

VSEBINA

- Razstavljeni vakuumski kriostat, hlajen s tekočim dušikom
- Rentgenska fluorescenčna analiza v vrstičnem elektronskem mikroskopu
- Plazma
- Redukcija tankih kovinskih oksidov s plazmo
- Evropska vakuumška konferenca EVC-1
- Povezovanje za tehnološki napredek v vakuumski projekt
- Priprave na četrto združeno vakuumško konferenco Jugoslavije, Avstrije in Madžarske
- 57. seja IO IUVSTA
- Članstvo DVTS v letu 1987
- Koledar
- Kratke novice

RAZSTAVLJIVI VAKUUMSKI KRIOSTAT NA HLAJENJE S TEKOČIM DUŠIKOM (77K)

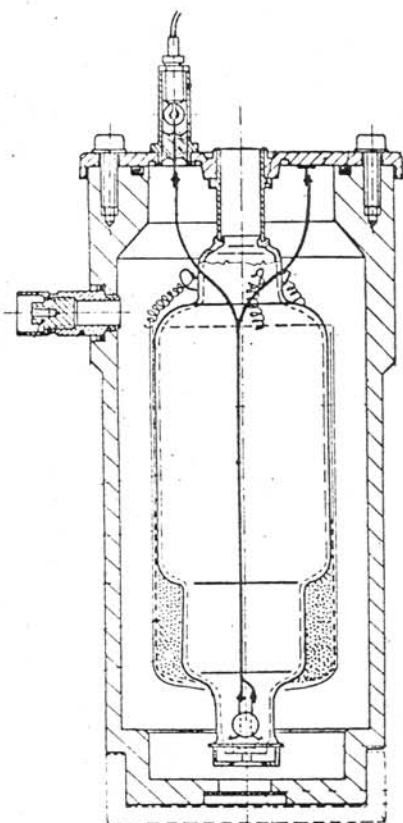
UVOD

Polprevodniški senzori infrardeče (IR) svetlobe z valovno dolžino med 8 in 14 μm delujejo le, če so hladnejši od okolice. Zato te IR senzore vgrajujemo v vakuumške kriostate, ki opravljajo dvojno nalogo: v njih senzor hladimo, obenem pa ščitijo senzor pred kvarnimi atmosferskimi vplivi. Senzorje hladimo na več načinov. Med temi je dokaj enostavno hlajenje s tekočim dušikom. Zato smo na IEVT razvili kriostat, v katerem hladimo IR senzore s tekočim dušikom. V članku je opisan tak kriostat in njegove vakuumške ter termične lastnosti.

OPIS KRIOSTATA

V bistvu je ta kriostat dewar posoda, ki se jo da razstaviti in zato omogoča hitro menjavanje vzorcev. Zunanji del posode je narejen iz aluminija. Vdelano ima germanijevo okno, ki prepušča IR svetlobo. Notranja posoda je narejena iz stekla in je privarjena na prokronski pokrov. Ker je steklo slab prevodnik toplote, je vanj vtaljena kovarska ploščica, ki omogoča toplotni stik med senzorjem in tekočim dušikom v posodi. Črpalni dulec in pokrov posode sta tesnjena z vitonskima tesnilkama.

Prerez kriostata je prikazan na sliki 1.



Sl. 1: Prerez kriostata. Ob zoženem spodnjem delu notranje posode je nameščeno sorpcijsko sredstvo.

Zaradi razplinjevanja sten posode in permeacije plinov skozi tesnilke naraste tlak v tej posodi kmalu po črpanju nad 1 mbar. Pri tem tlaku pa, zaradi močnega prevajanja toplotne energije med stenama posode, iz nje izpari tekoči dušik v eni uri. Zaradi močnega toka v notranjost posode se zunanja posoda in z njo vred germanijevo okno ohladi in orosi, kar onemogoči kvaliteto merjenje sensorja. Prevajanje toplote skozi stene posode mora biti torej tako majhno, da ni rosenja. Zmanjšano prevajanje toplote pa tudi upočasnijo izparevanje tekočega dušika, tako da le - ta izpareva iz posode več ur.

PREVAJANJE TOPLOTNE ENERGIJE V KRIOSTAT

Oglejmo si sedaj mehanizme prevajanja toplotne energije. Toplotni tok priteka od tekočega dušika na dva načina: prvi je prevajanje skozi steni kriostata in razredčen plin med njima, drugi pa je sevalno gretje.

Prevajanje skozi steni kriostata je razdeljeno na tri faze: prevajanje skozi aluminijasto zunanjo steno, skozi razredčen plin in skozi notranjo steno posode. V ravnovesnem stanju teče skozi vse tri plasti enak tok. Velikost toplotnega toka je odvisna od toplotnih prevodnosti obeh sten in vmesnega prostora. Toplotni prevodnosti sten lahko zmanjšamo tako, da odebelimo steni, kar pa ni razumno. Pač pa lahko z zmanjšanjem tlaka zelo zmanjšamo toplotno prevodnost vmesnega prostora.

Prevajanje toplote v plinu namreč poteka na dva

načina. Prvi je viskozno prevajanje. Gostota molekul je tako velika, da molekule s trki med seboj in med stenama posode prenašajo toplotno energijo iz toplejšega na hladnejši del posode. Pri drugem, molekularnem prevajanju, pa je plih redek. Povprečna prosta pot molekul je večja od razdalje med posodama. Molekule prenašajo toploto direktno med stenama posode. Ker je molekul manj, prenesejo do notranje stene manj toplote. Zato mora biti v posodi tako majhen tlak, da je prevajanje toplote v molekularnem področju. Ker je razdalja med stenama posode približno 1 cm, mora biti tlak manjši od 5.10 milibara.

Sevalno prevajanje toplote pa poteka takole: zunanja stena posode izseva proti notranji IR žarke, ki jih slednja absorbira. Ta tok je sorazmeren s četrto potenco temperaturne razlike med stenama. Če na notranjo posodo naneseemo snov, ki odbija IR žarke, ta toplotni tok ustavimo. Najbolj primeren način je, da posodo ovijemo s folijo iz umetne snovi, na katero je naparjena tenka plast aluminija. Deset ovojev take folije skoraj popolnoma prepreči sevalno gretje.

SORPCIJSKO ČRPANJE

Da ostane tekoči dušik več ur v posodi, mora biti tlak v njej tako nizek, da je prenos toplote molekularen. Vendar pa tlak zaradi razplinjevanja sten posode in permeacije plinov skozi tesnilke kmalu po črpanju naraste nad 1 mbar. Tega se ne da odpraviti niti z dolgotrajnim črpanjem.

Začasno se da počrpati residualne pline z vgrajenim sorpcijskim sredstvom. Sorpcijsko sredstvo mora biti nameščeno tako, da je čim dalj ohlajeno s tekočim dušikom. Zato smo ga namestili ob spodnji del notranje posode.

Tlak v posodi je nizek le, ko je vanjo natočen tekoči dušik. Ko tekoči dušik izpari, se kmalu vrne na prejšnjo vrednost. Sorpcijsko sredstvo namreč pri ogrevanju sprošča pline, ki jih je vezalo vase ob ohlajevanju.

Za sorpcijsko sredstvo smo uporabili aktivno oglje. Njegova aktivna površina je 500 do 2500 m²/g. Za črpanje naše posode je potrebno najmanj 2 g. Mi smo ga uspeli spraviti v koš na notranji posodi v količini 2 do 5 g. Zanj smo se odločili, ker se ga da regenerirati brez gretja. Dovolj je nekajurno črpanje. Seveda se oglje bolje regenerira, če ga obenem grejemo. Gretje pa je zamudno in uniči sensor. Sensor namreč zdrži le kakih 60 do 80 °C, nad to temperaturo pa se v njem pojavijo ireverzibilne spremembe.

Oglje je v primerjavi z drugimi sorpcijskimi sredstvi (npr. zeoliti) dober prevodnik toplote. Ker se ves hitro ohladi, začne takoj črpati. S tem se prepreči kondenzacija residualnih plinov na sensorju.

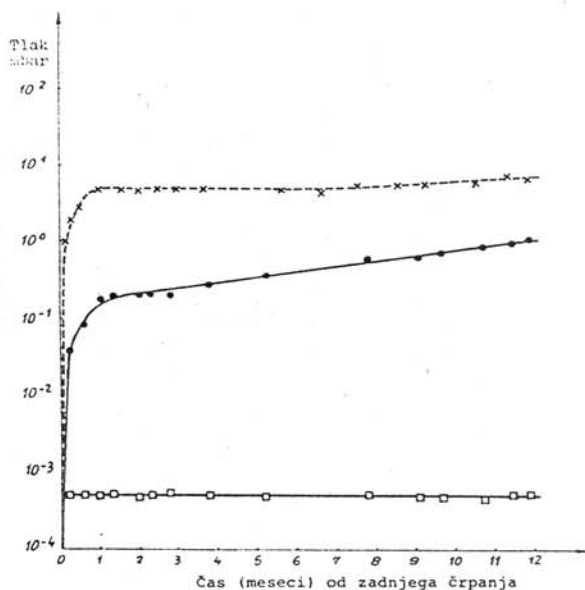
MERITVE IN REZULTATI

Na IEVT smo skonstruirali in pomerili lastnosti več razstavljenih dewar posod. Tlak v njih smo merili z vgrajeno Pirani žičko. Temperaturo na kovarski ploščici smo zaznavali s polprevodniško diodo.

Vakuumske lastnosti so presegle naša pričakovanja, saj te posode zadržijo v sebi 45 ml tekočega dušika več kot dve uri in pol še eno leto po zadnjem črpanju s tur-

bomolekularno črpalko. Sprva smo namenili te posode le za merjenje občutljivosti naših senzorjev pred vgradnjo v trajno zaprte posode. Zato so bile skonstruirane tako, da se jih da hitro razstaviti in sestaviti. To je omogočilo merjenje večjih senzorjev v enem dnevu. Izkazalo pa se je, da so uporabne za vgradnjo v IR detektorje.

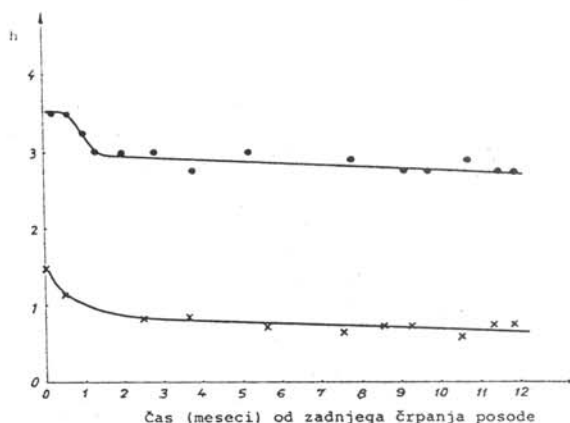
Dolgotrajni potek tlaka smo merili v dveh popolnoma enakih posodah. V eno smo dali 2,5 g oglja, v drugo pa ne. Rezultati so prikazani na sliki 2. Aktivno oglje se še po enem letu ni zasitilo.



Sl. 2: Primerjava časovne odvisnosti tlaka v dewar posodah

x - dewar posoda brez sorpcijskega sredstva, sobna temperatura
 • - dewar posoda s sorpcijskim sredstvom, sobna temperatura
 o - dewar posoda s sorpcijskim sredstvom, sorpcijsko sredstvo ohlajeno na 77 K

Na sliki 3 pa je prikazan čas zadrževanja tekočega dušika v dewar posodi. Po približno enem mesecu je ta čas postal konstanten. Fluktuacije so odvisne od temperature v sobi in od količine dušika, ki smo ga vili. Upad tega časa je glede na čas, ki je potekal od poslednjega črpanja, komaj opazen.



Sl. 3: Čas držanja tekočega dušika v dewar posodi

• - dewar posoda s sorpcijskim sredstvom
 x - dewar posoda brez sorpcijskega sredstva

SKLEPI

Uspelo nam je izdelati razstavljivo dewar posodo, ki dolgo časa drži zaželjen tlak. Pomagali smo si z zvijačo: vanjo smo vgradili majhno sorpcijsko črpalko. Za kvantitativno opazovanje dogajanja v posodi smo vanjo vgradili Pirani žičko in termometer. Tako smo lahko preverili naša teoretična izvajanja. Med njimi in med meritvami ni bilo razhajanj.

LITERATURA

1. J. Strnad: Fizika, prvi in drugi del, DFMA, Ljubljana 1985.
2. N. I. Koniškin & M. G. Širkevič: Priročnik elementarne fizike, TZS, Ljubljana 1974.
3. I. Kuščer & S. Žumer: Toplotna in Statistična mehanika, DFMA, Ljubljana, 1977.
4. P. M. Morse & H. Feshbach: Methods of Theoretical Physics, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York 1953.
5. L. I. Maissel & R. Glang, editors: Handbook of Thin Film Technology, McGraw-Hill, New York 1970.
6. S. Dushman: Scientific Foundation of Vacuum Technique, J. Wiley & Sons, New York 1949.

Marko Kralj, dipl. ing.
 IEVT, Ljubljana

RENTGENSKA FLUORESCENČNA ANALIZA V VRSTIČNEM ELEKTRONSKEM MIKROSKOPU

POVZETEK

V članku je prikazan dodatek, ki v vrstičnem elektronskem mikroskopu opremljenim z energijsko disperzijskim detektorjem rentgenskih žarkov omogoča rentgensko fluorescenčno (x-ray fluorescence - XRF) analizo. Narejena je primerjava med rentgensko fluorescenčno analizo in elektronsko mi-

kroanalizo. Za primerjavo smo izbrali standardno steklo DGG I.

UVOD

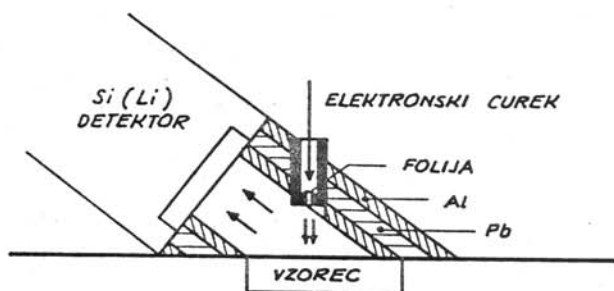
V vakuumski tehniki so često uporabljajo stekla s točno definiranimi lastnostmi, zato je poznavanje kemijske sestave stekel zelo važno. V primeru, ko je vzorec majhen in kadar je potrebna nedestruktivna analiza, pogos-

to izberemo vrstični elektronski mikroskop opremljen z analizatorjem rentgenskih žarkov. Če je detektor rentgenskih žarkov energijsko disperzijski, bi bila poleg elektronske mikroanalize mogoča tudi rentgenska fluorescenčna analiza. Dodatek, ki omogoča rentgensko fluorescenčno analizo, smo na Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko naredili in podana je primerjava med obema vrstama analize.

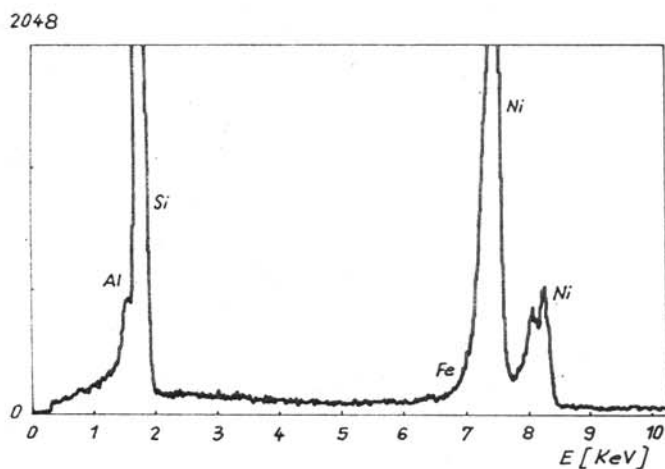
Prednosti rentgenske fluorescenčne analize so v tem, da je meja detekcije do 1000x nižja kot pri elektronski mikroanalizi in da lahko analiziramo brez predhodne priprave električno neprevodne vzorce, kot tudi vzorce občutljive na elektronski snop. Pri prehodu iz elektronske mikroanalize na rentgensko fluorescenčno analizo pa žal izgubimo dobro površinsko ločljivost.

MERITVE

Meritve smo izvršili v vrstičnem elektronskem mikroskopu JEOL JSM-35, ki je opremljen z energijsko disperzijskim spektrometrom rentgenskih žarkov TRACOR TN-2000. Shema dodatka za rentgensko fluorescenčno analizo je na sliki 1. Energija primarnih elektronov s katerimi smo vzbujali nikljevo folijo, je bila 35keV.



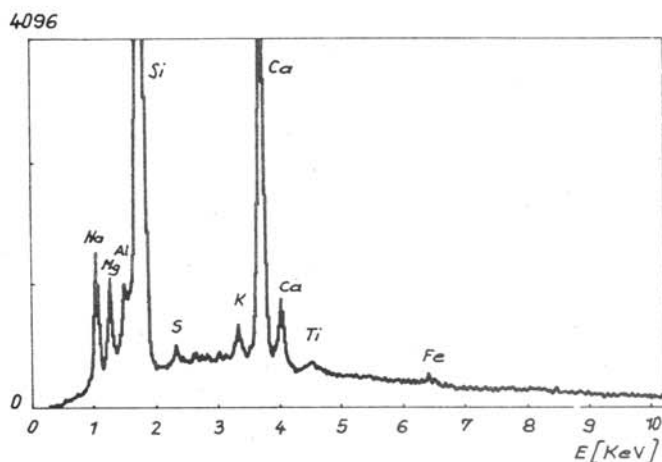
Sl. 1: Shema dodatka za rentgensko fluorescenčno analizo v vrstičnem elektronskem mikroskopu.



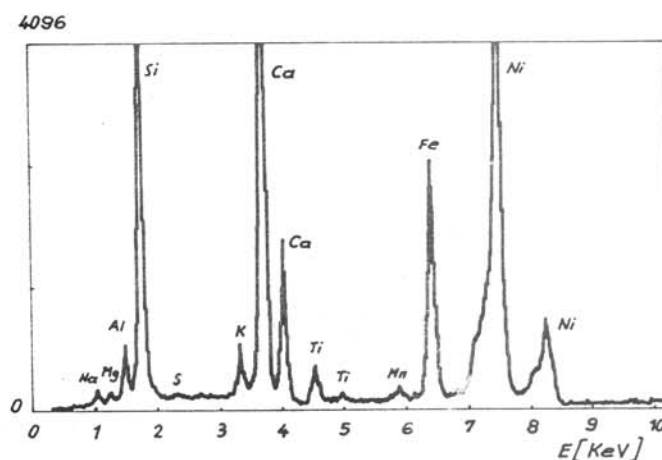
Sl. 2: Spektar rentgenskih žarkov, ki ga dobimo pri rentgenskem vzbujanju zelo čiste Si ploščice.

Nastale rentgenske žarke smo prepuščali le v ozkem snopu proti vzorcu in sicer tako, da je bil premer snopa na vzorcu 3 mm. Precej truda smo vložili v senčenje vseh ostalih virov sevanja, ki bi v spekter prispevali moteče vrhove. Testni spekter (sl. 2) je posnet na

silicijevi ploščici velike čistosti. V tem spektru se poleg vrhov Ni in Si, pojavljata še šibek vrh Al (ohišje dodatka) in zanemarljivo velik vrh Fe, ki je motnja. Primerjavo med obema metodama smo naredili na standardnem steklu DGG I (glej sliki 3 in 4).



Sl. 3: Spektar rentgenskih žarkov, ki ga dobimo pri elektronskem vzbujanju gorca DGG I.



Sl. 4: Spektar rentgenskih žarkov, ki ga dobimo pri vzbujanju vzorca DGG I z rentgenskimi žarki.

REZULTATI

Razlika med obema metodama analize se najbolj vidi iz tabele 1. Vidimo, da se elementi do žvepla bolje vzbujajo z elektroni, elementi od žvepla do kobalta pa z rentgenskimi žarki Ni K. Najbolj očitno povečanje občutljivosti je v primeru Fe, za katerega se občutljivost poveča za 120 x. Iz tabele 1 lahko zaključimo tudi to, da se elementi tem bolj vzbujajo, čim manjša je razlika med energijo vzbujevalne rentgenske črte in njihovim absorpcijskim robom. Seveda se vzbujajo le elementi, katerih absorpcijski rob je energijsko nižji, kot pa je energija vzbujevalne črte.

Dodatek za rentgensko fluorescenco je skonstruiran tako, da je folijo mogoče zamenjati in s tem premakniti najbolj občutljivo področje na večino elementov.

Tabela 1: Razmerje signal-ozadje* za elemente v standardnem steklu DGG I.

Element	Sestava (ut.%)	Vzbujanje z elektroni	Vzbujanje z rent. žarki.
Na	11.1	17.9	7.0
Si	33.5	189.2	135.4
S	0.17	2.0	2.6
K	0.32	3.6	11.2
Ca	4.8	63.5	278.7
Ti	0.08	0.93	26.2
Mn	ni podan	ni opazen	6.4
Fe	0.13	1.15	139.6

* Za razmerje signal-ozadje je vzeto razmerje med integralom vrha nad ozadjem in ozadjem na mestu vrha.

ZAKLJUČEK

Rezultati rentgenske fluorescenčne analize kažejo občutno izboljšanje občutljivosti za elemente, katerih energije rentgenskih žarkov so večje od 3keV, poleg tega lahko električno neprevodne vzorce analiziramo brez predhodnega naparevanja. Kljub povečanju

analiznega področja lahko analiziramo razmeroma majhne vzorce. S tem dodatkom se je uporabnost vrstičnega elektronskega mikroskopa še povečala in z razmeroma majhnimi stroški smo dobili aparaturo, ki nadomešča drag tovrsten instrument.

LITERATURA

1. Middleman, L. M. and geller, J. D.: „Trace Element Analysis Using X-ray Excitation with an Energy Dispersive Spectrometer on a Scanning Electron Microscope“. Scanning Electron Microscope 1, 172. (1976)
2. A. van Riessen and K. W. Terry: „X-ray Induced X-ray Fluorescence In a JSM-35C Scanning Microscope“ JEOL News Vol 20E No 3
3. Pozsgai I.: „Detection Limits of Energy Dispersive X-ray Fluorescence Analysis in the Scanning Electron Microscope“. 8 European Congres on Electron Microscopy, Budapest, Hungary 13.- 18. August 1984
4. Zulliger, H. R. and Stewart, W. D.: „Bulk Mode Analyses in Scanning Electron Microscopes“. Internationoratory, September/October. 35 (1977)

*Peter Pavli, dipl. ing.
IEVT, Ljubljana*

PLAZMA

Plazma je mešanica treh plinov: plina nevtralnih atomov ali molekul, plina elektronov in plina ionov. Kljub temu, da so v plazmi prisotni prosti nabiti delci, je plazma navzven nevtralna, saj naboj ene vrste kompenzira naboj druge vrste. V nasprotju z navadnim plinom plazma prevaja električni tok. Prevodnost plazme je odvisna od gostote nabitih delcev v njej in je lahko celo večja od prevodnosti kovin. Vodikova plazma, na primer, ki jo pri atmosferskem pritisku segrejemo do 10^6K , ima prevodnost kot baker pri sobni temperaturi. Če temperaturo plazme povečamo, se njena električna prevodnost poveča. Plazemska temperatura reda velikosti 10^6K je tipična za eksperimente v termonuklearnih reaktorjih.

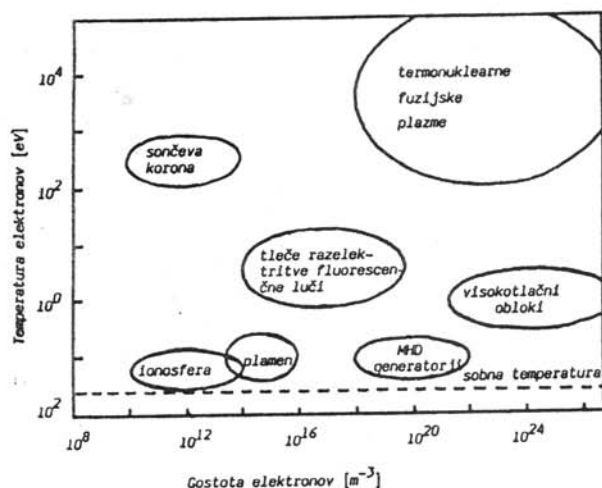
Plazmo lahko generiramo tako, da spustimo skozi plin električni tok. Ker je plin pri sobni temperaturi odličen izolator, je treba v plinu najprej generirati zadostno število nosilcev naboja. Ta proces je znan kot preboj in obstaja mnogo načinov, kako to doseči.

Ob preboju se v plinu med dvema elektrodama vzpostavi prevodna nit, po kateri steče tok. Takšen način vzpostavitve razelektritve je najbolj pogost, ni pa edini. Za nekatere aplikacije je ugodnejše, da generiramo plazmo z brezelektrodno RF razelektrivijo, z mikrovalovi, lasersko svetlobo ali curki visokoenergijskih delcev. Končno lahko generiramo plazmo tudi z gretjem plinov (par) v viskotemperaturnih pečeh. Zaradi temperaturnih omejitev je ta metoda omejena na kovinske pare z nizkim ionizacijskim potencialom.

V nadaljnjem razmišljanju se omejimo na plazme, ki jih generiramo z električno razelektrivijo. V načelu razdelimo tovrstne plazme v dve skupini. Prve so „vroče“ ali ravnovesne plazme, v kateri imajo težki delci približno enako temperaturo kot lahki delci. V takšnih plazmah je vzpostavljeno termodinamsko ravnovesje, ali natančneje lokalno termodinamsko ravnovesje. Imenujemo jih tudi termične plazme. Lokalno termično ravnovesje ne pomeni zgolj kinetičnega ravnovesja ($T_e = T_h$, kjer je T_e temperatura elektronov, T_h pa temperatura težkih delcev), ampak tudi kemijsko ravnovesje (gostote delcev so odvisne edinole od temperature). Tipični primeri termičnih plazem so plazme, ki jih generiramo v visokotlačnih oblokih, plazemske baklje in nekatere visokointenzivne RF razelektritve.

Drugi tip plazem imenujemo „hladne“ ali neravnovesne plazme. Za razliko od termičnih plazem se hladne plazme odlikujejo po visokih temperaturah elektronov in nizkih temperaturah težkih delcev ($T_e \gg T_h$).

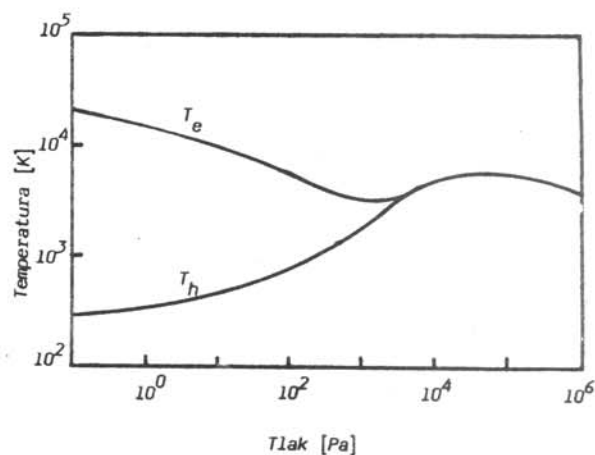
Tipični primeri za hladne plazme so različne oblike tlečih razelektritev, nizkointenzivne RF razelektritve in korone. Termične in neravnovesne plazme pokrivajo široko območje elektronskih temperatur in gostot. Na sliki 1 je narisana približen pregled plazem za različne temperature in gostote elektronov. Elektronska temperatura je podana v elektronvoltih, pri čemer ustreza 1eV 12600K.



Sl.1: Klasifikacija plazem

Splošni kriterij za razlikovanje med vročimi in hladnimi plazmami je razmerje med jakostjo električnega polja in tlakom (E/p) ali med jakostjo električnega polja in gostoto nabitih delcev (E/N). Ta kriterij izraža energijsko izmenjavo med elektroni in težkimi delci v plazmi. Izmenjava je velika pri veliki gostoti nabitih delcev ali pri visokem tlaku. Močno električno polje poveča presežek energije elektronskega plina, zato je za termične plazme značilno majhno razmerje E/p ali E/N . Za hladne plazme je to razmerje večje, običajno za več velikostnih razredov. Slika 2 kaže razliko med temperaturo elektronov in temperaturo težkih delcev v električnem oblaku v odvisnosti od tlaka.

Plazemske tehnologije so danes nepogrešljive pri proizvodnji zahtevnih izdelkov. Termične plazme uporabljamo povsod tam, kjer zahtevamo dobro fokusirano termično energijo. Tipične temperature, ki jih dosežemo v plazemskih pečeh, so večje od 2000 K - 3000 K. Moči, ki jih na ta način dosežemo, so med 10 kW in 100 MW. Takšne plazme uporabljamo za taljenje in varjenje, nanašanje plasti, ojačevanje kovin in pripravo posebnih zlitin. Podrobnejši pregled uporabe termičnih plazem je npr. v delu *Plasma Processing and Synthesis of Materials*, ed. by J. Szekely and D. Apelian, Elsevier Science Pub., Co., New York (1984).



Sl.2: Razlika med temperaturo elektronov in temperaturo težkih delcev v odvisnosti od tlaka za električni oblak.

Uporaba neravnovesnih plazem obsega čiščenje kovinskih površin (1), kemične in fizikalne spremembe površin (2), jedkanje (3), nanašanje tankih plasti (4) in kemične reakcije v plazmi (5).

Literatura:

- (1) F. Breclj, M. Mozetič, Poročilo za RSS, IEVT, Ljubljana (1986), (1987).
- (2) O. Auciello, R. Kelly, *Ion Bombardement Modification of Surfaces*, Elsevier, Amsterdam (1984).
- (3) B. Chapman, *Glow Discharge Processes*, Wiley, New York (1980).
- (4) A. Belič, Raziskava parametrov nanašanja kovinskih plasti s katodnim razprševanjem v plazmi, IEVT (1967).
- (5) H.V. Boenig, *Plasma Science and Technology*, Cornell University Press, London (1982).

Miran Mozetič, dipl.ing.
IEVT, Ljubljana

REDUKCIJA TANKIH PLASTI KOVINSKIH OKSIDOV S PLAZMO

UVOD

V zadnjih desetletjih so postale plazemske tehnologije nepogrešljive pri izdelavi zahtevnih delov za elektroniko. Uporaba plazme obsega odprševanje in nanašanje tankih plasti (1), (2), jedkanje (3), (4), (5), kemične reakcije v plazmi (6), (7), (8) v zadnjem času pa tudi čiščenje površin s plazmo. Eno od pomembnejših področij čiščenja je redukcija kovinskih oksidov.

Že koncem sedemsetih in v začetku osemdesetih let

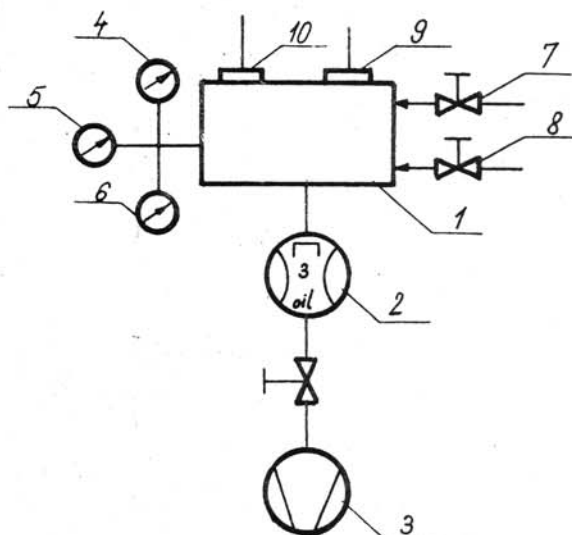
so odkrili, da je mogoče z uporabo nizkotlačne vodikove plazme doseči izredno čiste površine v tokamakih (9), (10), (11), (12), (13). Metodo so kasneje izpopolnili in danes jo uporabljajo tudi v druge namene, na primer za doseganje izredno čistih površin silicija (14).

Na Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko v Ljubljani smo se odločili, da ugotovimo možnosti za plazemsko čiščenje kovinskih recipientov, ki pri uporabi zahtevajo zelo čiste površine. Z nizkotlačno šibko ionizirano vodikovo plazmo nameravamo čistiti

bakrene elektrode vakuumskih kondenzatorjev.

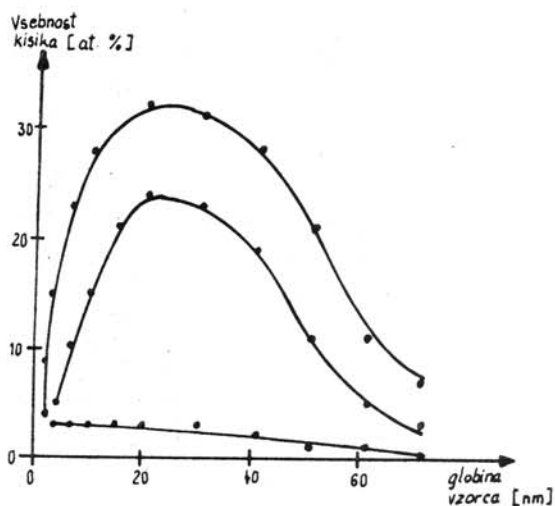
REDUKCIJA BAKROVEGA ODSIDA Z VODIKOVO PLAZMO

Za poskuse smo izdelali vakuumski sistem, ki je shematično prikazan na sliki 1.



Sl. 1 Shema vakuumskega sistema.

1-prostor za poskuse, 2- difuzijska črpalka, 3- rotacijska črpalka, 4-, 5-, 6-vakuummetri, 7-ventil za vpust dušika, 8-precizni visokovakuumski ventil za vpust dušika, 8-precizni visokovakuumski ventil za vpust vodika, 9-koaksialni skožnik (k VF generatorju), 10-šestžilni skožnik (k instrumentom).



Sl. 2 Vsebnost kisika v površinski plasti bakrene ploščice v odvisnosti od globine. Parameter je čas delovanja plazme.

Pri razvoju vakuumskega sistema nas je vodila želja po čimvečji prilagodljivosti za kasnejše potrebe in cenenost izvedbe. Prostor za poskuse s plazmo je steklen zvon premera 25 cm in višine 40 cm. Povezava med

sondami in merilnimi instrumenti poteka preko šestžilnega skožnika. Z visokofrekvenčnim generatorjem vzbujamo plazmo induktivno s pomočjo tuljave, ki je navita okrog zvona. Kadar pa želimo doseči znotraj zvona v majhnem prostoru veliko gostoto polja, napoljemo VF napetost skozi poseben koaksialni skožnik direktno v zvon. Vakuum v zvonu dosežemo z rotacijsko in difuzijsko črpalko. Tlak merimo z vakuummetrom pirani-pennig PPV-30 domače izdelave in ionizacijskim vakuummetrom bayard-alpert IM-30 znamke Leybold-Heraeus.

Doslej smo opravili nekaj poskusov z bakrovim oksidom. Bakrene ploščice smo 25 minut žarili pri temperaturi 300 C, tako da se je na njih nabrala približno 70 nm debela plast oksida. Ploščice smo potopili v šibkoionizirano vodikovo plazmo pri tlaku 100 Pa in jih reducirali po vrsti 5, 9 in 120 minut. Vsebnost kisika v površinski plasti vzorca smo določili s spektrometrijo Augerjevih elektronov. Rezultat je prikazan na sliki 2.

ZAKLJUČEK

Opravili smo prve poskuse, katerih cilj je bil ugotoviti možnosti za uporabo vodikove plazme pri redukciji tankih plasti bakrovih oksidov. Rezultati kažejo, da redukcija teče že pri sobni temperaturi. V nadaljnjem delu na tej tematiki nameravamo optimizirati hitrost redukcije in raziskati uporabnost metode za odstranjevanje drugih nečistoč, predvsem organskih. Prav tako nameravamo raziskati vpliv nekaterih stranskih pojavov, predvsem poškodb površine, ki so posledica odprševanja in difuzije vodika v kovine.

Čiščenje površin s plazmo lahko predstavlja dopolnitev ali alternativo pregrevanju v vakuumu. Glavna prednost nove metode je prihranek časa, nenadomestljiva pa je v primerih, ko pregrevanje zaradi raznih vzrokov ni možno. Upamo, da bomo uspeli s primerno izbiro parametrov ustvariti razmere, da bo čiščenje s plazmo učinkovito in stranski pojavi zanemarljivi.

LITERATURA

1. M. Yamashita, Jap. J. Appl. Phys., 26 (5), 721-727 (1987)
2. M. Maeda, T. Makino, Jap. J. Appl. Phys., 26 (5), 660-665 (1987)
3. K. Kohnno, T. Imura, Y. Osaka, Jap. J. Appl. Phys., 26 (2), 302-303 (1987)
4. L. Y. Tson, Jap. J. Appl. Phys., 25 (10), 1594-1597 (1986)
5. B. Chapman, Glow Discharge Processes, Wiley, New York (1980)
6. S. Veprek, Pure & Appl. Chem., 48, 163-178 (1976)
7. J. Kiesler, M. Neusch, Thin Solid Films, 118, 203-210 (1984)
8. R. Avni et al., J. Vac. Sci. Technol. A3 (4), 1813-1820 (1985)
9. Y. Sakamoto, Y. Ishibe, Jap. J. Appl. Phys., 18 (2), 385-386 (1979)
10. G. M. McCracken, P. E. Stott, Nucl. Fus., 19 (7), 889-891 (1979)
11. Y. Sakamoto et al., J. Nucl. Mat., 93 & 94, 333-337 (1980)
12. F. Waelbroeck et al., J. Nucl. Mat., 93 & 94, 839-846 (1980)
13. N. Noda et al., J. Nucl. Mat., 111 & 112, 498-501 (1982)
14. Q. Z. Gao, T. Harin, S. Ono, Jap. J. Appl. Phys., 26 (10), L1576-L1578 (1987)

France Brecelj, dipl. ing.
in Miran Mozetič, dipl. ing.
IEVT, Ljubljana