

Material & Vakuum



För medlemmar i Svenska Vakuumsällskapet

SEPTEMBER 2013

Cryo AB

Sidan fyra

Desiree

Sidan sex

Magnetron Sputtering

Sidan tio

Kylning av vakuumpumpar

Sidan fjorton

Din kompletta vakuumleverantör!

Vakuum

oerlikon
leybold vacuum

Frystorkar

SRK SYSTEMS
TECHNIK

Elektronmikroskopi

SPI
SUPPLIES

Reservdelar

Capitol
VACUUM PARTS

Service

Low²High
vacuum

031-68 84 70 | www.low2high.se | 018-470 84 70



Kommande konferenser

IVC 19-ICSS 15

Den 9-13 september 2013 i Paris, Frankrike.

ICTF 16

Den 13-16 oktober 2014 i Dubrovnik, Kroatien.

SVS söker internationell konferens inför 2019

Sällskapet har genom Professor Lars Montelius, försorg presenterat en ansökan till IUVTSA om att arrangera IVC-19 2019 i Lund.

Tre andra länder tävlar utöver Sverige om att arrangera denna konferens. Antalet deltagare till konferensen beräknas till omkring 1 200 personer. Beslut om vilket land som kommer att få arrangera konferensen avgörs i Paris i september i år.

Nominering

Professor Lars Montelius är nominerad till president elect i IUVTSA:s styrelse.

Annonsera?

Format

Helsida	190x256 mm
Halvsida	190x125,5 mm
Kvartssida	92,5x125,5 mm

Material

Tryckfärdig PDF fil utan skärmarcken och utfall. ICC profil som skall användas är Fogra -39 eller liknande. Skickas till info@playreklam.se alternativt tyngre dokument och bilder med <https://play.wetransfer.com/>

Behöver du hjälp?

Kontakta Niklas Karlsson
niklas@playreklam.se – 070-345 62 65

Vad är vakuumsällskapet?

Svenska Vakuumsällskapet, SVS, är en ideell intresseorganisation för enskilda personer, institutioner och företag, verksamma inom materialvetenskap, vakuumfysik och vakuumteknologi inom såväl forskning som industri. SVS inriktning är att, verka för ökade kontakter samt sprida kunskap genom att bland annat arrangera kurser, workshops och konferenser inom de discipliner sällskapet verkar i.

SVS är medlem i den internationella paraplyorganisationen för nationella vakuum-sällskap, IUVTSA, International Union for Vacuum Science, Technique and Applications vars roll är att verka för internationella samarbeten. Sedan svenska vakuumsällskapet grundades för 40 år sedan, år 1973, har det skett en enastående utveckling inom de områden föreningen representerar. Vid tiden för bildandet av sällskapet var vissa av de idag ingående disciplinerna inte utvecklade utan de har kommit till tack vare de enorma framgångar och den utveckling som skett inom materialvetenskap, ytfysikens och dess närliggande områden. Förutom vakuumtekniken, med stora landvinningar inom bland annat mät- och analysystem ESCA, STMS etcetera finns idag en rad forskningsområden såsom materialvetenskap, ytfysik, nanofysik etcetera som kontinuerligt kommer fram till nya resultat som ofta leder till nya material och att deras egenskaper utvecklats och ofta leder till nya produkter och företag. Många av de produkter som i dag finns runt om i världen och har stor påverkan i vår vardag härstammar ofta från forskningsresultat inom dessa discipliner.

För att tydliggöra sällskapets inriktning togs beslut på årets årsmöte om att ändra namnet Svenska Vakuumsällskapet (akronym SVS) till Föreningen för Materialvetenskap och Vakuumteknik (akronym FMVVT). Enligt stadgarna krävs beslut på två på varandra följande årsmöten varav ett kan vara ett extra möte. Det engelska namnet blir Swedish Society for Materials Science and Vacuum technology. Den nya medlemstidningen, Material & Vakuum, kommer bland annat att innehålla aktuella artiklar och reportage från de verksamheter som sällskapet är verksamt inom. För att tidningen skall bli så bra som vi önskar tar styrelsen mer än gärna emot idéer och förslag som bidrar till att Material & Vakuum kommer att spridas och läsas av många inom de olika verksamhetsområdena.

Svenska vakuumsällskapet är ett av 32 nationella sällskap från hela världen som tillsammans bildar den internationella organisationen IUVTSA (International Union for Vacuum Science, Technique, and Applications). Organisationen har följande divisioner:

- Applied Surface science
- Bio Interfaces
- Electronic Materials and Processing
- Nanometer Structures
- Plasma Science and Technique
- Surface Engineering
- Surface Science
- Thin film
- Vacuum Science and Technology

www.vakuumsallskapet.se

STYRELSEN

Lars Brännholm
ORDFÖRANDE
Stockholms universitet

Fredrik Arrhen
SEKRETERARE
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås

Lars Johansson
Karlstad universitet

Anders Mikkelsen
Lunds universitet

Kristian Flodström
Rowaco AB

Magnus Odén
Linköpings universitet

Lars Westerberg
VICE ORDFÖRANDE
Uppsala universitet

Ulf Helmersson
KASSÖR
Linköpings universitet

Lars Hellberg
Chalmers tekniska högskola

Patrik Löfgren
Stockholms universitet

Bli medlem samt få information om sällskapet och dess verksamhet
www.vakuumsallskapet.se

Produktion
Play Reklamproduktion
www.playreklam.se

Annonsbokning
Niklas Karlsson
0141-75 44 80

Tryck
Davidsons Tryckeri
September 2013





Tre kalla killar på Cryo – Bengt Fredriksson, Conny Myrberg och Johan Sternhuvud.

CRYO AB

Ett världsledande företag med iskalla tankar

En av världens ledande tillverkare av utrustning för lagring och transport av gaser som är kylda till flytande form finns i Göteborg. Cryo AB har tagit fram en ny typ av bränsletankar som gör det möjligt att byta diesel mot naturgas, det medför minskade bränslekostnader och större miljövinster.

Nya bränsletankar

En av världens ledande tillverkare av utrustning för lagring och transport av gaser som är kylda till flytande form finns i Göteborg. Cryo AB har tagit fram en ny typ av bränsletankar som gör det möjligt att byta diesel mot naturgas, det medför minskade bränslekostnader och större miljövinster.

Termoseffekt

För att kunna transportera och förvara den nedkylda gasen, kylvätskan, tillverkar företaget Cryo AB tankar som i stort sett är som stora termosar. En ytter- och innertank med ett mellanrum av perlit består tankarna av. Perlit är en vulkanisk stenart som behandlats under hög värme, stenen är väldigt isolerande och som i förstoring ser ut som ett pop-corn. Luften pumpas sedan ut ur mellanrummet så att ett lågt vakuum bildas. De nya bränsletankarna som Cryo AB utvecklat används i olika typer av fartyg. Den största utvecklingen som skett på senare år är just inom kryoteknik för marin användning.

Vinst av utrymme

När man kyler gas till flytande form, kryoteknik, blir det mycket enklare att använda gasen som bränsle och att transportera den. Naturgas blir till flytande form i en temperatur av minus 162°C, detta sker när man komprimerar, kyler, värmeväxlar, kondenserar och destillerar gasen. Det resulterar i en nedkyld vätska som tar 600-900 gånger mindre plats än gasen.

Viktigt bollplank

Cryo AB grundades 1942 och har sedan dess bistått gasindustrin med hög kompetens och avancerad teknik. När det gäller att välja den mest effektiva och ekonomiska frysutrustningen är Cryo AB ett viktigt bollplank för de flesta industriella gasföretag. Sedan 2000 är Cryo AB ett oberoende företag som tillhör Linde division Engineering. Cryo AB är certifierad tillverkare av kryogena tryckkärl med produktionen enligt flera nationella och internationella godkännanden och standarder, till exempel CE, ASME, 9001 ISO, ISO 14001, OHSAS 18001.

DESIREE

Double Electrostatic Ion Ring ExpEriment

Inledning

Under de senaste månaderna har en ny anläggning tagits i bruk på Fysikum vid Stockholms Universitet. Anläggningen som går under namnet DESIREE (Double Electrostatic Ion Ring ExpEriment) är, som namnet redan antyder, en elektrostatiske jonlagringsring.

Mycket enkelt kan en lagringsring liknas vid en fälla där man fångar och lagrar joner som transporteras i en cirkulär bana. När jonerna är lagrade har man möjlighet att studera deras egenskaper med hjälp av spektroskopiska metoder eller utföra kollisionsexperiment med till exempel andra typer av joner eller fotoner.

Det finns flera fördelar med att välja en elektrostatiske lagring före de mer traditionellt förekommande magnetiska ringarna. I en elektrostatiske ring används endast elektriska fält för att styra och fokusera jonerna medan magnetiska lagringsringar använder magnetiska fält. I det senare fallet kommer förmågan att böja en jonbana för en bestämd magnetstyrka bero på jonens laddning, energi (hastighet) och massa. Hos ett elektrostatiske element beror samma egenskap endast på jonens laddning och energi. Detta öppnar nya möjligheter att studera joner med mycket hög massa vilket är en begränsande faktor för många magnetiska lagringsringar. Förutom denna "massoberoende" egenskap är elektrostatiske ringar oftare billigare att bygga och erbjuder dessutom en mycket kompaktare design vilket i sin tur skapar möjligheter för kylning till en rimlig kostnad.

På senare tid har flera elektrostatiske lagringsringar tagits i drift världen över och ett antal håller på att byggas upp eller projekteras. I jämförelse med redan existerande elektrostatiske lagringsringar har DESIREE två unika egenskaper, dels utgörs DESIREE av två lagringsringar med en gemensam raksträcka, dels är det möjligt att kyla DESIREE till temperaturer omkring 10 K. Förutom att det går att utföra liknade experiment som redan görs vid andra elektrostatiske anläggningar, kommer DESIREE, med sin dubbelringstruktur, att erbjuda möjligheter för helt andra typer av experiment. Joner med motsatt tecken kommer att injiceras i ringarna och växelverkan mellan dessa partiklar kommer att kunna studeras på den gemensamma raksträckan. Genom att dessutom kyla DESIREE till temperaturer omkring 10 K ges möjligheten att studera molekyllära joner i sina lägsta kvanttillstånd. Detta är inte möjligt i rumstempererade ringar då strålningsvärmens från den omgivande vakuumkammaren kommer att värma de lagrade jonerna. En kryokylad vakuumkammare skapar dessutom ett extremt bra vakuum vilket har en positiv effekt på livslängden på de lagrade jonerna.

Jonoptik och joninjektion

DESIREE består av två stycken elektrostatiske ringar som har en gemensam raksträcka där joner från ringarna kan sammanfalla (se Fig. 1 och 2). Ringarnas omkrets är cirka 9 m vardera och varje ring utgörs av två 160° (Fig. 3a) och fyra 10° horisontella avlänknings samt fyra

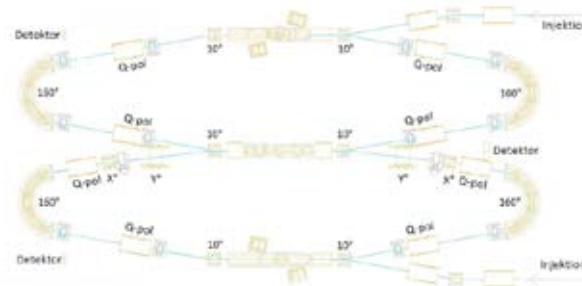


Fig. 1 Schematisk bild över jonoptiken.

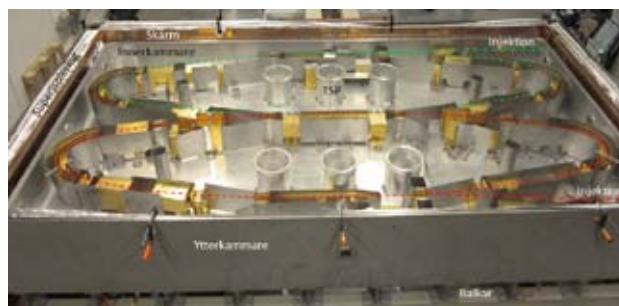


Fig. 2 Bild på DESIREE:s insida strax innan locken till innerkammaren, skärmen och ytterkammaren monterades. De guldpläterade objekten är jonoptiken. Jonbanorna i de två ringarna är skärmade med tunna rostfria plåtar för att förhindra att jonerna skall påverkas av elektriska fält från elektriska genomföringar med mera. De sex cylindrarna i mitten på bilden är skärmarna till Ti-sublimationspumparna som också fungerar som stöd för locket till innerkammaren.

quadrupoldubletter (Q-pol i Fig. 1) för fokusering (Fig. 3b). Eftersom två av 10° elementen är gemensamma för de två ringarna så krävs ytterligare horisontella avlänknings i en av ringarna (den undre i Fig. 1) för att joner med olika massa och energi skall kunna sammanfalla längs den gemensamma raksträckan. Båda ringarna är dessutom försedda med ett antal korrektionselement som kan göra mindre justeringar av jonernas position horisontellt och vertikalt.

Injektion av joner kommer att ske från två separata jonkälla-plattformar. Strålgångarna mellan DESIREE och de två plattformarna är utformade så det går att injicera från båda plattformarna i ringarna (se Fig. 4). Energin på de cirkulerande jonerna bestäms väsentligen av injektionsenergin som i sin tur bestäms av spänningen på de två injektorplattformarna. Mindre ändringar i energi kommer dessutom att kunna göras med hjälp av ett antal driftrör som sitter längs ringarnas raksträckor

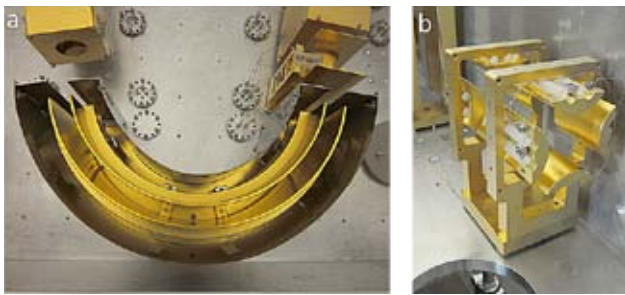


Fig. 3 160° avlänkning sedd ovanifrån (a) och quadrupoldublett (b) under monteringsfasen. Alla optiska element är tillverkade i aluminium och monterar direkt mot innerkammarens bottenplåt. All jonoptik är gulförgylld för att undvika oxidbildning på elementens ytor som kan störa de elektriska fälten. I vänstra bilden syns även ett korrektionselement (närmast 160° avlänkningen), två skärmade quadrupoldubletter och ett antal flänsar med elektriska genomföringar.

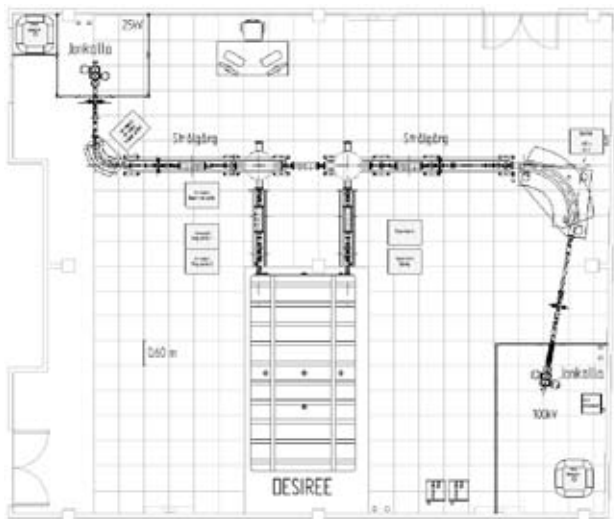


Fig. 4 DESIREE-anläggningen med jonkälleplattformar, strålgångar och DESIREE-kammaren.

samt ett enkelt RF system som är avsett att användas vid experiment med "bunchad" stråle. Eftersom det är bestämt att hastigheten på jonerna från de två ringarna skall vara lika i den gemensamma raksträckan följer att förhållandet mellan energi måste vara samma som förhållandet i massa för jonerna i ringarna. Den maximala plattformsspänningen för "lätta" joner kommer att vara ± 25 kV medan den för tyngre joner kommer att vara ± 100 kV. Accelerationsspänningar till 5 kV förutsätts användas vilket innebär att det maximala förhållandet i massa för joner i ringarna blir en faktor 20 för enkelt ladda joner. Vid experiment med sammanfallande strålar kommer joner med olika tecken att injiceras. Eftersom en typ av jonkälla inte kan framställa samtliga typer av joner är jonkälleplattformarna utformade så att olika typer av jonkällor kan monteras. För produktion av positiva enkelladdade atomära joner och mindre molekyljoner används standardjonkällor av Nielsen typ. Negativa joner av samma slag levereras från en sputterjonkälla (SNICS II). För experiment med större molekyler och biomolekyler kommer en så kallad elektrospayjonkälla att användas.

Teknisk design - Vakuum

En avgörande egenskap hos en lagringsring är livstiden för de injicerade jonerna. Jonernas livstid måste vara tillräckligt lång så att det blir möjligt att utföra experiment. För ett system med väl fungerande jonoptik kommer det att vara kollisioner med restgasen som sätter den slutliga gränsen för den lagrade jonstrålens livslängd. Detta innebär att ju lägre tryck man kan nå, desto längre livstider kan uppnås. (För kalla system är det viktigt att komma ihåg att det i själva verket är partikeltätheten som är den begränsande faktorn då trycket sjunker när temperaturen blir lägre utan att partikeltätheten behöver ändras.) Vakuumegenskaperna vid en lagringsring är med andra ord en viktig faktor och ibland högst avgörande för vilket typ av experiment som kan utföras.

Vakuumsystem i DESIREE är i grova drag urformat som en kryostat (se Fig. 2 och 5). Det finns en inre och en yttre vakuumtank med en mellanliggande kyld skärm tillverkad i OFHC koppar. Utanpå koppar-skärmen ligger dessutom 30 lager av så kallad superisolerings som har till uppgift att skärma strålningsvärmens från den rumstempererade ytterkammaren. Den inre kammaren är av värmelednings- och vakuumelektroniska skäl tillverkad i aluminium (Al6063) medan den yttre är tillverkad av vanligt konstruktionsstål. Denna typ av stål är mycket billigare än

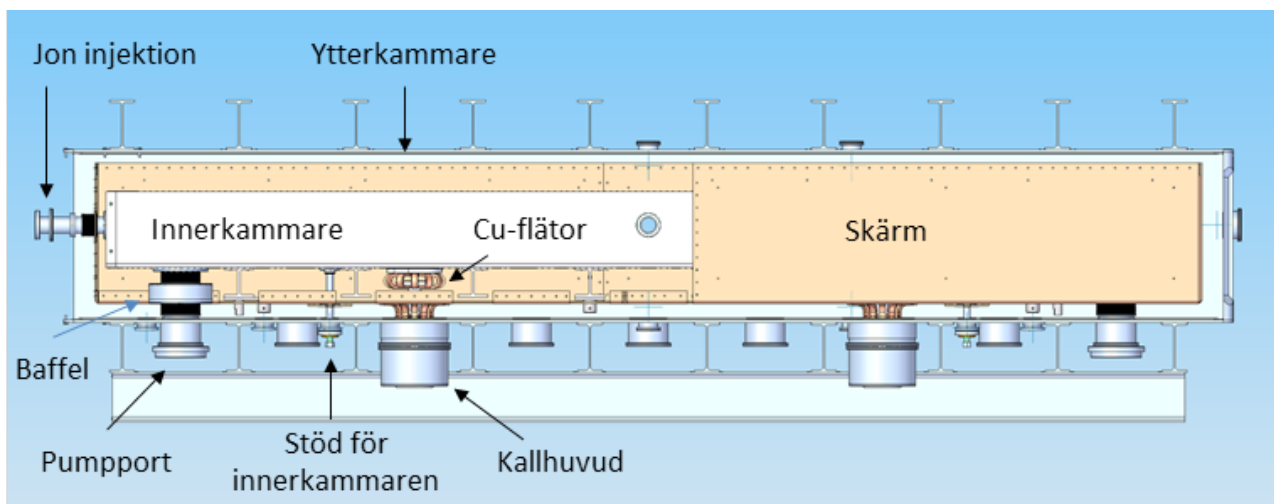


Fig. 5 Sidovy av DESIREE i genomskärning.

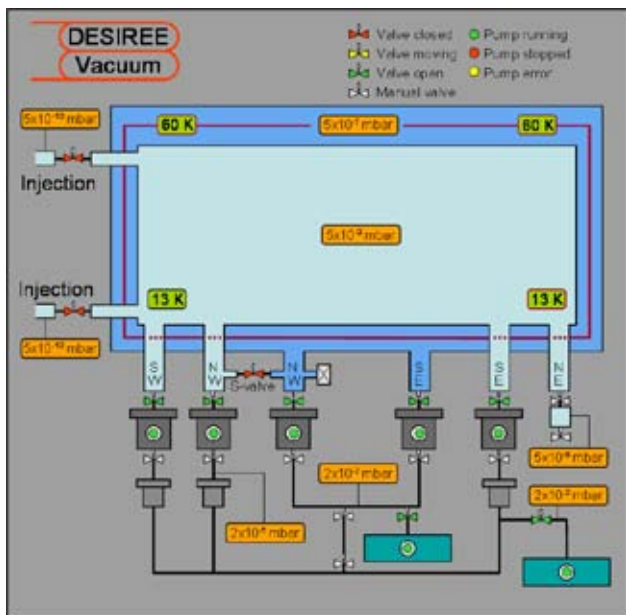


Fig. 6 Schematisk layout över DESIREEs vakuumsystem.

rostfritt stål som annars är oftast används vid byggen av vakuumkammaren har också den fördelen att det kan skärma bort det jordmagnetiska fältet som annars skulle kunna påverka de lagrade jonerna som är mycket känsliga för yttre magnetfält.

Samtliga jonoptiska element är monterade direkt på bottenplåten i den inre kammaren (Fig. 2 och 3) som är gemensam för ringarna. Resultatet blir en väldigt kompakt lösning måtten på den yttre kammaren är 4,7m x 2,5m x 0,7 m vilket är litet för en lagringsring men relativt stort för en UHV-kammare. Det senare manifesteras till exempel i att den totala kraften på yttrekammarens lock och botten från lufttrycket är mer än 100 ton vardera när det är vakuum i systemet. För att klara kraften är yttrekammarens ovan- och undersida försedd med ett antal kraftiga I-balkar.

För att förenkla tillgängligheten från systemets ovansida vid service och framtida kompletteringar är alla komponenter såsom pumpar, elektriska genomföringar, temperaturgivare, värmare mm monterade från systemets undersida. Eftersom åtkomsten mellan de två kamrarna också är högst begränsad är komponenter i innerkammaren monterade från insidan vilket gör det möjligt att byta till exempel en tätning utan att behöva lyfta ut innerkammaren ur yttrekammaren och skärmen.

Den inre och yttre vakuumkammaren har var sitt separat vakuum-system (Fig. 6) där yttrekammaren pumpas av två turbopumpar (2x700 ls 1) som backas av en torr så kallad rootspump (28 m3h 1). Till inre kammaren används tre turbopumpar av samma storlek och en något mindre rootspump (15 m3h 1). Varje turbopump på innerkammaren backas dessutom av en mindre turbopump (50 ls 1) för att öka kompressionsförhållandet för H₂ som är den klart dominerande bakgrundsgasen framförallt när systemet är kallt. Typiska baktryck i de två systemen efter en månads pumpning är 5x10⁻⁷ mbar för yttrekammaren och 8x10⁻⁹ mbar (obakat) för innerkammaren vid rumstemperatur. För

att komma ner ytterligare i tryck vid rumstemperatur är det möjligt att baka innerkammaren. Genom att använda ett antal värmare (resistiv värmning i vissa punkter) kan innerkammaren värmas till drygt 100°C. Innerkammaren är försedd med sex titansublimatorer (Fig. 2) som kan aktiveras när systemet är varmt eller kallt.

Eftersom locket till innerkammaren saknar balkar som yttrekammaren har är det extremt viktigt att tryckskillnaden mellan inner- och yttrekammaren inte blir för stor (>10mbar). För att undvika detta kopplas de två vakuumsystemen ihop under nedpumpning (och luftning) för att sedan separeras under normal drift. För att undvika att tryckskillnaden mellan kamrarna blir för stor vid en eventuell läcka är de två vakuumsystemen åtskilda med en ventil som öppnar automatiskt vid en för stor tryckskillnad mellan systemen. Skulle denna funktion falla finns det dessutom en "sprängdisk" som kommer att "blåsa bort" om tryckskillnaden blir för stor och öppna mellan de två systemen så att en tryckutjämning kan ske.

Ett vakuumsystem som skall gå att cykla mellan rumstemperatur och kryogeniska temperaturer (10K) ställer speciella krav på val av vakuumsystem. Bara det faktum att innerkammaren är tillverkad i aluminium gör att traditionella Cu-packningar inte går att använda. I DESIREE används en tätning som heter Astra Seal (www.creavey.com) för innerkammarens flänsar samt lock och botten. Astra Seal är en teflontätning med en "kärna" bestående av en rostfri fjäder som kan upp de rörelser som blir när materialet krymper (expanderar) vid kylning (värmning).

För att undvika att onödigt värme tillförs till innerkammaren är samtliga tryckgivare placerade i den del av innerkammarens vakuumsystem som är rumstempererad även när innerkammaren kylls. Placeringen begränsar möjligheterna att mäta ett korrekt tryck i innerkammaren vilket blir extra tydligt när systemet är kallt och kryopumpas av kammarväggarna. Här kan man dock dra nytta av relationen mellan bakgrundstryck och jonstrålen livslängd. Om man antar att den dominerande effekten till att jonstrålen har en begränsad livslängd beror på kollisioner med bakgrundsgasen blir helt enkelt jonstrålen livslängd ett mått på trycket. Genom att mäta livslängden vid ett känt tryck kan man räkna ut det okända trycket när man vet livslängden. Detta förutsätter dock att bakgrundsgasens sammansättning är densamma i de två fallen vilket inte är riktigt sant för ett varmt och kallt system.

I en av de första körningarna när DESIREE var nerkyld har en sådan "tryckmätning" gjorts. Den uppmätta livstiden för 10 keV C-joner var cirka 90 000 gånger längre vid 13K jämfört med samma körning vid rumstemperatur då innerkammarevakuumetern visade cirka 5x10⁻⁸mbar.

Vid körningen uppmättes en partikeltäthet på 2x10⁴ partiklar/cm³ vilket motsvarar ett tryck på 4x10⁻¹⁴ mbar vid rumstemperatur (här måste man också ta hänsyn till att trycket även sjunker på grund av den låga temperaturen).

Kylning

Kylning av den inre vakuumkammaren görs med hjälp av fyra separata kylhuvuden som samtidigt kyler den mellanliggande skärmen. Eftersom innerkammaren krymper nästan 20 mm på längden när den är nerkyld kan inte kallhuvudena anslutas direkt till kammaren utan är kopplade till kammaren och skärmen via mycket flexibla kopparflätor (Fig. 5 och 7a).

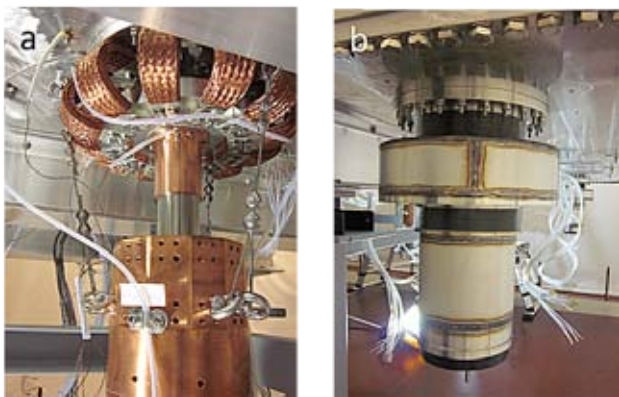


Fig. 7 Kopparflätorna mellan kallhuvudets andra steg och innerkammaren (a) och en av pumpportarna på innerkammaren (b). Fotona är tagna innan innerkammaren monterades i skärmen och ytterkammaren. I den nedre Cu-cylindern i Fig. 7a monteras flätorna mellan kallhuvudet första steg och skärmen. Upp till vänster på bilden syns också en värmare och en temperaturgivare. För att förhindra att belastningen på flätorna blir för stor så hänger kallhuvudet i tre rostfria vajrar.

Den typ av kallhuvudet (Sumitomo RDK 415D) som används vid DESIREE kan nå till 4.2K, vid denna temperatur är kyleffekten endast 1.5W. Den slutgiltiga temperaturen på den inre kammaren bestäms av hur väl isolerad den är från den yttre rumstempererade vakuumtanken det vill säga hur mycket värme som tillåts belasta innerkammaren. Det dominerande bidraget till värmelasten i DESIREE är strålningsvärme från skärmen och joninjektionsportarna. När det gäller tillförd värme genom ledning är det stöd som den inre kammaren vilar på och alla hundratals kablar som är kopplade mellan ytterkammaren och innerkammaren som står för det största bidraget. För att minimera värmelasten från elektriska kablar används väldigt tunna manganinkablar ($\varnothing=0.14$ mm). Manganin har den fördelen att det är en god elektrisk ledare samtidigt som det är en relativt dålig värmeledare. För att minimera strålningsvärmelasten från turbopumparna som pumpar på innerkammaren sitter det en kyld baffel (kyls av skärmen) mellan pumpen och kammaren som alltså förhindrar att innerkammaren kan "se" den rumstempererade pumpen (Fig.5 och 7b). Pumpen är dessutom kopplad till innerkammaren via tunnväggiga rostfria membranbälgar som dels har dålig värmeledningsförmåga och dessutom kan ta upp de rörelser som uppstår på grund av att innerkammaren krymper vid kylning.

Vid den första nedkylningen av DESIREE var den slutliga temperaturen på den inre kammaren 13 K och på skärmen 60 K. Detta motsvarar en värmelast på totalt cirka 60W på innerkammaren. Nerkylningstiden för att nå 13 K var cirka 16 dygn vilket stämde väldigt väl överens med de teoretiska beräkningar som gjorts.

Diagnostik

En viktig komponent för att lyckas lagra joner i en lagringsring är tillgången till diagnostik som gör det möjligt att på olika sätt "titta" och mäta på strålen av lagrade joner. För att få en så bra bild som möjligt av strålens egenskaper måste man kombinera flera olika metoder för att "titta" på strålen.

I DESIREE används därför olika typer av diagnostik där framförallt en metod är mer intressant ur ett vakuumperspektiv. Som tidigare nämnts finns det alltid en viss nivå av bakgrundsgas i ett vakuumsystem. Istället för att se detta som ett problem kan man utnyttja detta när man vill detektera jonstrålens framfart i systemet. När de lagrade jonerna kolliderar med bakgrundsgasen leder detta ibland till att de laddade jonerna neutraliseras och därför inte kommer att påverkas av de elektriska fält som annars ser till att jonerna hålls lagrade. Genom att placera en positionskänslig detektor i förlängningen på en sträcka där man vill titta på jonstrålen kommer neutrala partiklar att träffa detektorn. Eftersom man kan anta att bakgrundsgasen är jämt fördelad i kammaren kommer ett tvärsnitt av jonstrålen att projiceras på detektorn och man får en uppfattning hur jonstrålen ser ut.

I DESIREE används även så kallade "Pick-up" för att mäta hur väl jonstrålen är centrerad i jonoptiken och Faraday-koppar för att mäta jonströmmen (endast vid injektion).

Experiment

Trots att DESIREE befinner sig i en inledande driftfas finns det redan ett gediget vetenskapligt program föreslaget. Bland experimentförslagen förekommer allt från lätta molekyljoner upp till riktigt tunga biomolekyler. I flera av experimentförslagen finns ett stort intresse av att studera växelverkan mellan fotoner och joner. Av denna anledning är det möjligt att injicera laserljus längs alla tre raksträckorna i DESIREE samt i vissa fall också vinkelrätt mot den lagrade strålen. DESIREE kommer med sin kalla omgivning, sitt extrema vakuum och frånvaron av magnetiska fält att erbjuda optimala förhållanden för till exempel livstidsmätningar av metastabila negativa joner samt metastabila tillstånd hos positiva joner. Tyngdpunkten av experimenten som kommer att utföras i DESIREE är inriktade på ren grundforskning. I vissa fall kommer även mer tillämplade experiment att utföras som till exempel studier relaterade till astrofysikaliska plasmor och atmosfärskemi. Trots att DESIREE är en relativt liten maskin visar de många experimentförslagen på en stor vetenskaplig bredd.

DESIREE-projektet var inledningsvis ett samarbete mellan Manne Siegbahnlaboratoriet (MSL) och Fysikum vid Stockholms universitet. Sedan en tid tillbaka har MSL införlivats i Fysikum och projektet drivs idag helt av Fysikum.

Från projektets inledande design och konstruktionsfas fram till dagens driftfas har mer 40 forskare och tekniker arbetat med projektet.

DESIREE-projektet är finansierat av medel från K & A Wallenbergs stiftelse och Vetenskapsrådet.

För den som vill läsa mer:

http://collaborations.fz-juelich.de/ikp/jedi/public_files/relpapers/Cederquist_RSI_paper.pdf

Patrik Löfgren
Fysikum, Stockholms universitet



Magnetron Sputtering

Introduktion

Begreppet sputtering innebär emission ("utspottande") av atomära partiklar (joner samt atomer) då en fast yta utsätts för bombardemang av energiska joner. Den så kallade magnetron sputtering tekniken har använts som en av många beläggningsmetoder sedan 1970-talet. Långt innan de bakomliggande fysikaliska processerna av själva sputtering fenomenet var känt var den svenska beteckningen katodförstoftning, Kathodenzerstäubung (på tyska) eller pulvérisation de cathodique (på franska). Fenomenet sputtering, som sedermera blev den mer allmänt vedertagna engelska beteckningen, har genom tiderna använts i samband med studier av joninducerade strålskador, ytanalyser, ytrenskning, jonetsning, gasurladdningar i vakuum, jonacceleratorer, utveckling av vakuumutrustningar, studier av växelverkan mellan energirika joner och primärväggen i fusionsreaktorer (speciellt så kallade tokamaker), rymdforskning etcetera. En av de första studierna genomfördes av W.R. Grove redan år 1852, där han använde sig av evakuerade urladdningstuber som gav honom en kvalitativ bild av sputteringprocessen. Det var inte förrän sputteringprocessen kombinerades med magnetiska fält (därav uttrycket magnetron) med syfte att öka sputteringutbytet, det vill säga sputtle atomer per inkommande jon, som metoden i fråga hittade ett bredare tillämpningsområde inom industrin som till exempel tunnfilmstekniken. Detta faktum gör det möjligt

att i dag skräddarsy olika ytegenskaper med bibehållande av volymegenskaperna hos själva ursprungsmaterialet. En verklighet som länge varit forskares och ingenjörers dröm inom materialforskningsområdet.

Sputtering Processen

Som ovan nämnts, definieras begreppet sputtering som emission av atomer, joner eller kluster som lämnar en fast yta som en konsekvens av jonbombardemang. Ibland används begreppet sputtering även i ett vidare perspektiv genom att beteckna erosionsprocesser inducerade av energirika atomer, molekyler, neutroner eller elektroner (det vill säga inte endast jonbombardemang). Man bör även skilja mellan fysikalisk och kemisk sputtering. Kemisk sputtering involverar kemiska reaktioner mellan inkommande bombarderande partiklar och ytan av ett material i fråga som till exempel bildandet av föreningar som bildas på ytan, som sedan desorberas som en följd av partikelbestrålningen. Fysikalisk sputtering orsakas av att de energirika partiklarna tränger in under ytan i materialet, där de ger upphov till kollisionsskaskader som i sin tur eventuellt leder till emission av ytmaterialet i fråga. Detta illustreras schematiskt i Fig. 1. Vanligtvis används ordet sputtering i bemärkelsen fysikalisk sputtering, vilket också är den nomenklaturen som här tillämpas.

Fig. 1

De atomer som genom kollisionsskaskaderna når ytan med energier överstigande ytbindingensenergi, kommer att lämna ytan det vill säga sputtras ut från densamma (blåmarkerat i Fig. 1). Några av de infallande jonerna (rödmarkerat i Fig. 1) kommer att bakåtspridas från ytan och således inte bidra till sputteringprocessen. En storhet som ofta används i sammanhanget är den så kallade "sputtering yield", vilket betecknar antalet emitterade atomer (inkluderande joner, molekyler och kluster) per inkommande partikel. "Sputtering yield" är således ett värde på hur effektivt den emitterande effekten är för respektive material-jon kombination. Många mätningar har genomförts genom tiderna för att bestämma "sputtering yield"-värden som funktion av jonmassa, energi, infallsvinkel, substratmaterial, substrattemperatur, jonstrålningsdos etcetera. Utvecklingen av teknologin rörande hög- och ultrahögvakuum under de senaste årtionderna, samt tillgång till monoenergetiska mass-separerade jonstrålar i jonacceleratorer, har i hög grad gjort detaljerade studier av sputtering processen möjlig.

Sedan 1926 (A. von Hippel, Annalen der Physik. 80: 672) har ett flertal teorier över sputtering mekanismen framlagts. Längre betraktades sputtering som en ren förångningsprocess, det vill säga en termisk spik ("hot spot") bildades som en följd av de bombarderande partiklarnas energiförluster på ytan av materialet i fråga. Inte förrän G.K. Wehner, som använde sig av ett enkristallinskt material och därmed kunde konstatera att de emitterade partiklarna sputtras i mer i vissa riktningar, insåg man att kollisionssfenomen är involverade i processen i fråga. En av de mer framgångsrika sputtering teorierna har framförts av dansken Peter Sigmund ((1968), Can. J. Phys. 46: 731; (1969), Phys. Rev. 184: 383; (1973), J. Mat. Sci. 8: 1545; (1974), Appl. Phys. Lett. 25: 169). Med hjälp av denna teori kan bland annat sputtering yield värden beräknas genom bestämmande av följande storheter:

- den infallande jonens deponerade energi samt rekylatomernas totala energier nära ytan som detta ger upphov till
- antalet lågenergetiska rekylatomer som denna energiöverföring ger upphov till
- antalet rekylatomer som når tillbaka till materialets yta
- den del av rekylatomerna som har energier höga nog att överskrida ytbindingensenergi.

Magnetron Sputtering

"Normal" sputtering sker då en yta bombarderas med energirika joner utan hjälp av magnetiska fält (se Fig. 1). Den fundamentala principen i magnetron sputtering processen består i att öka antalet joner som träffar den aktuella ytan i syfte att öka sputtering utbytet. Principen här för visas schematiskt i Fig. 2. Det bombarderande materialet hålls här på en negativ potential, som således utgör katoden. Då en gas, vanligtvis argon, introduceras i vakuumkammaren, kommer en del av gasen att joniseras av det elektriska fältet, det vill säga en gasurladdning har bildats. Då dessa positivt laddade joner nu accelereras till den negativa katoden, kommer de där att ge upphov till sputtering av katodmaterialet i fråga. För att öka joniseringen av den insläppta gasen, introduceras starka magneter bakom katoden (magnetron), vilka nu förstärker joniseringen upp till cirka 1 000 gånger.

Orsaken till denna drastiska ökning av joniseringen är att det elektriska fältet växelverkar med det magnetiska fältet på ett sätt som håller de i gasurladdningen bildade elektronerna fångade på ett visst avstånd runt katoden så att varje elektron nu kan jonisera ett stort antal av de insläppta gasatomerna. På så sätt förstärks sputtering utbytet i ett magnetron sputtering system. Urladdningen som skapas framför katodytan bildar ett så kallat magnetron plasma, som således består av separerade elektroner och joner.

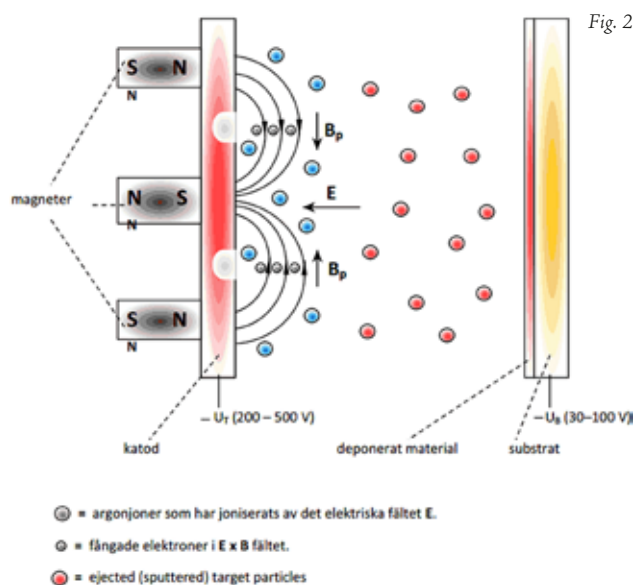
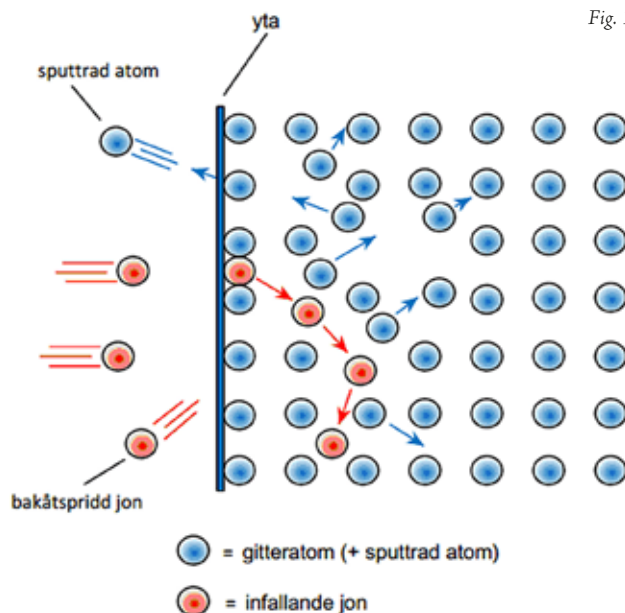


Fig. 3

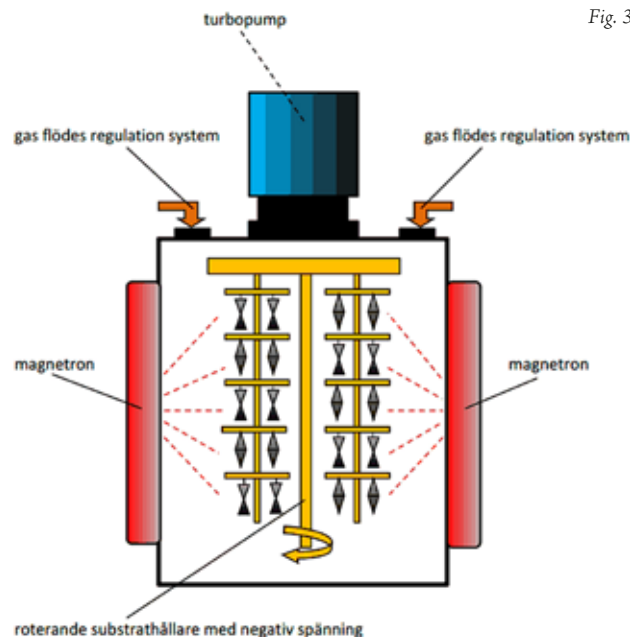




Fig. 4

Foto taget under en depositionsprocess genom ett siktglas. Bilden visar några verktyg som håller på att beläggas med TiN med användande av reaktiv magnetron sputtering teknik. Det röda skenet kommer från kvävgasen som släpps in i vakuumkammaren.

Klockboetten och glasögonbågen är exempel på dekorativa applikationer.



Den enklaste magnetronen består av en cylindrisk utformad geometri, men även rektangulära magnetroner är vanliga. Normalt används statiska permanentmagneter på baksidan av katoden, men elektromagneter kan också användas för att kunna ändra magnetfältet. Dock blir den mekaniska konstruktionen då mer komplicerad.

Med den ovan beskrivna magnetron sputtering tekniken kan alla elektriskt ledande skikt, så som metaller, framställas. Även isolerande material kan sputtras med hjälp av en högfrekvens spänning (HF) som läggs på katoden istället för likströmsspänningen UT som visas i Fig. 2. I detta fall använder man sig av frekvenser i megahertz området, som möjliggör att hålla katoden på en negativ potential trots det elektriskt isolerande materialet. En speciell tillämpning av magnetron sputtering tekniken är "reaktiv sputtering" med syfte att framställa beläggningar där materialet består av olika typer av föreningar. Detta åstadkoms genom att, förutom bärgasen som till exempel argon, under belägningsproceduren införa ytterligare en reaktiv gas som syre, kväve eller någon gas innehållande kol. Några av de vanligaste flerämnesskikten som kan produceras ges nedan.

- Nitrider: TiN, AlN, TiAlN, CrN, TaN, NbN, Si₃N₄ etcetera
- Karbider: TiC, SiC, WC, DLC ("Diamond Like Carbon", se nedan) etcetera
- Oxider: Al₂O₃, SiO₂, In₂O₃, SnO₂, Ta₂O₅ etcetera
- Med hjälp av två reaktiva gaser: TiCN, SiCN etcetera.

På senare år har speciellt en av de ovan nämnda skikten, nämligen DLC, vunnit stor framgång inom en rad applikationer. Ett skikt bestående av DLC definierades ursprungligen som ett amorft material med öar av kristaller med

diamantstruktur. På senare tid betecknar DLC skikt emellertid även sådana som innehåller kol men inte nödvändigtvis uppvisar diamantstrukturer. Fig. 3 visar ett exempel på hur en magnetron sputtering anläggning kan se ut.

I anläggningen som visas i Fig. 3, är två magnetroner monterade mot varandra under det att substrathållaren med proverna roterar under belägningsprocessen. Genom detta arrangemang erhålls en jämn deposition på proverna. En rad andra varianter på hur magnetronerna är arrangerade existerar, beroende på tillämpningen i fråga. Substratet hålls mestadels på en negativ potential mellan 30-100 V för att erhålla det önskvärda jonbombardemanget av proverna i syfte att erhålla en så hög skikt kvalitet som möjligt. Optimala värden på intensitet samt energi på de bombarderande jonerna är det som bland annat ligger till grund för att skapar goda förutsättningar för att skikt tillväxten under beläggningen sker på ett sådant sätt att storheter som hårdhet, fästförmåga, täthet, korrosionsresistans etcetera blir de önskvärda.

Innan beläggningen äger rum måste belägningskammaren vakuum pumpas till ett tryck på cirka 10⁻⁶ mbar (10⁻³ Pa) med hjälp av förpumpar och till exempel turbopumpar. Under själva beläggningen, då argon och eventuellt någon reaktiv gas släpps in i kammaren, regleras vakuumtrycket med hjälp av gasflödesregulatorer till att hålla ett värde av cirka 10⁻³ – 5x10⁻³ mbar.

En viktig faktor för att kunna åstadkomma goda belägningsresultat är substrattemperaturen, både före såväl som under depositionen. I det förstnämnda fallet värms proverna upp medelst ohmsk uppvärmning, RF, plasmaurladdning eller infraröd bestrålning till en temperatur på mellan 100-400°C. Detta för att erhålla en så kallad urgasning av de aktuella proverna. Om detta inte sker, kan gasemission

under beläggningen förstöra förutsättningarna för ett lyckat resultat, det vill säga fästförmåga, struktur och komposition av det belagda skiktet bli helt annorlunda än tänkt. Under depositionen bör substrattemperaturen ligga runt 100-300°C.

Det bör också nämnas att innan proverna monteras i belägningskammaren, måste dessa rengöras noggrant från alla föroreningar i form av oljerester, dammpartiklar, fingeravtryck, viss typ av oxidation etcetera för att erhålla bra resultat. Olika rengöringsmetoder kan bestå av bad i syror eller basiska lösningar, ultraljud samt slutligen plasmarengöring i vakuumkammaren. I senare fall hålls substratet på en högspänning av en eller flera KV, samtidigt som argonjoner får bombardera proverna, det vill säga den omvända processen sker jämfört med vad som sker under själva beläggningen.

Fig. 4 visar ett foto taget under en depositionsprocess genom ett siktglas monterat i väggen på belägningskammaren. Bilden visar några verktyg som håller på att beläggas med TiN med användande av reaktiv magnetron sputtering teknik. Det röda skenet kommer från kvävgasen som släpps in i vakuumkammaren för att kunna bilda TiN materialet. Kvävet, som befinner sig i ett plasmastillstånd, är delvis joniserat och atomärt exciterat och sänder ut spektrallinjer övervägande i det röda våglängdsområdet.

Industriella applikationer

Tekniken runt magnetron sputtering har på senare år uppnått globalt spridning inom många industriella tillämpningsfält. Man skiljer här mellan två olika applikationssegment, nämligen funktionella samt dekorativa beläggningar. Det är det sistnämnda som för närvarande är den största sektorn, även om användningen av funktionella skikt växer alltmer, inte minst på grund



Ytbehandling med magnetron sputtering utförs sedan ett flertal år även på kirurgiska instrument. Utöver de förbättrade tribologiska egenskaperna, ger ytbehandlingen bland annat enklare sterilisering, minskad ljusreflexion samt ökade livslängder.



av de optiska, fotovoltiska samt medicinska tillämpningarna. I många fall har de med magnetron sputtering teknik framställda skikten såväl dekorativa som funktionella egenskaper. Några exempel på dekorativa applikationer är följande:

- olika typer av armaturer
- inom- och utomhus dekorationer
- klockboetter
- glasögonbågar
- höljen till datorer och mobiltelefoner
- olika typer av plastartiklar
- nautiska produkter
- skjutvapen
- musikinstrument
- bildelar
- knivar och saxar
- smycken
- olika typer lyxvaror.

På grund av ekonomiska skäl, hålls skikt-tjockleken liten det vill säga 0.1-0.3 μm . De olika färgerna erhålls genom att välja olika katodmaterial som till exempel Zr, Ti, Cr, Nb eller Al som kombineras med olika reaktiva gaser som kväve, syre, eller kolväte. I moderna beläggningsanläggningar använder man sig numera av datorstyrda system i kombination av in situ spektrometriska detektorer som styr gasregleringen och därmed vilken färgnyans som kan framställas.

En av de första tillämpningarna av magnetron sputtering tekniken har varit att ytbehandla olika typer av bearbetade verktyg inom industrin för att förbättra bland annat nötning, friktion och korrosionsproblem. Mest har detta område gällt borrar, fräsar, knivar och andra typer av skärande verktyg i syfte att förlänga livslängden för verktyget i fråga. Magnetron sputtering är här speciellt lämpad, jämfört med andra likartade PVD ("Plasma

Vapor Deposition") metoder, då tekniken innebär att vassa kanter inte förstörs av värme, "re-sputtering" eller alltför grovt pålagda skikt. Vidare kan nämnas att det är möjligt att bibehålla en yttopografi med ett Ra-värde av 0.002 μm efter beläggning med magnetron sputtering på specialpolerade pressverktyg för CD/DVC tillverkning. Dessutom kan plasmainducerade ytdefekter hållas på nivåer på nivåer understigande supmikrondimensioner, en egenskap hos det belagda skiktet i fråga som inte kan åstadkommas med någon annan beläggningsmetod över huvud taget.

Sedan mer än 50 år, har optiska komponenter av glas och polymera material såsom linser, filter och speglar belagts med tunna filmer med syfte att påverka optiska egenskaper som anti-reflex, genomskinlighet ("beam-splitters"), absorption, polarisation etcetera. Magnetron sputtering används i dag även för tillverkning av solceller och olika typer av biosensorer. Inte minst inom halvledarbranschen har magnetron sputtering tekniken spelat en avgörande roll som till exempel vid tillverkning av VLSI kretsar ("Very Large Scale Integration").

Medicinska Tillämpningar

En av de mest intressanta områden där magnetron sputtering tekniken har börjat kommit till användning är medicinska applikationer, speciellt medicinska implantat. Det har visat sig att ett flertal av de skikt som kan tillverkas med magnetron sputtering har biokompatibla egenskaper som till exempel vävnadsvänliga, blodkoagulationshämmande, bakteriedödande. Ett flertal studier har i detta sammanhang utförts med artificiella hjärtsklaffar, stentar, artärer och vener, ortopediska implantat, tandimplantat etcetera. Med TiN och DLC skikt har man bland annat funnit drastiskt minskad blodkoagulation på hjärtsklaffar och koronala

stentar. För vissa kombinationer av skikt har man även kunnat iaktta tillväxt av epitelceller, det vill säga en av kroppens egna byggstenar.

Artificiella knä- och höftleder, som belagts med olika typer av skikt, uppvisar klart förbättrade nötningsegenskaper jämfört med konventionella obelagda metalliska implantatmaterial. Ytbehandling med magnetron sputtering, med syfte att förbättra tribologiska egenskaper (friktion och nötning), utförs sedan ett flertal år även på kirurgiska instrument (inklusive mikrokirurgiska instrument) såsom saxar, skalpell, tänger, pincetter, nålhållare, laparoskop etcetera. Utöver de förbättrade tribologiska egenskaperna, ger ytbehandlingen också minskade allergiska reaktioner, ökad korrosionsbeständighet och reptålighet, enklare sterilisering, minskad ljusreflexion samt ökade livslängder.

Sammanfattning

Sammanfattningsvis kan sägas att magnetron sputtering tekniken är ett tämligen allomfattande koncept för ytbehandling av en rad olika industriella produkter. Tillsammans med det faktum att praktiska taget alla material kan sputterdeponeras samt den enastående möjligheten att skapa extremt defektfria skikt, framstår magnetron sputtering metoden som utomordentligt kompatibel jämfört med andra beläggningsmetoder. Med sikte på de förväntade framtida tekniska förbättringar som är nödvändiga inom den elektroniska samt mekaniska marknaden, kommer magnetron sputtering tekniken att bidra till såväl förbättrade skikt-kvaliteter som lägre kostnadsnivåer. Detta kommer vidare att utöka dess användningsområde i framtiden.

Manuel Braun, Micromy AB
Kanslihusgränd 3, 183 68 Täby



KYLNING AV VAKUUMPUMPAR

Denna spalt är ett första försök att föra en levande diskussion i vakuumrelaterade frågor i tidningen. Idén är delvis hämtad från hämtad från "Teknikfrågan" på sista uppslaget i "Ny Teknik". Förhoppningen är att läsarna både skall ställa frågor och svara på frågor samt att redaktionen skall komma med inspel i olika tekniska frågor.

Tillförordnad redaktör för spalten är undertecknad, Lars Hellberg. Jag har arbetat som forskningsingenjör och forskare med olika former av vakuum, främst ultrahögvakuum (UHV), under 30 år vid fysikinstitutionen på Chalmers. Oftast har vakuum för mig varit ett verktyg för att kunna genomföra speciella studier av fysikaliska fenomen och inte så mycket en vetenskap i sig även om jag varit delaktig i ett antal vakuumvetenskapliga utvecklingsprojekt som jag kommer att återkomma till i senare spalter.

Som ett första inspel vill jag reflektera över ett till synes trivalt (och tråkigt) problem men som i verkligheten har gett oss åtskilliga problem genom åren, nämligen kylning av vakuumpumpar (och annat). Bland dessa problem kan räknas: översvämnning av laboratorier, turbopumpar som stannat på grund av fallerande kylvatten eller igensatta kylkanaler, kylvattenpumpar som stannat på grund av rost, skadad elektronik orsakad av kondensvatten samt oljefyllda vakuumpumpar då kylningen av diffusionspumparna fallerat med mera.

Vissa pumpar, som diffusionspumpar och slutna kryopumpar kräver oftast vattenkylning medan turbopumpar normalt kan kylas antingen med kylvatten eller med luftfläkt. Fördelen med luftkylning är just att man slipper kylvatten och kylvattenledningar. Nackdelen är att den uppvärmda luften kommer ut i rummet och höjer temperaturen i detta. Man måste också komma ihåg att fläktar har en ändlig livslängd så det kan vara värt att byta dessa preventivt.

Vad gäller vattenkylning så finns det, som nämnts ovan, ett antal olika problem förknippade med metoden:

a) Översvämnning: En liter vatten låter inte så mycket men håll ut den på golvet och det bildas en imponerande vattenpöl. Ta sedan 10 liter eller rent av 100 liter och man har troligen en ansevärd vattenskada. Ett sätt att minimera översvämningsrisken eller åtminstone reducera konsekvenserna är att använda en värmeväxlarutrustning för att separera primär- och sekundärsidan av kylsystemet och därigenom minska volymen av vätska som kan läcka ut. Nackdelen är att värmeväxlaren innehåller en hel del komponenter som både kostar pengar och som i sin tur kan orsaka problem.

Typiskt för översvämningsincidenter är att man använt undermåligt materiel vid installationen och/eller att tillfälliga "fulfixar" blivit permanenta. Vidare kan korrosion orsaka läckor. Tänk också på att om man använder stadsvatten kan skadorna vid ett läckage bli omfattande!

b) Kondens: Om kylvattnet är så kallt att luftens fuktighet kondenserar på rör och kopplingar kan det under vissa betingelser bildas avsevärda mängder kondensvatten. Har man inte tänkt sig för kan kondensvattnet rinna, blöta ner och skada elektronik samt orsaka elektriska överslag, speciellt på jonpumpar. Extra problematiskt är det om man har kylvatteninstallationer i taket varifrån läckage eller kondens kan droppa ner i känslig utrustning.

Kondens är särskilt förrådiskt eftersom det varierar med årstider och väder. Det kan då inträffa att det som under vintern inte alls är ett problem, under varma fuktiga sommardagar då man kanske har semester kan få omfattande och okontrollerad kondens. Vi har i vår forskningsgrupp haft en omfattande vattenskada i ett helt elektronickrack av denna anledning med stora kostnader som följd.

Traditionellt har kylvattnet hos oss haft en temperatur på 10–15°C. Detta har gett oss god kylning men också ordentligt med kondensproblem, i synnerhet på sommaren. Vid institutionen för mikroteknologi och nanovetenskap - MC2 på Chalmers har Göran Reivall valt en kylvattentemperatur på 16°C vilket är tillräckligt högt för att under deras noggrant kontrollerade inomhusklimat undvika kondens. På MAX-lab i Lund har man enligt Johan Thånell valt att låta kylvattnet ha temperatur på hela 25°C av samma skäl. En annan metod att minska kondensen är att isolera kylvattenledningarna. Även om man inte isolerar precis allt så ger det en ordentlig minskning av kondensproblemen.

c) Korrosion och filtrering: Både cirkulationspumpar (om den inte är rostfri) och vakuumpumpar tar stor skada av korrosion orsakad av syre i kylvattnet. Det är nästan oundvikligt att cirkulationspumpar rostar ihop inom något år om man inte förebygger detta på något sätt. Slam från korrosionen av cirkulationspumpen kan täppa till kylkanaler i vakuumpumpar. Även vakuumpumpar, särskilt de där kylvattnet passerar genom aluminiumdetaljer har en förmåga att få flödet strypt av korrosion i själva pumpen. För att förhindra korrosion måste man först och främst få bort syret ur vattnet och i andra hand skydda de utsatta ytorna för korrosion.

På fysikinstitutionen vid Göteborgs Universitet har Mats Rostedt och Heinrich Reidl komponerat en kylvätska som består av en blandning av vatten, inhibitor och färgämne enligt följande recept:

- Performax 13AL: 30 ml/10 l (inhibitor - antikorrosionsmedel).
- Adjunct CL: 100 µl/10 l (Färgämne, pyrensulfonsyra).

Färgämnet, som inte är nödvändigt, används för att skilja kylvattenläckor från andra läckor och kondens. Det är ofarligt och används även i till exempel fjärrvärmeanläggningar.

Vid institutionen för mikroteknologi och nanovetenskap - MC2 på Chalmers finns det ett stort renrum med omfattande vakuuminstallationer som kräver vattenkylning. Där har Göran Reivall löst korrosionsproblemet genom att låta kvävgas bubbla genom kylvattnet. Tekniskt går det till så att en cirka 2 meter hög vattentank med en diameter på cirka 0,5 m kopplas i serie med cirkulationspumpen vid dess sug sida. Kvävgas med ett flöde på cirka 1 l/s trycks in i botten på tanken och bubblar upp genom vattnet och ventileras ut vid ovasidan av tanken. Enligt Göran Reivall är processen mycket effektiv för att få bort syret från vattnet. Dessutom slipper man ju kemikalier i vattnet.

Båda installationerna beskrivna här har ett mekaniskt filter kopplat parallellt till huvudflödet där några procent av huvudflödet passerar och filtreras. Anledningen till att man inte vill ha filtret i huvudflödet är att det skulle orsaka allt för stort flödesmotstånd. Eftersom olika delar av kylvattnet råkar passera filtret vid olika tillfällen får man ändå över tid en god filtrering av hela kylvattenvolymen. En annan fördel med detta arrangemang är att man tillfälligt kan stänga av flödet genom filtret för byte eller rengöring utan att det påverkar kylningen.

Jag hoppas att dessa reflektioner kan hjälpa andra att undvika en del av de problem vi själva upplevt. Vi hoppas vidare att ni läsare vill bidra med idéer om hur ni har löst era kylproblem. Vidare hoppas också att ni hjälper oss att finna andra angelägna ämnen att diskutera i denna spalt.

Lars Hellberg



A PASSION FOR PERFECTION

PFEIFFER  **VACUUM**



Vacuum Solutions from a single Source

Pfeiffer Vacuum stands for innovative and custom vacuum solutions worldwide, technological perfection, competent advice and reliable service. We are the only supplier of vacuum technology that provides a complete product portfolio:

- Pumps for vacuum generation up to 10^{-13} mbar
- Vacuum measurement and analysis equipment
- Leak detectors and leak testing systems
- System technology and contamination management solutions
- Chambers and components

Are you looking for a perfect vacuum solution? Please contact us:

Pfeiffer Vacuum Scandinavia
T +46 8 590 748 10
sales@pfeiffer-vacuum.se
www.pfeiffer-vacuum.com

