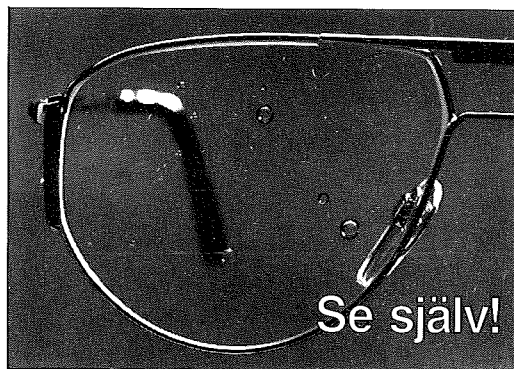


Vakuum NYT

*Svenska
Vakuumsällskapet
Presenterar.....*

Ostörd sikt och synskärpa
även i regn och rusk.



Med hjälp av vakuumteknik !!

nr 55 mars 1993

Innehåll i detta nummer:

	<i>sida</i>
<i>Och solen skiner också i morgon...</i>	3
<i>Framsteg inom UV-Fotoelektron-spektroskopin</i>	4
<i>Företagsnytt</i>	20
<i>Diverse plock</i>	23
<i>Extremt vakuum, del 2 av 2</i>	25
<i>New design considerations for vacuum-systems in thin film processes</i>	37
<i>Aktuella Adresser till Styrelsen</i>	40
<i>Från Redaktionen</i>	42

Detta nummer bearbetades i Microsoft Word för Macintosh.

Och solen skiner också imorgon....

Det finns mer och mindre geniala ideer. En dag då jag halvsov över kaffekoppen i fikarummet, kom det en tornado instormande. Det var nära att jag spillde kaffet över alla mina papper och mitt tillstånd tog ett kvantsprång in i verklighetens grymhet. "Jag har uppfunnit den YTTERSTA VAKUUMPUMPEN" var ord som penetrerade min dåligt koordinerade hjärna, "jag har uppfunnit den YTTERSTA VAKUUMPUMPEN".

Naturligtvis kan dessa ord inte lämna någon likgiltig eller för den delen orörd, så den som talade fick min totala uppmärksamhet. Efter en kort diskussion frågade jag om det fanns några nackdelar över huvud taget, hur var det med urgasningsjämviktstryck och såna alldagliga saker? Inga problem, berättade min vän. Det är inget som kommer tillbaka ifrån denna pump, den är EV kompatibel, pumpar alla gaser och behöver aldrig bakas. Nu började jag bli lite otålig och frågade om vilken pumpmekanism åstadkom sådana effekter. Elementärt min vän, det är *gravitoner*, med ett litet svart hål i kammaren är alla dina pumpproblem borta!

Det var en annan vän till mig som ringde och berättade att han hade ett besök av värtaliga herrar. Min närvaro var önskad i produktinformativ syfte! Med tunga steg lunkade jag och resten av redaktionen ut i kylan, över gården till The Svedberg Laboratoriet. Där fick vi beskåda aluminiumflänsar som nyligen introducerades på marknaden. Dessa är byggda på CF principen och är helt kompatibla med sina tyngre rostfria bröder. "Men finns det inga nackdelar?" frågade jag. Tja, nje..... Det fanns alltså inga, förutom att priset blir något högre samt att vanliga koppar CF tätningar inte kan användas.

Det var kanske inte helt tokigt det där med svarta hål?

I detta nummer finner du andra delen av artikeln om extrema tryck. Vi lovade att skriva mer utförligt om NEG pumpar, det får vänta ett tag. Istället finner vi en mycket intressant tvärvetenskaplig artikel som beskriver utvecklingsarbete och banbrytande experiment inom UV-fototelektron-spektroskopi. I nästa nummer kommer vi att bryta trenden och diskutera vakuumaspekter vid mer "normala" tryck. Detta efter påpekanden från våra läsare. Vi lovar att bevaka det tryckområdet mer i fortsättningen. Sist men inte minst, det här med aluminiumflänsar och system framställda av aluminium är verkligen intressant! Utförlig artikel om detta i nästa nummer.

Björgvin.

FRAMSTEG INOM UV-FOTOELEKTRONSPEKTROSKOPIN

av Peter Baltzer
Fysikum Uppsala

BAKGRUND

Mitt forskningsarbete äger rum vid avdelningen Fysik I inom vad som traditionellt kallats UV-gruppen. Att jag började där var som mycket annat i livet något av en slump, men det fortsatta engagemanget berodde till en väsentlig del på att spektra föreföll relativt lättolkade samtidigt som erforderliga beräkningar kunde genomföras med rimlig arbetsinsats. Att teoribildning och experimentella möjligheter föreföll befinna sig på någorlunda samma nivå, så att en verklig växelverkan däremellan var möjlig, var också väsentligt för mig. En annan för mig lockande faktor var att mätdata var behäftade med brister som inte berodde på grundläggande fysikaliska begränsningar av typ livstidsbreddningar o.dyl, utan hade någon då okänd instrumentell orsak. Att lösa detta problem upplevde jag som utmanande och mycket stimulerande. Mitt viktigaste arbetsområde under de tio år jag arbetat i gruppen har således varit utveckling av instrument.

Snabbkurs i fotoelektronspektroskopi i vår tappning

Vi studerar uteslutande fria molekyler, dvs preparatet befinner sig vid mättillfället i gasfas. Gasen utsätts för ett intensivt flöde av joniserande strålning i det extrema ultraviolette området, våglängd 30-80 nm. Vissa molekyler joniseras då, med påföljd att en s.k. fotoelektron lämnar molekylen med viss kinetisk energi E_{kin} . Denna energibestäms (något förenklat) av sambandet $E_{kin} = h\nu - (IP + E_{exc})$, där IP är första jonisationspotentialen och E_{exc} är eventuell excitationsenergi hos den kvarvarande jonen. Det vi huvudsakligen studerar är i själva verket excitationssannolikheten för, och läget av, exciterade nivåer i restjonen. Detta sker indirekt genom mätning av E_{kin} .

Mätningen sker i vårt fall på så sätt, att elektronerna från jonisationsområdet med en elektronlins fokuseras på en smal spalt. De elektroner som passerat spalten kommer sedan in i ett område mellan två koncentriskt ledande halvsfärer, den inre på positiv och den yttre på negativ potential i förhållande till spaltens. De pålagda spänningarna är så valda, att potentialen på den radie som spalten befinner sig på, är lika

med spaltens. På så sätt utsätts elektronerna för ett rent radiellt elektriskt fält och det kan visas, att ett sådant verkar dubbelfokuserande, dvs en punkt på inträdesspalten avbildas som en punkt på ett plan beläget 180 grader från spaltplanet (se bild 2).

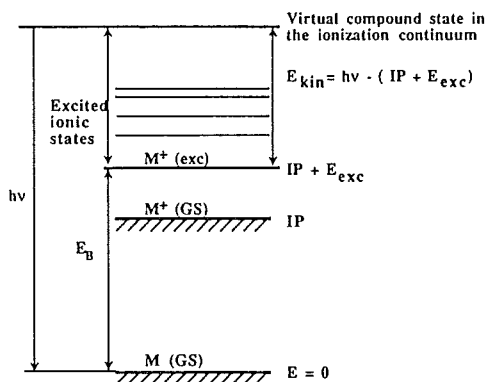


Fig.1 Nivåschema som åskådliggör de i texten använda energibegreppen.

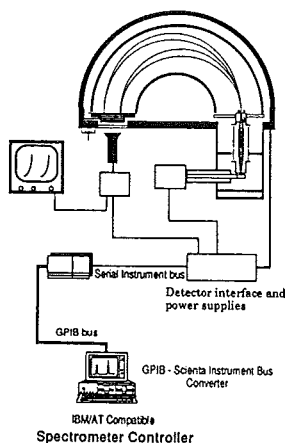


Fig. 2 Schematisk skiss på den av oss använda gasfas fotoelektronspektrometern. På TV-monitorn till vänster ses ett linjepar uppvisande den upplösningsförstörande krökning som utförligt diskuteras i artikeln.

Radien vid utträdesplanet är energiberoende, så att långsamma elektroner hamnar närmare sfärernas centrum och vice versa. Mätningen tillgår sedan så, att det mellan jonisationsområdet och analysatorn läggs en accelerationsspänning, som varieras stegvis mellan två bestämda värden. För varje steg mäts intensiteten på detektorsignalen och avsätts i ett diagram med accelerationsspänningen som x-axel.

Problem vid mätningens utförande

Alla spektroskopiska metoder är behäftade med oskärpa, dvs även ett i teorin oändligt väldefinierat tillstånd ger en viss instrumentell spridning i mätdata, man får en linjebredd. Som sades i början gäller detta i särskilt hög grad just denna spektroskopi. Breddningsmekanismerna är många, och kunde förut delas upp i begripliga och obegripliga.

De begripliga är i huvudsak som följer:

Fotonstrålningens bredd

Termisk rörelse hos preparatgasens molekyler

Energianalysatorns dispersion i förhållande till spaltbredd

Bildfel i analysatorn

Ostabila spänningar typ rippel och brus

Långtidsdrift hos apparaturen under mätningens gång

Det visade sig dock att när man noggrant arbetat ner dessa bidrag med diverse metoder kvarstod en oskärpa, som dessutom varierade med tiden och gasens natur. Många spekulationer har framförts, men ingen har riktigt kunnat visa exakt vad som måste göras för att nå den teoretiska upplösningen.

Våra bidrag till problemets lösning

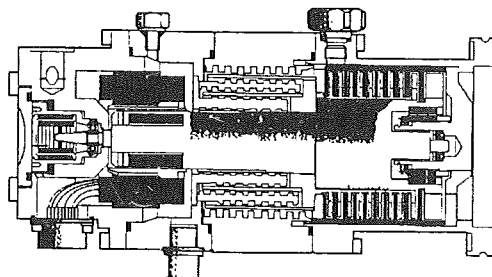
Fotonstrålningens bredd

Den första källan till linjebredd som angreps var själva UV-källan, eller lampan som den kallas i dagligt tal, då fotonlinjens bredd direkt överförs till de uppmätta spektrallinjerna. Lampan bestod av ett kvartsrör genomspolat med helium under ett tryck av 1-3 torr. Över detta rör lades en spänning på 600 V med påföljd att en intensiv urladdning alstras i gasen. Längs rörets axel tas den önskade strålningen ut, och eftersom fönster ej kan användas i detta våglängdsområde måste heliumgasen avlägsnas med ett eller flera pumpsteg innan strålningen når själva spektrometern. Det visade sig, att om högsta upplösning skulle erhållas,

Balzers / Pfeiffer

har glädjen att tillkännage:

Wide Range Turbopumpsfamiljen har fått tillökning !



Minstingen heter Turbo 062 H

Den ädla härkomsten har redan från födelsen resulterat i framstående egenskaper . Eller vad sägs om följande !

Längd	215 mm
Vikt	5.1 kg
Pumphastighet för N ₂	53 l/s
Slutvakuum	< 10 ⁻¹¹ mbar
Kompression för H ₂	3.0 x 10 ⁶
Högsta tillåtna förvak.tryck för N ₂	28 mbar

Och det bästa av allt, den kan bli Din !

BALZERS

Nordiska Balzers AB	
Box 10 412	Sjöängsvägen 15
434 24 KUNGSBACKA	191 72 SOLLENTUNA
Tel 0300 - 710 80	08 - 628 90 50
Fax 0300 - 172 85	08 - 628 90 25

måste heliumtrycket reduceras till det yttersta. Problemet var bara det, att då minskade intensiteten drastiskt och precis när det började se bra ut slocknade lampeländet. Dessutom måste den ofta rengöras då joner accelererades till höga energier och eroderade elektrodmaterialiet.

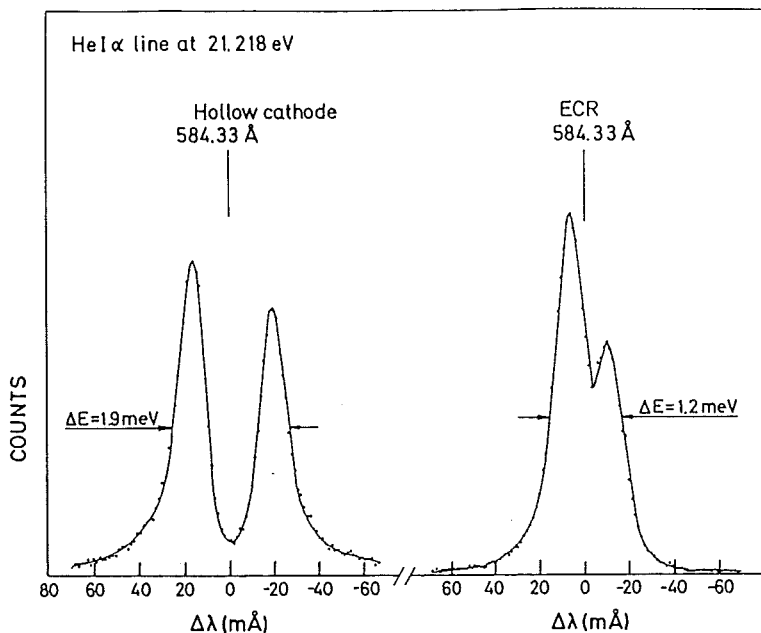


Fig. 3 Gitterspektrogram utvisande linjeprofiler vid 58,4 nm från två olika typer av heliumlampor. Till vänster syns linjen från en så kallad hålkatodurladdning, till höger den från vår nya mikrovågslampa.

Ett forskningsprojekt med ursprungligt mål att mäta linjebredden på lampan startades, och det visade sig snart, att den använda linjen från helium var dubbel med en toppseparation ungefär proportionell mot roten ur trycket. Vid högsta möjliga intensitet, vilken redan den var obekvämt låg, var linjebredden över 10 meV med markant dubblettutseende. Vi kom så småningom fram till, att den dominerande orsaken till breddningen var s.k. självabsorption. Den använda strålningen produceras nämligen av en övergång mellan ett exciterat tillstånd och grundtillståndet vari de flesta heliumatomerna befinner sig. Processen är helt reversibel, vilket yttrar sig som ett enormt spridningstvårsnitt för just

den önskade våglängden. Fotoner som genom livstidsbreddning råkar få en energi något vid sidan av centralenergin slipper lättare ut ur lampan. Projektets målsättning övergick snabbt till att göra en ny och bättre lampa konstruerad med tanke på att minimera dessa problem. Önskemålen var som följer:

1. Lägsta möjliga heliumtryck
2. När strålningen väl producerats, skulle den totala vägtryckintegralen fram till spektrometern sänkas till det yttersta.
3. Hög tillförd effekt till den för spektrometern synliga volymen.
4. Lägsta möjliga energitillförsel till neutralgas och joner för låg Dopplerbredd och låg erosionsrat.

Dessa problem löstes så småningom på följande sätt. En kopparkavitet med dimensioner i storleksordning 5 mm tillverkades. Urladdningen fick brinna mellan två elektroder av tantal med separationen 2 mm. Vinkelrätt mot det elektriska fältet alstrades ett magnetfält med relativt hög flödestäthet med hjälp av samarium-koboltmagneter. Det elektriska fältet var ej längre statiskt, utan oscillerade med en frekvens av 10 GHz, dvs i mikrovågsområdet. Magnetfältstyrkan avpassades så att elektronernas cirkulerande rörelse avstämdes till mikrovågsfrekvensen, så kallad elektroncyclotronresonans (ECR). Resultatet blir, att mikrovågsenergin effektivt accelererar elektroner till höga energier, medan jonerna på grund av den höga frekvensen knappt hinner börja röra sig innan fältriktningen vänt. Den tillåtna fria medelväglängden mellan elektron-atomkollisioner innan urladdningen slocknar är mycket stor, då elektronerna så att säga är instängda i magnetfältet. Detta möjliggör ett betydligt lägre tryck än i en traditionell lampa vid samma kavitetsdimensioner. Man får på detta sätt ett plasma med hög elektrontemperatur men låg jon- och neutralgasdito, precis som på önskelistan. Det hela anordnas sedan så, att utgångsaperturen är placerad bara några mm från plasmacentrum. Omedelbart efter denna utförs kraftig pumpning med turbopump ned till 10^{-5} torr. Detta tillsammans med det redan från början låga heliumtrycket reducerar linjebredden vid högsta intensitet till 1 meV. Sedan återstår den tillförda effekten, som inte oväntat önskas hög. I de traditionella konstruktionerna begränsas tillåten ytvärmebelastning av att kaviteten är av isolerande material, vilka har låg värmeledning. ECR-lampan tillåter genom användande av mikrovågor att hela kaviteten utförs i koppar, vilket betyder att väggbelastningen kan ökas minst en tiopotens i förhållande till andra konstruktioner. Facit av utvecklingsprogrammet blev att linjebredden sjönk med en storleksordning och intensiteten gick upp ca 2 tiopotenser. Lampan är numera en kommersiellt tillgänglig produkt hos Gammadata Mätteknik i Uppsala.

Energianalysatorn

Det traditionella sättet för många att öka mät noggrannheten brukar vara att först teoretiskt optimera sitt instrument och sedan låta tillverka dess delar med högsta möjliga precision, ofta till skrämmande kostnader. Många elektronspektrometrar har här och annorstädes byggts enligt detta recept, utan att någonsin prestera enligt teorin, speciellt inte vid låga kinetiska energier. Orsaken till detta är bland annat, att det är en sak att tillverka en korrekt formad yta och tillsätta en spänning, och en helt annan att verkligen få den fältbild man önskar. Ytan har nämligen en kontaktpotential, som är materialberoende. En metall är oftast uppbyggd som ett konglomerat av små kristaller, och olika facetter har olika kontaktpotential, vilket medför att fältet nära ytan varierar stokastiskt. Om gas tillåts närvara, kan hela eller delar av ytan få potentialfel på upp till en volt. Med detta i åtanke, konstruerade vi om en äldre spektrometer, ursprungligen försedd med c:a 100 separata elektroder för att approximera ett perfekt sfäriskt fält, på så sätt, att de väsentligaste egenskaperna gjordes ställbara på elektrisk väg. De hundra elektroderna kastades i papperskorgen. Det är ju en uppenbar poäng med laddade partiklar jämfört med ljus, att optiska egenskaper låter sig justeras med potentiometer och inte med slipmaskin. Enkla teoretiska överläggningar gav vid handen, att de flesta av de bildfel som kan orsakas av avvikelser från den perfekta fältformen kunde minimeras med en lämpligt justerad inträdsvinkel i analysatorn. Detta utfördes helt enkelt med två små avlänkningselektroder omedelbart efter inträdesspalten, med resultat att spektrometern fick en skärpek kontroll, varmed mekaniska och ytpotentialfel lätt kunde reduceras till praktiskt taget noll.

Spänningskällorna

De hos oss använda spektrometrarna använder i storleksordningen 20 oberoende spänningar, varav flertalet med större eller mindre precision måste varieras under mätningens gång. Tidigare användes för de noggrannaste spänningarna ett antal mycket dyrbara kommersiella aggregat, som dessutom ofta gick sönder. Vi beslöt att försöka utveckla egna, som skulle motsvara högsta tänkbara noggrannhetskrav, men där mycket liten strömkapacitet erfordras. Instrumenten är ju elektrostatiska, och den ström som fotoelektronerna representerar ligger nedanför de flesta mätinstruments känsligaste område. Det visade sig snart, att det gick att åstadkomma dels en mycket stabil datorstyrd referensspänning och dels en långt driven stabilisering av korttidsvariationer (rippel) till låg kostnad. Det stora problemet blev att mäta utgående spänning som kunde vara i kV-klassen och sedan jämföra med referensen på 6V. Till detta behövs en resistiv spänningsdelare, och när toleranser i ppm-klassen kommer på tal dyker prislappar på fyrsiffriga belopp upp som ett brev på

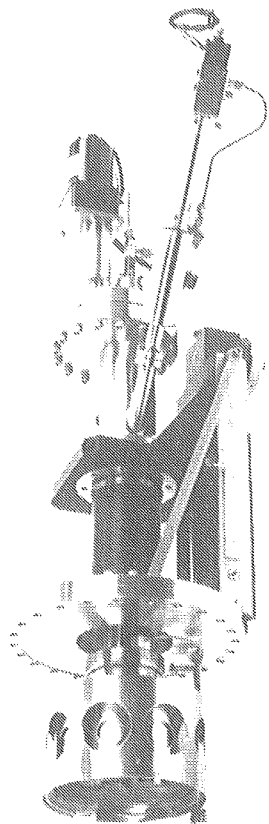
posten, om samtidigt resistansen skall vara hög för att minimera effekttåtgången. Detta problem löstes dock på så sätt, att spänningsdelaren utfördes genom serie- resp parallellkoppling av billiga standardmotstånd av samma resistans och ur samma tillverkningsbatch, där temperaturkoefficienten visade sig vara mycket lika exemplaren emellan. Temperaturberoendet blev typiskt 20 gånger lägre än det av tillverkaren garanterade.

Långtidsdrift

När nu alla spektrometerns spänningar var stabila på millivolten, kunde vi konstatera att en annan källa till drift förstörde upplösningen vid långvariga upptagningar. Spektrums nollpunkt var helt enkelt instabil med en variation på hundratals millivolt beroende på typ av gas, tryck, senast körda gas m.m. Detta ledde till en obehaglig valsituation. Antingen kunde spektrum svepas en gång med lång mättid per datapunkt, varvid man fick god upplösning på individuella linjer, men energiskalan på hela spektrum var mer eller mindre olinjär. Eller också, vilket var det utan tvekan vanligaste, sveptes spektrum snabbt över ett otal gånger och resultatet av delkörningarna summerades. Driften visade sig då som en allmän breddning och formförändring hos linjerna, men skalan blev helt linjär. Ambitiösa spektroskopister, till vilkas skara undertecknad i detta fall ej kan räknas, brukade spara de individuella delspektra separat för att sedan så att säga för hand summera dem med ett med ögats eller datorns hjälp bestämt energiskift infört. Tyvärr är det lätt både för öga och dator att göra fel med brusiga rådata, så artefakter uppstod lätt. Vi provade en metod, som under körningen dels bestämde skiftet med hjälp av korrelationsfunktionen mellan successiva delspektra, och sedan genom FFT och invers dito utförde skiftet, som även skulle kunna vara ett icke helt antal kanaler. Bekvämare än handmetoden, men artefakter i form av oscillationer över hela spektrum dök gradvis upp när det började se roligt ut. Till slut ramlade poletten ändå ned. Man gör så här: Först tas ett snabbt referenssvep över någon stark och skarp struktur. Denna lagras, och jämförs sedan som förut med varje kommande svep. Driften, som naturligtvis måste vara försumbar under varje delsvep, beräknas med korrelationsmetoden. Skillnaden är nu, att istället för att mäta och sedan artificiellt skifta nästa delspektrum före summationen, införs i styrdatorn det mätta skiftet som en offset på accelerationsspänningen som bestämmer vilken energi som skall passera analysatorn. På detta sätt kommer alla delspektra skenbart att ligga på exakt rätt energi varvid driftproblemet ej längre existerar.

Thermionics

Precision Gearbox Head with Heater and Sample Transfer



Thermionics Northwest, Inc.

- Complete sample drive—includes all heating, feedthroughs, flanges and connectors
- For 2" O.D. (standard) maximum sample (optional sizes to 5" O.D.)
- Provides continuous rotation during deposition
- Includes motorized rotary feedthrough and controller
- Quartz lamp heater for oxygen or chemical vapor environments
- Utilizes custom top hat motor drive
- Water-cooled gear drive for heater assembly
- All ball bearing drive
- Edge clip turn-to-lock sample transfer dock
- Sample face center on polar axis
- Electrically isolated sample

Scandivac

Vinkelvägen 61

590 41 Rimforsa

Tel.&Fax nr.013-410 50

De "obegripliga" breddningsmekanismerna

Nu förväntar man sig, att maskinen borde producera spektra med upplösning enligt teorin. Så var inte fallet, utan vi, likaväl som alla andra inom forskningsfältet, kunde bara konstatera, att det verkade finnas en gräns under vilken linjebreddden ej ville låta sig pressas oavsett alla förbättringar. För ädelgaser var den kanske dubbla teoretiska värdet, men för reaktiva molekyler typ klorväte kanske tio gånger. Det som hände var följande: Tag ren, fin spektrometer, börja mät på ädelgas. Få rätt bra upplösning. (1)Släpp in klorväte i förhoppning att ta riktigt fint spektrum. Börjar bra, intressant struktur skönjs i bruset. Vänta på bättre statistik. Strukturen försvann. Släpp in ädelgas för att kolla spektrometern. Bred, ful linje. Ta ut gascellen, måla med grafitsuspension (alla tiders universalmedel i den här branschen) och se, nu blir det smala linjer, på ädelgas vill säga. GoTo (1). Ja, så där höll vi (och alla andra som var intresserade av hög upplösning) på. Men, i ett annat sammanhang, när vi för vilken gång i ordningen vet jag inte, höll på med optimering av någonting på spektrometern, så ändrade vi på spänningarna i linsen och plötsligt syntes linjen krokig som en varmkorv. Vid denna tid hade vi en cylindrisk gascell, och vi trodde länge att krokigheten på något sätt berodde på detta. Så småningom slog det mig, att de krokiga linjerna ju faktiskt var smala, men vid normal linsinställning var linjebreddden ungefär densamma som om de krokiga linjerna projicerats på horisontalplanet (linjerna antas vertikala). Vad berodde krokigheten på? Och framför allt, kunde den tas bort, skulle upplösningen öka betydligt. (Detektorn kan man föreställa sig som en smal, rak, strikt vertikal spalt.) Först kontrollerades effekten av grafitmålnings med den inställning av linsens brännvidd, som gav smala fast krokiga linjer. Linjerna blev nästan raka men oftast lutande åt ena eller andra hållet. Sedan placerades en liten foliebit omedelbart framför excitationområdet, i riktning mot linsen. Linjen fick nu en skugga på mitten, och det visade sig, att denna var som skarpast markerad exakt vid den brännvidd, som svarade mot skarpa fast krokiga linjer. Slutsats: Krokigheten beror på en vertikal potentialgradient i gascellen, som tilltar under mätningens gång. Att linsen normalt körs med annan brännvidd beror på, att analysatorn är något astigmatisk, så att bästa transmission erhålls vid relativt dålig fokusering i vertikalled. Ett otal olika prov utfördes nu, för att försöka begripa gradientens ursprung. Slutsatsen blev, att en kontaktpotentialvariation uppstår både mellan gascellens tak och golv samt längs dess väggar, vilken troligen har fotokemiskt ursprung. Det visade sig också nästan ogörligt att grafitmåla så noga, att gradienten ej redan från början avsevärt försämrade upplösningen. Exempelvis spelade det roll, om cellen under torkningen stod rättvänt eller uppochned! Detta var i samklang med tidigare observationer, det var ofta en slump exakt vilken upplösning man fick efter ommålning.

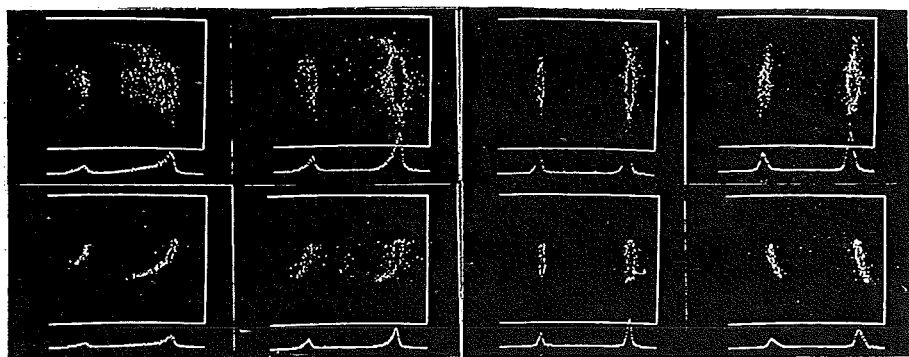
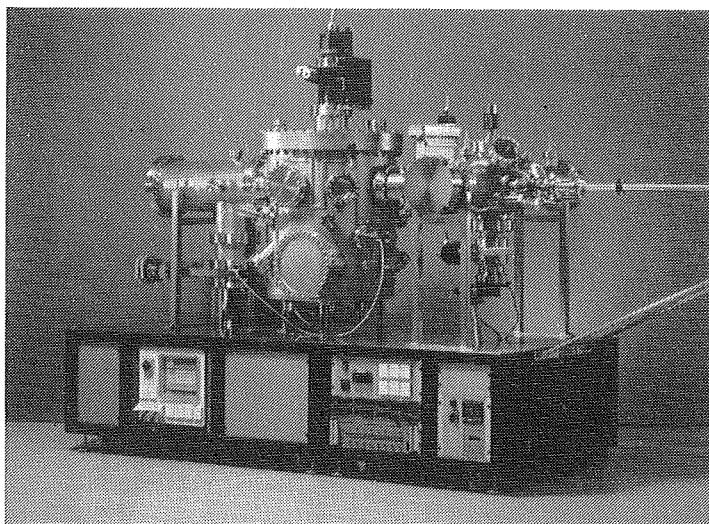


Fig. 4 Fotografier av TV-monitorn under körning av fotoelektron-spektrum på neon. Linjeseparationen är c:a 100 meV. Den övre serien visar linjeutseendet vid linsbrännvidd vald för maximal transmission, medan vid upptagningen av den undre brännvidden var inställd för optimal vertikal skärpa. De smala, fast krokiga linjerna framträder tydligt på det vänstra bildparet, som upptagits utan korrektionsfält i gascellen. De tre högra bildparen visar effekten av ökande korrektionsspänning. Par tre från vänster ger optimal upplösning. Under varje monitorbilderna syns ett spektrum, som visar effekten på linjeprofilerna. Notera, att denna är oberoende av linsens fokussering.

Nå, en potentialgradient låter sig ju lätt nollas ut med ett motriktat fält, så vi införde kvickt två elektroder, en ovanför och en under det från spektrometern synliga excitationsområdet. Variabla spänningar kopplades

DCA Instruments MTD-450 -Tunnnfilmsteknik i UHV



DCA Instruments MTD-450 Tunnnfilmsreaktor är ett flexibelt Ultrahögvakuumssystem avsett för tunnnfilmsbeläggningar i Multi-Teknik. MTD-450 finns med elektronstrålekällor, Knudsen- celler, högtemperaturkällor, magnetronkatoder, för laserablation och CVD. In-situ analys med RHEED, RGA och, eller andra tekniker. Allt i UHV-miljö med laddningskammare och preparationskammare.
Tre system nu installerade i Sverige.

crysis technology ab

Forskarbyn Ideon, 223 70 Lund. Tel: 046-182300, Fax: 046-168975
Skogslyckegatan 36, 582 56 Linköping. Tel: 013-133368, Fax: 013-135160

på, och det gick nu att rätta upp de mest krokiga linjer. En okompenserad linjebredd på 30 meV kunde på fem sekunder nedbringas till 6 meV. Bredden var nu också oberoende av linsens brännvidd. Efter preliminära justeringar på ädelgas togs kvävetuben fram, och de första heliumexciterade fotoelektron-spektra med tydlig rotationsbandstruktur dök upp på skärmen på bara någon minut. Ytterligare förfining i korrektionsfältet infördes, tillsammans med datorstyrd uppmätning och automatisk justering av korrektionselektrodspänningarna, vilket medförde, att även mycket reaktiva molekyler kunde köras under ett helt dygn eller mera med denna höga upplösning. Problemet var bara det, att upplösningen, nu visserligen oberoende av gastyp och körtid, envist höll sig på runt 6 meV, medan maskinen vid de använda parametrarna borde prestera runt 3 meV. Vi var uppenbarligen inte framme riktigt ännu. Många prov för att eliminera mer eller mindre exotiska breddningsmekanismer gjordes, utan resultat. Inträdesspalten ansågs tidigare kritisk, molybden anbefalldes av vissa som ett material överlägset grafit. Molybdenspalt tillverkades, utan resultat. Kanske lite sämre, så den målades med grafit. Då hände något. Från att ha varit som förut, försämrades upplösningen på ett dygn drastiskt. Linjerna hade fått en kamliknande struktur med taggar både åt lägre och åt högre energi. Metallmaterialet i spalten under grafiten var alltså kritiskt, men den tidigare använda metallen verkade långtidsstabil i kombination med grafit, så vi återgick till den. Inte heller här fanns lösningen. Kanske kunde gas sätta sig på spalten och bilda spridande potentialöar på eggarna? Uppvärmning av spalten under drift provades, med hjälp av fokuserat ljus från 1 kW-projektorlampa. Inget resultat.

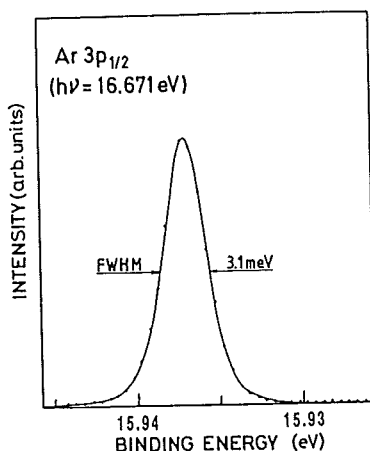


Fig. 5 Smal linje : Neonexciterad Argongas.

I ett annat sammanhang hade vi byggt en 25W 100 MHz RF-generator för plasmaproduktion. Ett infall fick mig att ansluta en liten antenn till denna och slå på den under det att spektrometern arbetade. Linjen svällde ut till minst den tiofaldiga bredden. Olika delar av spektrometern avsåktes med en liten antennstump, och det konstaterades, att breddning inträffade när denna befann sig nära genomföringarna till linsen. Detta var lite oväntat, då linsspänningarnas värde i princip ej påverkar elektronernas energi utanför linsen. Men om spänningen varierar snabbt, kan elektronen, vars hastighet ju är ändlig, komma in i ett element vid en spänning och utträda vid en annan. Dess hastighet ändras då, precis som i en linjäraccelerator eller klystron. Nu hör det till saken, att detta faktiskt förutsetts redan vid den första ombyggnaden av spektrometern, och troddes åtgärdat genom kraftig skärmning och RC-filter till spektrometerhöljet. Det visade sig dock, när problemet väl identifierats, möjligt att med enkla medel rejält förbättra filtrets dämpning för de allra högsta frekvenserna. Jämförelse mellan RF-generators fältstyrka och radiofrekvensbakgrunden i rummet visade, att en nivå fullt överensstämmande med den extra linjebredden existerade, främst från rundradio- och TV-sändare vilket kunde verifieras med frekvensanalys direkt på HF-oscilloskop. Ett vid första påseendet fullständigt överdrivet filter tillverkades, och spektrometern startades. Linjebredden sjönk till strax över 3 meV, och där har den sedan blivit kvar (se figur 5).

Resultat

Tack vare dessa åtgärder kan vi nu utföra studier av valensområdet hos atomer och molekyler med mycket hög upplösning i hela bindningsenergiintervallet från 0 till 52 eV.

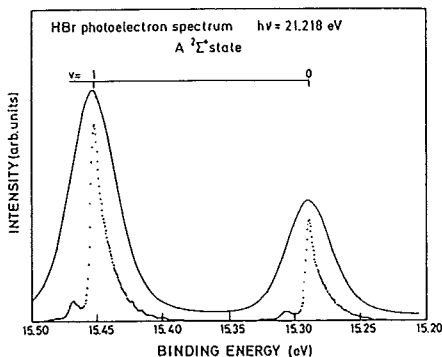


Fig. 6 Spektrum på reaktiv molekyl: Bromväte. Den symmetriska kurvan visar ett spektrum från 1989, med en upplösning och bakgrunds nivå typisk för denna spektroskopi. Under ses samma spektrum upptaget med den förbättrade utrustningen. Rotationsprofilerna framträder klart, och på flanken vid 15,42 eV syns enskilda rotationslinjer.

Den linjebredd som rutinmässigt kan erhållas med HeI-excitation är bättre än 4 meV, vilket har gjort det möjligt att för första gången studera rotationsstruktur i fotoelektronspektra. Hittills okänd vibrationsstruktur har observerats för ett antal molekyler, däribland syre i innervalensområdet samt i den mycket tunga molekylen I_2 (jodånga). Tunga molekyler har ofta låg vibrationsenergi, så där är upplösningen vital. Vidare har ett stort antal tidigare ej observerade atomära tillstånd och övergångar kunnat studeras i innervalensområdet för ädelgaserna. Vi utvecklar även metoder för att studera ångor av metaller och större organiska molekyler med hjälp av högupplösande UV-fotoelektronspektroskopi. Hittills har fullerenen C_{60} samt vismutmolekylen Bi_2 studerats. Vi tror oss kunna nå vibrationsupplösning även i sådana molekyler.

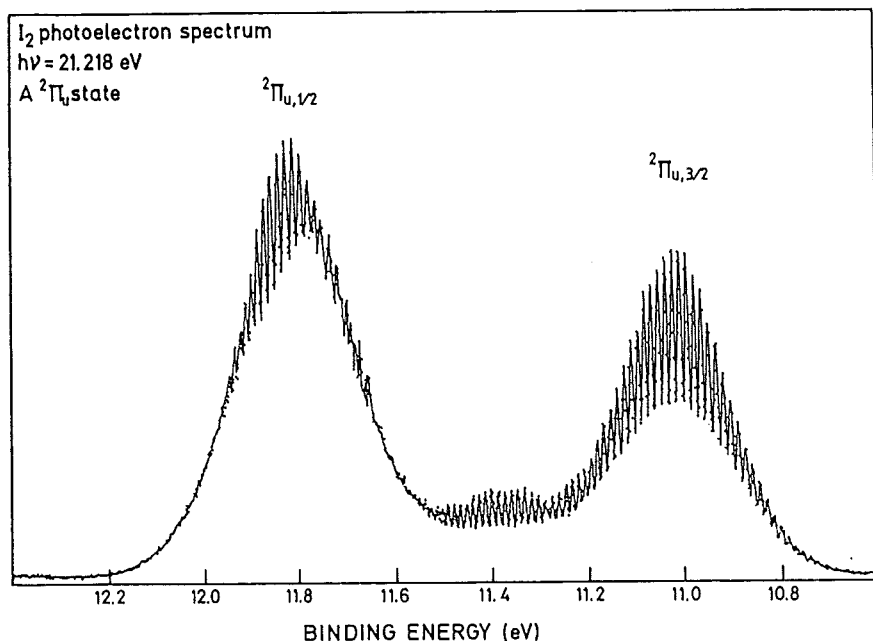


Fig. 7 Okänd vibrationsstruktur: Jodånga. Linjeseparationen är endast 14 meV och molekylen är mycket reaktiv.

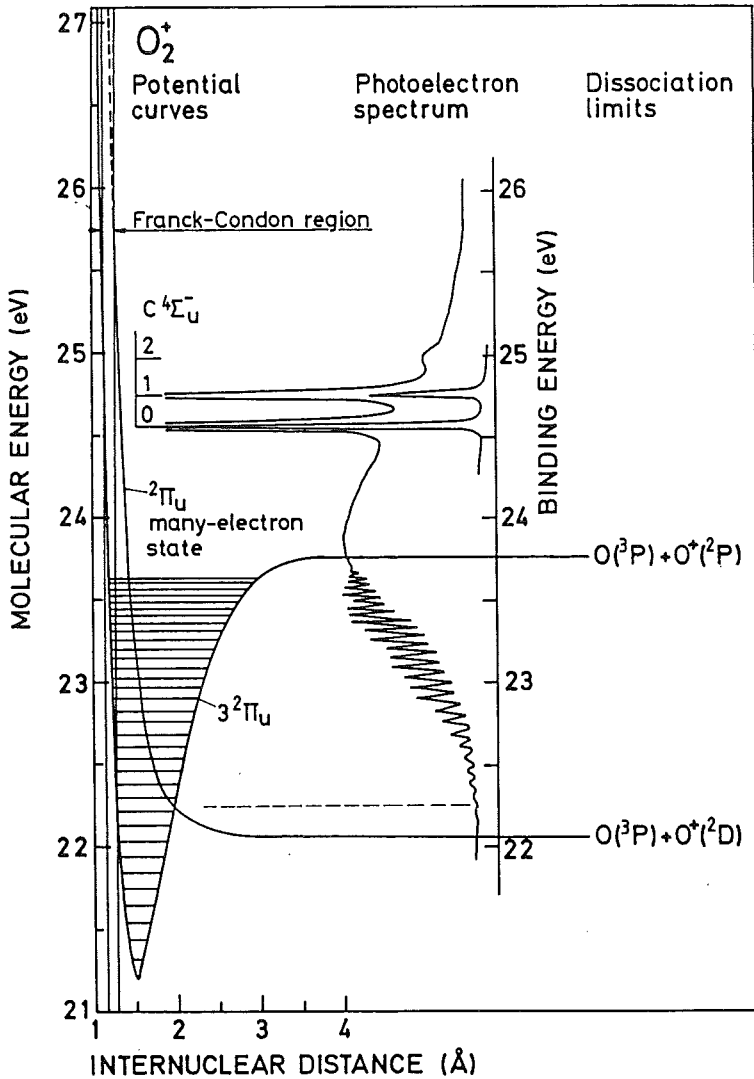


Fig. 8 Okänd vibrationsstruktur med ny teoribildning som följd:
Syrgas vid 23 eV bindningsenergi.

Företagsnytt

Konkurs & nytt företag.

Norskägda företaget Vacuum Products Scandinavia AB sattes i början av 1992 i konkurs. Gunno Hallberg blev då avskedad, men har hållit kontakt med tidigare leverantörer samt nya för att kunna fortsätta verksamheten. För att förenkla tillvaron för gamla kunder har Gunno valt att kalla det nybildade företaget Vacuum Products Scandinavia KB. Se vidare annons här i tidningen.

Reflexfritt för ögat med vakuumförångningsteknik;

I Uppsala finns ett företag som tillämpar tunnfilms- och vakuumteknik på ett intressant sätt; de tillverkar nämligen antireflexbehandlade glasögon och linser. De heter f n Rodenstock Sverige AB, men har under namnet Uppsala Optiska Industri AB funnits i staden över 50 år. De håller till ute vid Librobäck industriområde och har totalt c a 90 anställda. De håller enligt utsago faktiskt 25% av den svenska marknaden.

Vid detta företag används alltså vakuumförångningsteknik för att belägga glasögonoptik med olika absorberande färger och antireflexskikt. De kan också utföra superantireflexbehandlingar på mineralglas och även plast. I huvudsak använder de "båtar" vid förångningen, men använder faktiskt också elektronkanoner för de mer komplicerade beläggningarna. Elektronkanon-förångning används alltid där man inte önskar för hög värmeutveckling.

Förångningen sker för det mesta i 10^{-5} till 10^{-6} mbar-området. Substraten hålls vid temperaturer som sträcker sig från 50°C till c a 300°C. Maskinstyrningen är till en stor del automatiserad och datorstyrd. I maskinparken finns företag som Baltzers, Metal Lux och Stangl representerade. C a 15000 enheter/mån kan produceras med denna teknik.

I framtiden ser företaget framför sig en allt mer avancerad provbehandling. De skikt som kommer är superantireflexbehandling kombinerat med hårdhet och smutsavstötning

Ny representant.

Hidden Analytical Ltd säljer nu direkt till de nordiska länderna. Hidden är ett engelskt företag som tillverkar vetenskapliga instrument för vakuum-,

Nya turbopumpar!



EXT-serien förbättrad!

- ★ Längre livslängd — keramiska lager
- ★ Inget underhåll — ingen återfettning/smörjning krävs under lagrets livslängd
- ★ Större valfrihet — 4 storlekar, 70 l/s, 250 l/s, 350 l/s samt 500 l/s
- ★ Oljefritt alternativ — 250 l/s-versionen finns i magnetvariant

Erbjudande! Magnetlagrade EXT 250M med kabel och kontrollenhet 79 000:- + moms (gäller till 93-04-30)

TILLQUIST

Vakuumprodukter

Box 1100, 164 22 KISTA, Tel 08-632 32 00, Fax 08-752 70 91

gas-, plasma- och ytanalys. I dessa produkter finns kvadрупolmasspektrometrar, mikrogravimetriska analysatorer och elektrostatiska sonder för plasmakarakterisering inkluderade. Hidens produkter representeras i Sverige av Peter Nydahl.

Hiden Analytical LTD
Peter Nydahl
Vintervägen 14 A
352 37 Växjö
Tel: 0470-21353

Crysis öppnar i Linköping

Den 1 februari öppnar Crysis filialkontor i Linköping. Kristian Flodström arbetar numera för Crysis i Linköping. Kristian, som närmast kommer från Fisons, kommer att finnas i Linköping och ansvara för Crysis kundkontakter i Mellan- och Väst- Sverige. Till Kristian kan ni vända er med förfrågningar angående det mesta inom vakuumtekniken.

Crysis Technology AB
Skogslyckeegatan 36
582 56 Linköping
Telefon: 013-133368
Telefax: 013-133368

Huvudkötoret i Lund finns även i fortsättningen i Forskarbyn Ideon.

Crysis Technology AB
Ideon
223 70 Lund
Telefon: 046-182300
Telefax: 046-168975

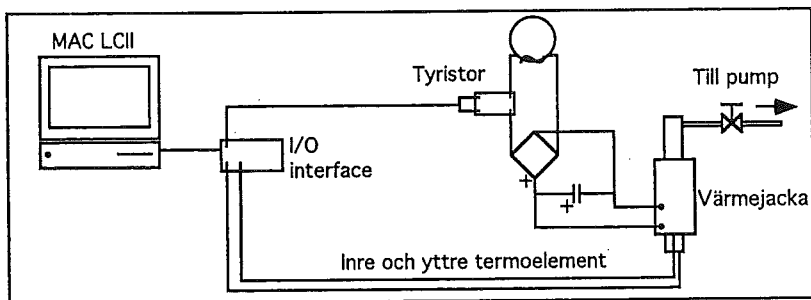
Nya Adresser.

Vacuum Products Scandinavia KB
Box 201
597 25 Åtvidaberg
Tel: 0120-14922
Fax: 0120-13907

Diverse Plock

EN BILLIG LÖSNING PÅ ETT DYRT PROBLEM

Ugnar för diverse uppvärmningsuppgifter kan vara ganska dyra i inköp. Ett enkelt och billigt sätt skall här presenteras. Problemet består i detta fall av att värma ett prov i UHV i ett rostfritt rör ($\varnothing$ 3 cm) och möjlighet att styra den inre temperaturen på ett tillfredställande sätt. En liten värmejacka från HEMI HEATING AB placeras runt röret och kopplas till en kraftkälla. Kraftkällan består av 220 V AC som likriktas till 310 V DC. En optisk tyristor öppnar och sluter AC kretsen med en analog 5 V signal. Kostnaden för kraftaggregatet inklusive tyristorn var cirka 500 kr. En dator som samlar upp mätvärden, styr temperaturen med hjälp av ett externt och ett internt termoelement. Prov med utrustningen har visat att ugnen kan värmas upp till 500 °C och den interna temperaturen kan hållas konstant på en grad när. Det har även visat sig att uppvärmnings- respektive nedkylningförloppet kan styras med god noggrannhet. En mer detaljerad beskrivning av systemet kommer i ett senare nummer av Vakuum NYTT.



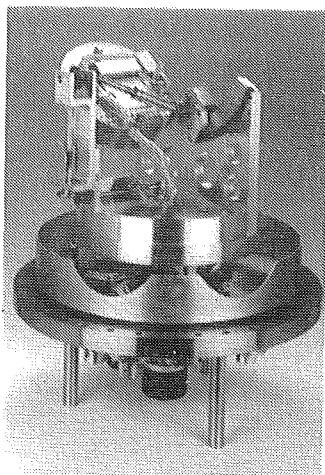
Peter Isberg

NEW

FISONS
Instruments

Angle Resolved Electron Spectrometer

ARUPS 10



- * *Precision 75 mm hemispherical analyser*
- * *Multi-element lens electronically switchable for angel resolution*
- * *2-axis precision goniometer*
- * *Singel or multi-channel detection*
- * *Mu-metal 2-level chamber for multi-technique analysis*

Fisons Instruments have been the clear leaders in angel resolved analysers for two decades. Now from VG Microtech the ARUPS 10 sets the highest ever standard in sensitivity and angular resolution with unrivalled precision and range of movement.

Contact Fisons Instruments Nordic AB, tel. +46 730 02 95 or fax +46 730 42 42 for more information.

“Extremvakuum: Uppnådda resultat och förväntningar”

av

C. Benvenuti

översatt till svenska av Fredrik Stillesjö

Del 2 av 2.

3.3 Kryopumpar

Man kan anta att en molekyl pumpas iväg om dess sojourntid på pumpytan är lång i jämförelse med varaktigheten av det experiment som kräver vakuum. Soujourntiden, t , bindingsenergin, E , och ytemperaturen, T , är kopplade till varandra via Frenkelekvationen (38):

$$t \propto e^{\frac{E}{kT}} \quad (2)$$

För stora E -värden, som är resultatet av en stark kemisk bindning (getterpumpar), kan väldigt stora t uppnås vid rumstemperatur. Om däremot pumpningen skall ske via den svagare van der Waals-kraften (fysisorption), måste temperaturen minskas i motsvarande grad (kryopumpning). När ett antal monolager av en gas har adsorberats på en kall yta, uppnås ett jämviktstryck. Utan gaslast motsvarar detta ångtrycket av den adsorberade gasen vid den kalla ytans temperatur. Ångtryck under 10-12 Torr för alla gaser utom He kan erhållas vid en temperatur av 2,3 K (39), som kan uppnås med ett flytande He-bad vid reducerat tryck (ungefär 50 Torr). Många modeller av flytande He kryopumpar har konstruerats och några är kommersiellt tillgängliga. De kryopumpar som används vid ISR (CERN) har utrustats med tvåstegs kylanordning (40) (41). Kylhuvudena i kryopumparna skyddas mot den yttre temperatursstrålningen med en kvävekyld skärm (42). Den uppnådda pumphastigheten är ($l\ s^{-1}\ cm^{-2}$) ca 9 för H_2 och 3 för N_2 och CO. Den totala pumphastigheten för H_2 är ungefär 4500 och 30000 $l\ s^{-1}$ för pumpar med ytterdiametrarna 32 respektive 80 cm.

I frånvaro av adsorberade gaser (en hyfsad approximation för EV-applikationer) är det uppmätta P_0 för dessa pumpar i storleksordningen 10^{-13} Torr, p g a urgasningen av H_2 ur stålet som används vid tillverkningen av pump-ens ytterväggar (ungefär 2×10^{-13} Torr ls^{-1} cm^{-2}). Ett P_0 som är en faktor 10 lägre kan erhållas genom att använda ett bättre stål. Pumpen kan arbeta i 200 dagar vid ett tryck av 10^{-8} Torr innan He behöver fyllas på.

4. Val av pumphsystem

Getterpumpar är det enklaste och mest ekonomiska sättet att uppnå stora pumphastigheter (större än 1000 l s^{-1}) för reaktiva gaser som representerar den största gaslasten i EV-området. De kräver komplementär pumpning för inerta gaser och för att noggrannt kunna urgas gettern under urbakningens gång. Komplementär pumpning utförs bäst med turbomolekylära pumpar under urbakning för att evakuera de frigjorda gaserna från vakuumsystemet. Efter urbakning måste turbopumpen förseglas från vakuum för att undvika att vätgas och oljeånga flödar bakåt och stödpumpning av inerta gaser kan tas om hand av SP-pumpar.

När man dimensionerar en SP-pump måste en kompromiss hittas mellan behovet av en stor pumphastighet vid låga tryck för inerta gaser, och urgasning av H_2 och pumpkostnader som båda ökar vid pumpstorlek. En noggrann dimensionering av SP-pumpen kan utföras om man vet den interna pumphastigheten vid låga tryck och urgasningshastigheten av inerta gaser. Urgasning av CH_4 kan variera beroende på ytrenheten, medan argon kan frigöras från virtuella läck-or i svetsfogarna på ett oförutsägbart sätt. Därför är det klokt att överdimensionera SP-pumpen och minimera urgasningen av H_2 genom att behandla alla komponenter på rätt sätt. Samma resultat kan erhållas genom att lägga till stora getterpumpar i, eller i nära anslutning till SP-pumpen för att så långt som möjligt förhindra att frigjort H_2 når EV-regionen av vakuumsystemet. För att uppnå tryck under 10^{-13} Torr-området med ett SU-pumpat system, är det nödvändigt att kyla SU-pumpen till flytande kväve temperaturer. Alternativt kan bakbara kryopumpar läggas till. Kryopumpar kan i princip uppnå EV själva, men det är praktiskt att också i detta fall lägga till några SP-pumpar för att behålla vakuumet innan

■BALTRADE

Ett komplement till det stora Balzers programmet.
Vi kan erbjuda följande fabrikat och produkter:

BALTEC



Komponenter och anläggningar
för elektronmikroskopi

Polycold
SYSTEMS INTERNATIONAL

Polycold Cryocooler ersätter LN₂ i
t ex baffle och meissnerfällor



VON ARDENNE
ANLAGENTECHNIK

Sputteranläggningar, planar magne-
tron, optiska plasmamonitorer



Tyreno

Prisvärda oljor för vakuum-
applikationer



Sputterkällor och kraftaggregat



COMMONWEALTH
SCIENTIFIC CORPORATION

Commonwealth. Jonkällor och jon-
etsutrustningar

CCM Instruments

Kapacitiva vakuummätutrustningar

BALZERS

Nordiska Balzers AB	Sjööängsvägen 15
Box 10 412	191 72 SOLLENTUNA
434 24 KUNGSBACKA	08 - 626 90 50
Tel 0300 - 710 80	08 - 626 90 26
Fax 0300 - 172 85	

kryopumpen kyls ned och också för att pumpa He som kan komma in genom små läckor. Dessa överväganden illustreras i följande exempel.

4.1 ISR-vakuumsystemet

Det 2 km långa vakuumsystemet för "Intersecting Storage Rings (ISR) vid CERN opererade vid ett medeltryck i låga 10^{-12} Torr-området (43). Vätgas var den dominerande restgasen med en urgasningshastighet av 10^{-13} Torr $1 \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. IS-ringen pumpades av 600 SU-pumpar med ungefär 100 l s^{-1} pumphastighet och 400 SP-pumpar med en pumphastighet av 350 l s^{-1} . Den effektiva pumphastigheten begränsades i de flesta fall av konduktansen för den elliptiska kammaren (44). SP-pumparna var överdimensionerade i ISR därför att man inte förutsåg användningen av SU-pumparna i initialskedet (45). Av denna anledning var partialtrycket för inerta gaser fullkomligt försumbart utom vid några skärningspunkter där SP-pumpar inte kunde installeras på grund av närvaron av partikeldetektorer. Exempelvis uppmättes trycket av CH_4 i en av dessa skärningspunkter till att ligga i det låga 10^{-13} -Torr-området med en SP-pumphastighet av endast några få l s^{-1} , vilket visar att mindre SP-pumpar kunde ha använts på andra ställen. För att inte ett mer konservativt synsätt kan man anta att ett inert gastryck mindre än 10^{-12} Torr kan uppnås genom att installera en SP-pump i storleksordningen $10 \text{ l s}^{-1} \text{ per m}^2$ av vakuumsystemets yta.

4.2 Ett laboratoriesystem för EV

Tryckmätarens EV-beteende studerades vid våra laboratorier genom att använda ett litet vakuumsystem som pumpades med en 350 l s^{-1} SP och 3 SU-pumpar där en kylades till flytande N_2 -temperatur (46). Alla rumstempererade delar av vakuumsystemet (mätstupen, pumparnas yttre väggar och SP-pumpens elektroder) hade blivit "Vakuum glödgade" (950°C , 10^{-6} Torr). Hela systemet har urbakats ett dussintal gånger vid 400°C . Under bakningen resulterade den extremt låga urgasningshastigheten för systemet redan vid 400°C i ett tryck av ungefär 2×10^{-8} Torr och endast pumpning med SP-pump. Vid denna temperatur är urgasningshastigheten för rostfritt stål ungefär 4 storleksordningar större än vid rumstemperaturer. Ungefär 2 dagar efter urbakning uppnåddes

rutinmässigt ett tryck av 10^{-13} Torr som sjönk till 10^{-14} Torr (eller lägre, detta var gränsen för vår bästa tryckmätare) när SU-pumpen kylades till flytande N_2 -temperatur. Residualgasen före kylning var troligen CH_4 , men den kunde inte mätas direkt därför att närvaron av restgasanalysatorn resulterade i ett sluttryck av 10^{-13} Torr. Olyckligtvis har kommersiella gasanalysator stor yta som resulterar i urgasningshastigheter av storleksordningen 10^{-9} Torr $l\ s^{-1}$.

4.3 NEG-pumpning

Den stora, elektron-positron kollideraren (LEP) som är under konstruktion vid CERN (denna artikel är ca sex år gammal; LEP är nu i full gång övers. anm) innehåller ungefär 1950 vakuumkammare, de flesta ungefär 12 m långa, tillverkade av en Al-legering (ISO AlMgSi, eller AA 6060) och pumpade med ett NEG-band (STI01). Banden är 30 mm breda och är fästa i ett solitt, rostfritt underrede via isolerande keramik i en "pumpkanal" i närheten av kammarens huvud(strål)kanal (30). Standardlängden för NEG-banden är ungefär 11 m. Vid dess yttersta del är NEG-pumpen kopplad till elektriska genomföringar som tillåter NEG-aktivering via resistiv uppvärmning. Pumpastigheten för 1 m av pumpen är ungefär $1000\ l\ s^{-1}$ för N_2 , $1500\ l\ s^{-1}$ för H_2 och $3000\ l\ s^{-1}$ för CO och CO_2 (36). Pumpning av inerta gaser i LEP tillgodoses genom tillägg av SP-pumpar med ungefär $30\ l\ s^{-1}$ nominell pumpkapacitet placerade i medeltal vid var 20:e meter.

De stora volymer gas som frigörs av synkrotronstrålnint under maskindrift motiverar den enorma pumpastigheten för de installerade NEG:arna (30) (47) (7). I frånvaro av denna dynamiska gaslast kan tryck som är mycket lägre än de erfordrade 3×10^{-9} Torr erhållas.

Acceptanstester som har utfört än så länge på ungefär 800 kammare indikerar att tryck i det höga 10^{-12} Torr-området kan uppnås 24 timmar efter urbakning (ungefär 20 h vid $150^\circ C$) och i det låga 10^{-12} Torr-området efter ett fåtal dagar. Det optimala trycket består i huvudsak av CH_4 (ungefär 80%) och H_2 (ungefär 15%). Under acceptanstesterna monterades en SP-pump med en nominell pumpastighet av $30\ l\ s^{-1}$ vid varje kammare.

Oberoende mätningar av tryckgradienten som erhöles medan kammaren pumpades vid endast en ytterdel (NEG-pumpningen icke-operativ) indikerar att urgasningshastigheten för H_2 är ungefär 2×10^{-13} Torr $l\ s^{-1}\ cm^{-2}$ 24h efter avslutad urbakning, och sjunker under 10^{-13} Torr $l\ s^{-1}\ cm^{-2}$ efter ett fåtal dagar. Urgasningshastigheten för CH_4 är ungefär 3×10^{-13} Torr $l\ s^{-1}\ cm^{-2}$ och trycket av denna gas är den samma oberoende om NEG-pumpen är aktiverad eller ej. Den uppmätta pumphastigheten för CH_4 med SP-pumpar vid 10^{-12} Torr är ungefär $20\ l\ s^{-1}$.

Förhållandet mellan kammarens yta A_c till NEG-pumpens yta A_g är ungefär 10 för LEP:s vakuumkammare. De monterade SP-pumparnas pumphastighet ligger i storleksordningen $4\ l\ s^{-1}$ per m^2 kammaryta och det resulterande trycket av CH_4 är ungefär 10^{-12} Torr. Genom enkel extrapolering av dessa mätningar erhåller man att ett totalt tryck i det låga 10^{-13} Torr området kan uppnås genom att öka SP-pumphastigheten med en faktor 10. Detta resultat uppnåddes faktiskt inuti i en mindre rostfri vakuumkammare som pumpades med en linjär NEG-pump och en $30\ l\ s^{-1}$ SP-pump (29).

Om ännu lägre tryck krävs bör också NEG-pumpens pumphastighet höjas. Användandet av ST707 NEG verkar mycket lovande ur denna synpunkt. Eftersom den kan aktiveras vid normala baktemperaturer behöver den inte elektrisk isolation och den kan packas tätt, för att i extremfallet täcka hela vakuumkammarens yta som resulterar i $A_c/A_g = 1/2$. Genom att anta att ST707 NEG har en pumphastighet liknande den för ST101, kan man hoppas på ett H_2 -tryck i det låga 10^{-14} Torr-området. Uppenbarligen kan denna fördelaktiga omständighet bli märkbar fullt ut endast om man i motsvarande grad ökar SP-pumphastigheten till en nivå av några få hundratals liter per m^2 vakuumkammaryta.

Hursomhelst måste mer information för lågtrycksbeteendet för ST707 NEG erhållas innan man kan lita på denna lösning, speciellt som några experiment har gett dåliga resultat (48).

4.4 Kryopumpning

Tryck så låga som 10^{-13} och t o m 10^{-14} Torr kan uppnås med kryopumpar i små vakuumsystem. Att använda kryopumpar för stora vakuumsystem är inte kostnadseffektivt p g a relativt låg pumphastighet för vätgas. Kryopumparna måste då anpassas för detta som resulterar i onödigt stora pumphastigheter för andra gaser.

Ett bättre angripssätt är att pumpa aktiva gaser med getterpumpning och lägga till kryopumpning för inerta gaser när man behöver kom ned i tryck under 10^{-13} Torr.

Tryck i 10^{-13} Torr-området har uppnåtts inuti två olika experimentområden i ISR vid CERN med ovanstående princip (49). Ännu lägre tryck kunde ha uppnåtts genom att använda ett rostfritt stål med en lägre urgasning av H_2 som används för tillverkning av vakuumkammare och kryopumpar. När getter och kryopumpar kombineras, måste kylningen av kryopumpen på-börjas efter det att aktivering av getterpumpen har utförts för att undvika att kryopumpa de avgivna gaserna.

5. Tryckmätningar

5.1 Begränsingar vid mätning av låga tryck

Bayard-Alpert givaren (B.A) är den mest använda tryckgivaren i UHV-sammanhang. I detta instrument accelereras emitterade elektroner från ett hett filament i riktning mot och in i ett cylindriskt nät och joniserar gasmolekyler inuti nätvolymen. De producerade jonerna samlas upp vid en rak tråd som är installerad i centrum av nätet. Kollektorströmmen I^+ är relaterad till elektronemissionsströmmen I^- , givarkänsligheten S och trycket P genom uttrycket:

$$I^+ = I^-SP + I_r \quad (3)$$

där I_r (residuala givarströmmen) representerar den tryckoberoende delen av kollektorströmmen. Den residuala strömmen kan uppkomma genom

olika fysikaliska mekanismer, där fotoemissionselektroner från kollektorn producerade av röntgenstrålning uppkommen från joniserande elektroner som träffat givarnätet, tillhör de viktigaste och mest studerade.

Sedan utvecklingen av BA-givaren på 50-talet, har de största ansträngningarna på lågtrycksmätningarna varit att minska I_r (2) (51) (52). För att göra detta är det givna angripssättet att reducera kollektorstorleken, som har gjorts tunnare (53)(54) och kortare (54) och slutligen placerade utanför nätvolymen för att skärmas så mycket som möjligt från röntgenstrålning (55) (56) (57) (58). En annan (komplementär) approach består i att öka givarkänsligheten genom att öka längden för elektronbanorna inuti nätvolymen. Detta kan uppnås genom att optimera elektronbanorna (59) och/eller utöka nätdiametern (60). Ett högre S-värde resulterar inte bara i en effektiv reduktion av I_r med avseende på den sanna jonströmmen, utan ger också en högre kollektorström för ett givet tryck som är en mycket önskvärd egenskap när man mäter mycket låga tryck. Om $I^- = 10^{-2}$ A och $S = 60 \text{ Torr}^{-1}$ (60), ger ekv. 3 $I^+ = 0,6 \text{ P (A)}$. Detta indikerar att tryck i 10^{-14} Torr-området resulterar i strömmar som kan mätas med god kvalitet med vanliga standardelektrometrar. Eftersom strömmar så låga som 10^{-16} A kan mätas med speciella instrument (t ex vibrerande tungelektrometrar), utgör mätningen av jonströmmen ingen begränsande faktor.

Ansträngningarna att reducera I_r kan hursomhelst märkbart reducera givarkänsligheten genom att ge jonkollektorn mindre känslighet. Vidare, för att reducera urgasningen kan det vara bekvämt att driva givaren vid ett lägre I^- , som resulterar i en fortsatt jonströmsminskning. Av dessa anledningar har högkänsliga givare konstruerats genom att både öka elektronbanornas längd m h a magnetfält (61) (62) (63) och genom att förstärka jonströmmen m h a elektronmultiplikatorer (64) (65). Detta senare angripssätt kan resultera i känslighetsvariationer och adderar en del komplexitet till instrumentet, men erbjuder den fördelen att basströmmen på elektroderna kan varieras och diskriminering, åtminstone till en del, av I_r från den sanna jonströmmen förhindras. Många lågtrycksgivare har rapporterats ha en tryckbegränsning under 10^{-12} Torr, men sådana har sällan uppmätts (46). För närvarande sträcker sig mätområdet för kommersiella givare endast till 10^{-12} Torr.

För FoU & industri:

**VAKUUMGENOMFÖRINGAR ↓ UHV
&
HÖGSPÄNNING ↑ 500 kV**

För frågor & kataloger:

PROXITRON AB

Box 324 * 591 24 MOTALA
☎ 0141-580 00 * Fax: 0141-584 95

5.2 Tryckstörningar av mätinstrumentet

Tryckgivaren skall inte bara mäta tryck på ett adekvat sätt; den skall heller inte influera det tryck som skall mätas. Oturligt nog är det vanligen inte fallet, därför att både värmen som uppkommer från den varma katoden resulterar i en ökad urgasning av H_2 och de accelererade elektronerna (och den röntgenstrålning som de producerar) desorberar H_2 , CO och CO_2 från de omgivande väggarna. En BA-givare som opererar vid $I=4$ mA kan ge upp-hov till en urgasningshastighet på 10^{-9} ls^{-1} för H_2 , även om det rostfria stålet i de omgivande väggarna är av en god kvalitet. Om givaren är instoppad i en rörkoppling med 34 eller t o m 64 mm innerdiameter, skulle en sådan urgas-ningshastighet resultera i ett lokalt tryck vid givaren som är högre än 10^{-12} Torr, vilken lågtryckskapacitet vakuumsystemet än har.

Av denna anledning är lågtemperatursemitterare av elektroner som toriumoxid eller lantalexaborid obligatoriska som katodmaterial för EV, och väggarna runt givaren måste också vara tillverkat av noggrant urgasat rostfritt stål och bakas in-situ vid en temperatur högre än $350^\circ C$.

Ett wolframfilament som arbetar vid $2000^\circ C$ kan dissociera polyatomära gaser som O_2 och H_2 . Detta resulterar i en pumpning (de väldigt reaktiva atomära elementen fastnar på vilken yta som helst där de träffar) som för H_2 kan uppnå till 2 ls^{-1} . Denna störning är inte så viktig i sig på system där pumpsystem med pumphastigheter på många tusen liter i sekunden har installerats. Men om givaren exponeras mot höga tryck av H_2 , som kan hända under Ti sublimation eller NEG-aktivering, kan en betydande mängd gas pumpas som senare kan resultera i en förlängd urgasning och förhindrar uppkomsten av det förväntade trycket. Också i detta fall kan ett motmedel hittas i användningen av lågtemperatur-emitterare av elektroner, som arbetar vid temperaturer som är för låga för att producera molekyllär dissociation. Om katoden är tillverkad av wolfram måste mätinstrumentet slås av vid höga tryck.

6 Slutsatser

Både Al-legeringar och rostfritt stål, den senare urgasad under vakuum vid 950°C, uppvisar urgasningshastigheter efter en in-situ urbakning nära eller under 10^{-13} Torr $1 \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. Pumpar (kryopumpar) eller pumpkombinationer (getter och sputter-jonpumpar) existerar med pump-hastigheter högre än 10^3 l s^{-1} och med tillräckligt lågt P_0 för att producera tryck i 10^{-12} Torr-området för stora vakuumsystem och 10^{-13} Torr i små laboratoriesystem. Till priset av en större ansträngning kan båda dessa gränser reduceras med en faktor 10 som har visats med en del exempel.

Trots att ett imponerande arbete har lagts ned de senaste 30 åren på att utveckla givare som är kapabla att mäta tryck under 10^{-11} Torr, har väldigt få av dem faktiskt testats ned till deras uppskattade mätgräns. Vidare existerar ingen givare på marknaden som kan mäta tryck i 10^{-13} Torr-området.

Restgasanalytatorer, som inte diskuterats i denna artikel, skulle teoretiskt sätt kunna användas för att mäta tryck ned till 10^{-15} -området, men deras höga urgasningshastighet är ett avgörande hinder för att uppnå tryck under 10^{-13} Torr.

Denna artikel innehåller en ganska diger referenslista. Den som är intresserad att veta mer inom detta ämnesområde kan vända sig till redaktionen för en fullständig källförteckning.

SPECTROGON

OPTISKA FILTER

bandpassfilter
långpassfilter
kortpassfilter
dämpfilter

TUNNFILMS- BELÄGGNINGAR

speglar
stråldelare
antireflex

HOLOGRAFISKA GITTER

plana / konkava
sinus / blazed
dye laser
Rowland
pulskompression

Box 2076, TÄBY, telefon 08 - 768 09 80, telefax 08 - 768 72 05

New design considerations for vacuum-systems in thin film processes

Anders Johnsson Crysis Technology AB, Science Park Ideon, Lund, Sweden
Jens Reichow DCA Instruments, Berlin, Germany

Summary

We can see clear indications that the traditional HV -Thin Film processes today, to a greater extent than earlier, are conducted in UHV reactors. The reduced background-pressure makes it possible to produce better layers with less impurities and with sharp interfaces. UHV conditions also bring possibilities of in-situ analysis. We acknowledge that the advantages are mainly those concerning inorganic device issues. There are also numerous other possibilities for growing organic materials, however this field of science is in an initial stage. We also see that more contacts between the Thin Film Research community and the Nuclear Physics and Surface Analysis groups are needed, in order to exchange practical experience in the field of Vacuum System Design.

Abstract

In this bulletin we report on the changing design considerations of vacuum systems used for thin film deposition or etching applications. The consideration are based upon numerous discussions with our system users and the increasing requirements for custom designed UHV deposition systems. Our intention is to describe and evaluate these facts and bring some attention to the comparison with conventional "true UHV " applications.

The UHV-system

UHV is most commonly defined as the pressure range below 10^{-8} mbar and is attainable only with special attention given to the choice of the pumps, seals and materials used in the reactor.

The mean free path in a system with a base pressure of 1×10^{-6} mbar is 5 meters compared to 500 meters in a system with a base pressure of 1×10^{-8} mbar. In a particle accelerator for nuclear physics, the mean free path is generally in the range of 50000 - 500000 meters

The lower the pressure, of course the less contaminants like i.e O_2 , H_2O , CO , CO_2 , and hydrocarbons are likely to interfere with the process.

For microelectronic, optical and other applications where line widths of parts of a micrometer are required, it is consequently essential to remove all contaminants and particles that can damage the product beeing constructed on the wafer.

Conventional UHV applications and designs

In Surface Analysis, Molecular Beam Epitaxy, Nuclear Physics and other areas of science and technology where extreme cleanliness is required, it has long been a standard procedure to use bakeable Ultra High Vacuum (UHV)-systems in order to maintain very low levels of impurities in the reactor.

In the conventional UHV applications mentioned above, it is standard practice to use Ionpumps and Titanium Sublimation Pumps, Turbopumps, Cryogenic Pumps and Getter Pumps. All of these pumps are generally considered to be "clean pumps", i.e. there are Turbopumps available with magnetic bearings, ceramic bearings and some can be backed with a dry diaphragm pump. These pumps also generate vacuum levels well into the UHV range. The turbopump and the cryopump give, in addition to good vacuum, also high pumping speed for most gases.

The seals are mainly metal. Copper sealed flanges and valves are standard. The Stainless Steel which is used for the construction of reactor vessels is normally with low carbon content and sometimes with Silicon or Nitrogen added. Copper is normally of OFHC quality. All this is to decrease the level of outgassing from the reactor walls which of course sets the level of vacuum that can be obtained in the vessel. Many other materials with low outgassing rates are used i.e. Tantalum, Titanium, and Tungsten.

Design considerations

Magnetron Sputtering, Resistive Evaporation, Chemical Vapour Deposition, Plasma Etching and Deposition, are all examples of traditional thin film processes that normally utilize a elastomer sealed High Vacuum Reactor, not designed for optimal cleanliness.

Since most of these thin film processes utilize a gas injection to the vacuum system, it was a major breakthrough when products like electropolished gas tubes, particle filters, point of use purification, all metal gas valves and flowcontrollers became available on the market. It was now possible to inject gases at the point of use with a maximum impurity level of less than 1ppb for N₂, H₂, O₂, H₂O, CO, CO₂, and hydrocarbons.

The remaining problem was that extremely clean precursors were introduced in to a vacuum system which immediately added impurities to the process.

Some of the above processes are done at fairly high pressures (10^{-4} to 100 mbar). This has brought to the market the "dry pumps", without oil lubrication still capable of reducing the pressure in the reactor to the 10^{-4} mbar range. So clean processing is now available, and we need to find ways to have a very good background with low impurity levels, before we start the process. If we apply the UHV-system-technology to these processes, we will get many advantages.

Advantages and possibilities with UHV.

We can pump the process reactor to a very low base pressure (10^{-10} to 10^{-11} mbar) before injecting the process gases. We can degas the reactor walls by heating the UHV (all metal chamber) to high temperatures. We can pre-clean and degas the specimen in a buffer chamber or load-lock prior to opening to the process reactor. We can transfer the specimen under UHV conditions directly to an Analysis Stage.

We acknowledge that all this at the moment mainly applies for research and development or small scale production reactors. However if we look at the production of semiconductor and optical III-V and II-VI compounds and devices, these are very often manufactured by means of MBE (Molecular Beam Epitaxy) which is a true UHV process, involving all the earlier mentioned considerations.

Starting with the substrate cleaning procedure, it will be possible to use an Ion Gun for the cleaning, since we can produce an good enough pressure in the system for the Ion Gun to operate. With a base pressure in the reactor in the 10^{-11} mbar range, we can keep the substrate clean since the formation of one monolayer of oxide will take between 1-10 seconds.

From a processing point of view, due to the clean background, with magnetron sputtering it is possible to manufacture i.e solar cells with very good efficiency in small scale production.

Using MBE technology with UHV high temperature effusion cells (up to 2000°C) it is possible to deposit metals and materials such as: Si, Ge, Ti, Au, Cu. This allows for the preparation of for example in-situ Ohmic contacts to produce an on-chip-device. Fast acting shutters (50 msec) allow for the growth of superlattices for semi- and HT -super conductors by using Atomic Layer- or Migration Enhanced Epitaxy.

The all metal UHV reactor also utilize the installation of several kinds of in-situ analysis equipment i.e RHEED, LEED, QMA, STM, and Ellipsometry. This gives the user the possibility to observe the growth or etching mechanism.

Acknowledgements:

Prof. Sören Berg, Uppsala University, Dept. of Technology, Uppsala, Sweden.

Lars Bagge, The Manne Siegbahn Institute of Physics, Stockholm, Sweden.

Ordförande

Ulf Karlsson, Materialfysik, KTH, 100 44 Stockholm
Tel. vx 08 - 790 6000, Fax: 08 - 249131

Föregående Ordförande (nytt för i år)

Birgitta Gelin, Uppsala Universitet, Box 256, 751 05 Uppsala
Tel. 018-181978

Vice ordförande.

Lars Westerberg, The Svedberg Laboratoriet, Box 533, 751 21 Uppsala
Tel. 018-183060

Skattmästare.

Leif Thånell, MAX-lab, Box 118, 221 00 Lund
Tel. 046-107691

Företagsrepresentant

Stig Johansson, Nordiska Balzers AB, Box 10412, 434 24 Kungälv
Tel. 0300 - 71080

Ledamöter

Bengt Nilsson, Fysik avd. Nanometer lab, CTH, 412 96 Göteborg
Tel. 031-7723319, 7723302

Roland Jacobsson, Spectrogon AB, Box 2976, 183 02 Täby
Tel. 08-7680980

Jan-Erik Sundgren, IFM, LiTH, 58183 Linköping
Tel. 013-281277

Redaktör och Sekreterare

Björgvin Hjärvarsson, Fysiska Institutionen, Box 530, 751 21 Uppsala.
Tel. 018-183596, Fax 018-183524

På redaktionen

Fredrik Stillesjö, Fysiska Institutionen, Box 530, 751 21 Uppsala.
Tel. 018-183596, Fax 018-183524

*VAKUUM NYTT är ett medlemsorgan för
Svenska VAKUUMSÄLLSKAPET*

Vacuum Products Scandinavia KB

Vi representerar följande leverantörer:

ULVAC, Japan:	Pumpar, He läcksökare, Cr-Blanks masspektrometrar, tjockleksmätare, ellipsometrar, rena material, oljor, MBE- system, roll-coater, sputtersystem, CVD, jon- implanterare, vakuumlödugnar, mm, mm
Shinko Denshi, Japan:	Laboratorievågar.
VEECO, USA:	Ytprofilmätare, mikroetssystem.
Thermionics, USA:	Manipulatorer, byggdelar, MBE-system och "Custom design".
PINK, Tyskland:	Byggdelar.
HOCHVAKUUM, Tyskland:	Ytanalysutrustning och vakuumsystem.
CETEC, Schweiz:	Ventiler.
EVAC, Schweiz:	Byggdelar.
DeMaCo, Holland:	Vakuumisolerande rör.
STAR, Storbritannien:	Tryckmätare.
Austin House, Kanada:	Spänningsomvandlare 220 - 110 V
DIGITEC, Italien:	Temperaturmätning och regleringsutrustning.

Gunno Hallberg

VACUUM PRODUCTS SCANDINAVIA KB

Box 201
597 25 Åtvidaberg
Tel: 0120-14922
Fax: 0120-13907

Från Redaktionen.

Dead-line för Vakuum Nytt nr 56 är 1:a maj 1993 !!

Tips om artiklar, önskemål om artiklar mm mottages tacksamt. Även nyheter om olika aktiviteter, nya företag etc. Eftersom tidningen bearbetas med hjälp av dator, är det mycket tacksamt om material kommer på diskett. Format är inte viktigt, PC eller Mac. Specifiera format och vi ordnar resten. Sänd även hårdkopia (papper) för att försäkra Er mot förluster i texten.

Allt material till tidningen skickas till:

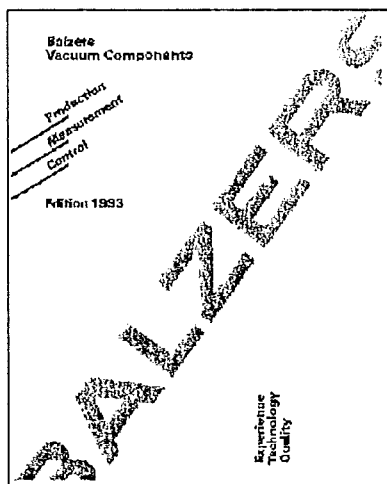
Vakuumnytt
Björgvin Hjärvarsson
Fysiska Institutionen, Box 530,
751 21 Uppsala.
Tel. 018-183596
Fax. 018-183524

Hjälp till !!!!

När tidningen alla som arbetar med vakuum ? Om inte, kan DU hjälpa till med att sprida information om Svenska Vakuumsällskapet. Berätta för dina kamrater om Vakuumsällskapet. Att bli medlem är enkelt, sätt in 50 kr på postgironummer 88 00 43-5, MEN SKRIV DITT NAMN, ADRESS och TELEFONNUMMER på postgirosedeln. Alternativt kan förtryckta inbetalningskort erhållas ifrån redaktionen.

Björgvin Hjärvarsson och Fredrik Stillesjö.

NYA KATALOGEN ÄR HÄR



Ring 0300 - 710 80 för Ditt eget exemplar

BALZERS

Nordiska Balzers AB	Sjöängsvägen 15
Box 10 412	191 72 SOLLENTUNA
434 24 KUNGSBACKA	08 - 626 90 60
Tel 0300 - 710 80	08 - 626 90 26
Fax 0300 - 172 85	

