljük a gyorsító feszültséget 2-3 kV értékig. Közben figyeljük a targeten átfolyó áram értékét (5d. ábrán 2-es kapcsoló off állásban, 3-es kapcsoló nA vagy μ A méréshatárban). Ellenőrizzük, hogy a Beam I Actual

értéke megegyezik-e a Ref értékkel. A 3 jelzésű potenciométer finom állításával maximalizáljuk a mintán átfolyó áramot. Az IMAGING UNIT –on az 5 kapcsoló AUGER állásban, a 6 INT állásban legyen. Tegyük a 2 kapcsolót (a kereszt irányú pásztázó feszültség amplitúdóját szabályozza) 1 állásba. Az 5d ábrán látható egység 3 kapcsolóját tegyük PM VOLTS állásba, a 2 kapcsolót ON-ba és 4 potenciométer segítségével fokozatosan adjuk rá a fotoelektronsokszorozóra a feszültséget (700-800 fölé ne menjünk). Ekkor megjelenik a monitoron a minta visszaszórt elektron képe. A kép élességét az elektronágyú tápegységén (ld.: 5e. ábra) található 8 jelű gombok (FOCUS) segítségével tudjuk állítani. A kép minőségét az IMAGING UNIT (5c. ábra) 4 potenciométereivel illetve a fotoelektronsokszorozóra (5d. ábra 4) adott feszültség szabályzásával tudjuk javítani.

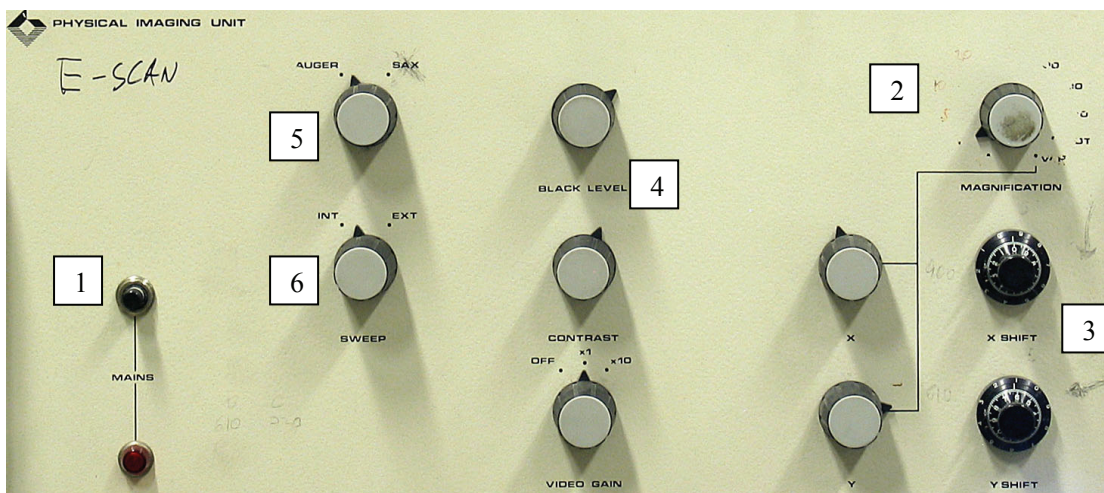
Ionporlasztás megkezdése előtt megnyitjuk az analitikai kamrához csatlakozó turbomolekuláris szivattyú és a kamra közötti szelepet és elzárjuk a kamra és az iongetter szivattyú közötti szelepet. Az ionágyúhoz csatlakozó finom-gázbeeresztő szelepen keresztül Ar gázt engedünk a kamrába kb. $5 \cdot 10^{-7}$ mbar nyomásig. Bekapcsoljuk az ionágyú tápegységének (ld.: 5f. ábra) főkapcsolóját (1). Felkapcsoljuk a A HV (2) kapcsolót és a 3 potenciométer segítségével növeljük az emissziós áramot. A targetáram mérő műszeren (5d. ábra) kb. 1 μ A targetáramot állítunk be.



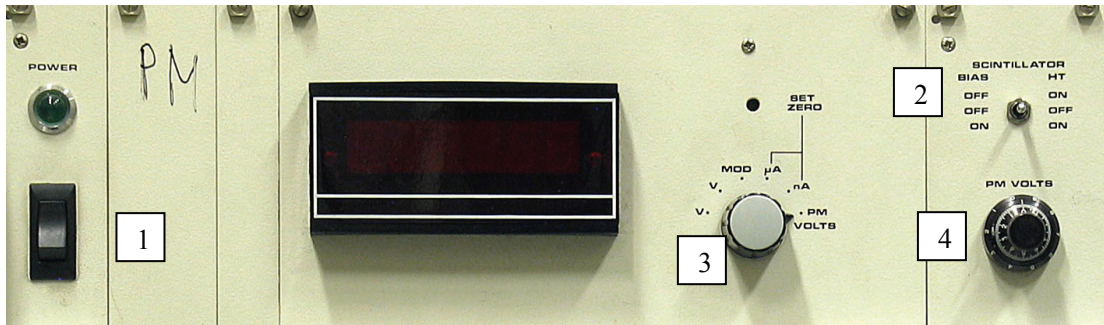
5a. ábra



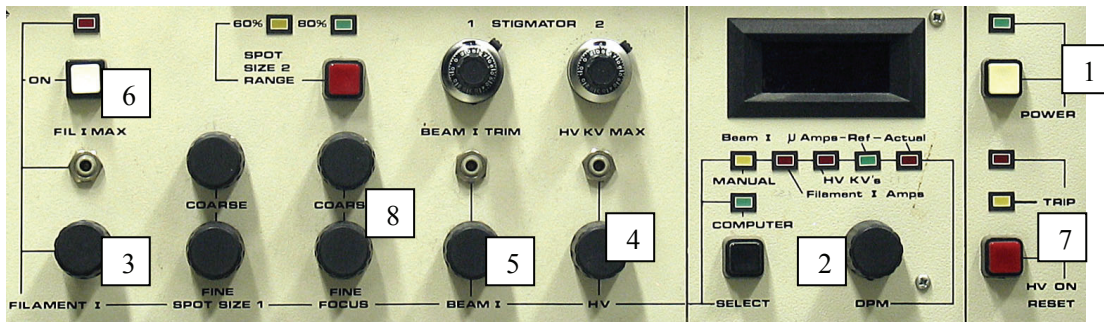
5b. ábra



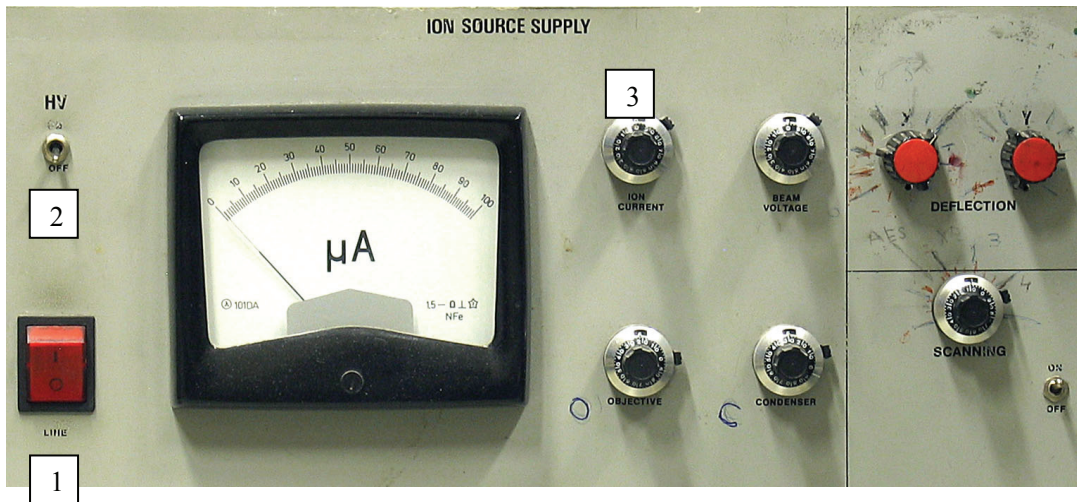
5c. ábra



5d. ábra



5e. ábra



5f. ábra

Acél minta összetételének meghatározása

Cél: A minta felületének és ionporlasztással végzett tisztítás utáni összetételének meghatározása.

Polírozott acél minta felületéről Auger elektron spektrumokat veszünk fel, majd ezt megismételjük $1\mu\text{A}$ áramerősséggel végzett 30 perc ionporlasztás után. Előzetesen meggondoljuk a beállítandó energiatartományt, tartózkodási időt, adatgyűjtés lépésközét. A kiértékelés során a spektrumokat simítjuk, deriváljuk, azonosítjuk a detektált Auger elektron csúcsokat (ld.: 2. ábra), leolvassuk az intenzitásokat, majd koncentrációkat számolunk. A számolásnál használjuk a [2] hivatkozásban megadott érzékenységi faktor értékeket (a könyv a mérőberendezéshez készítve)! Összehasonlítjuk a felületről és az ionporlasztás után felvett spektrumokból nyert eredményeket.

Kémiai kötésállapot vizsgálata

Cél: A Si különböző kötésállapotainak tanulmányozása.

Vizsgálandó minta: Félvezető eszközök gyártásánál használt polírozott Si szeletről kivágott $1 \times 1 \text{cm}$ -es darab, amire termikus oxidációval 50nm vastag SiO_2 réteget növesztettek.

Meggondoljuk, hogy milyen energiáknál várhatóak Auger elektron csúcsok, továbbá, hogy mely csúcsok lehetnek érzékenyek a kémiai kötésállapotra. Ennek alapján eldöntjük, hogy milyen energiatartományt, tartózkodási időt, adatgyűjtési lépésközt állítsunk be spektrumfelvételekhez. Felvesszük a spektrumokat, majd 10 percet $1\mu\text{A}$ -rel porlasztjuk a felületet. Felvesszük a visszaszórt elektron képet. Ennek alapján AES spektrumot veszünk fel a porlasztott kráter közepéről és oldaláról. Összehasonlítjuk a derivált spektrumok alakját, értelmezzük.

Általános irodalom

- [1] O. Brümmer, J. Heydenreich, K.H. Krebs, H.G. Schneider: Szilárd testek vizsgálata elektronokkal, ionokkal és röntgensugárzással. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.

- [2] L.E. Davis, N.C. MacDonald, P.W. Palmberg, G.E. Riach, R.E. Webber: Handbook of Auger Electron Spectroscopy. Published by Physical Electronics Industries, Minnesota, 1976.
- [3] D. Briggs, M.P. Seah: Practical Surface Analysis, Vol 1.: Auger and X-ray Photoelectron Spectroscopy, John Wiley & Sons, New York, 1992.