

Kapitel 10

Allgemeine Komponenten

10.1 Partial-Yield-Detektor

Der Partial-Yield-Detektor (PYD) soll hauptsächlich, aber nicht ausschließlich, an der Spektrometerkammer eingesetzt werden. Sein Einbau setzt lediglich einen auf die Probe ausgerichteten CF-63 Flansch voraus.

Der Detektor dient zum Nachweis von der Probe emittierter Elektronen bei der Röntgenabsorptionsspektroskopie (NEXAFS, SEXAFS). Wird von allen von der Probe ausgesandten Elektronen (*Total Yield*, TY) der langsame Anteil ausgeblendet, so spricht man von *Partial-Yield*-(PY)-Detektion.

Das Elektron passiert zunächst ein auf Massepotential liegendes Gitter, welches den Raum außerhalb des Detektorkopfes feldfrei hält. Danach folgt ein doppeltes Gitter, welches, eine negative Spannung tragend, die Elektronen verzögern und langsame Elektronen ausblenden kann. Diese fließen zum Teil über das Massegitter ab. Das Verzögerungsgitter ist doppelt ausgeführt, um einen Durchgriff des Feldes von den unmittelbar folgenden *Microsphereplates* (MSP) zu verhindern. Damit wird sichergestellt, dass sich zwischen den Gittern eine geschlossene Äquipotentialfläche des Verzögerungspotentials ausbildet. Da es nur zum Ausblenden störender, weil mit großer Ausdringtiefe nicht besonders oberflächensensitiver, langsamer Elektronen dient (vgl. Abschnitt 7.4) und die Elektronenenergie selbst keine entscheidende Messgröße ist, genügt die Ausführung des Gitters in Edelstahl. Wichtiger als eine genau bekannte Austrittsarbeit der Gitter ist dagegen ihre hohe Transmission von 85 %.

MSP's sind eine vereinfachte Bauform von Mikrokanalplatten (MCP) aus zu einer Scheibe zusammengesinterten kleinen Glaskügelchen mit einer hochohmigen Metallbeschichtung. Sie verstärken ein auftreffendes Elektron nach dem gleichen, von den MCP's, vom Channeltron oder Sekundärelektronenvervielfachern bekannten Prinzip zu einer Ladungslawine von 10^7 bis 10^8 Elektronen. MSP's zeichnen sich gegenüber den MCP's durch eine schärfere Impulshöhenverteilung, größere mechanische Stabilität, da sie die Verstärkung in einer einzigen 1,4 mm dicken Platte erreichen und einen günstigeren Preis aus. Außerdem erlaubt ihre Geometrie von vornherein keine langen geraden Flugbahnen, auf denen ausgeschlagene Ionen eine, zum erneuten Auslösen eines Impulses ausreichende Energie aufnehmen könnten (Ionenrückkopplung). Der Vorteil der MSP gegenüber dem Channeltron sind deutlich kürzere Impulse. Die Vorderseite des MSP¹ wird auf ca. +500 V gelegt, um die Effizienz des ersten Elektronenaufpralls zu erhöhen. Der Vervielfältigungsprozess wird von +2,0 . . . +2.4 kV durch das MSP getrieben. Die zur Elektronenlawine verstärkten Impulse werden von einer Metallanode aufgenommen und über einen 50 Ω -Steifenleiter zum Durchführungsflansch geführt. Unmittelbar im Flansch werden die Impulse kapazitiv von der Hochspannung getrennt und sofort von einem schnellen Stromverstärker² verstärkt. Dieses Signal wird mit einem Diskriminator vom Untergrund getrennt und in einen TTL-Puls³ umgewandelt. Die Pulse können z.B. mit der 10 MHz-Zählkarte des BESSY-Messplatzrechners aufgenommen und mit dem emp-Programm, dem Standard-BESSY-Messprogramm, verarbeitet werden.

Mit dem Detektorkopf könnte das Signal auch als Strom gemessen werden. Dafür müsste das Potential für die Anode von einer hochstabilen Spannungsquelle, gebräuchlich sind hier Batterien, bereitgestellt werden und der Strom im nA-Bereich gemessen werden. Besonders bei geringen Strömen von der Probe wird das Signal/Rausch-Verhältnis durch die Probleme bei der Abschirmung der Batterie [88] belastet. Zudem ist, wie in Abschnitt 7.4 entwickelt, die Oberflächensensitivität besser. Durch die hohe maximale Zählrate von einigen MHz des gewählten Aufbaus hat der konventionelle Aufbau auch bei hohen Intensitäten keinen Vorteil.

Der Detektor wurde außerhalb der Spektrometerkammer bereits eingesetzt [89],

¹El-Mul DT-33, tectra, Frankfurt

²Eigenbau bzw. EG& G Ortec VT 120

³Statt des TTL-Pulses steht auch Optopuls zur Verfügung, der in ein Glasfaserkabel eingekoppelt werden kann. Zur besseren galvanischen Trennung benutzt die Zählkarte des Scientia-Rechners dieses System.

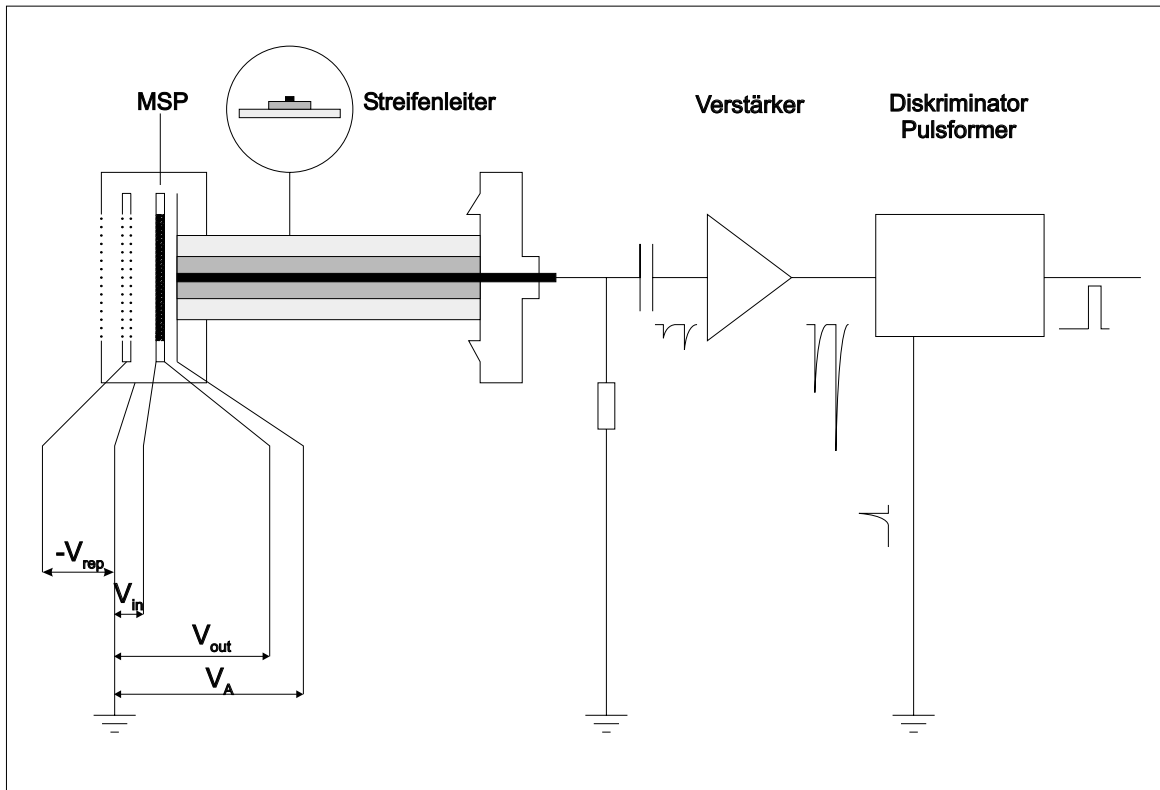


Abbildung 10.1: Schematischer Aufbau des Partial Yield Detektors

siehe Abb. 10.2. Er ist für einen CF-63-Flansch passend ausgeführt und mit 15 cm Verstellweg und einer Schutzklappe vor dem Detektorkopf ausgerüstet.

10.2 I-Null-Detektor

Der I-Null Detektor dient der relativen Bestimmung des Photonenflusses, der auf die Probe trifft und ist daher als letztes Element hinter dem Austrittsspalt des Monochromators unmittelbar vor der Messkammer des Spektrometers angeordnet. Er soll auch für die Normierung der Spektren des SMART genutzt werden.

Der I-Null-Detektor nutzt den Photoelektrischen Effekt im TY-Modus, den Überlegungen von Seite 65 folgend. Wichtig ist dafür eine sehr definierte Oberfläche, da sowohl der Röntgenabsorptionskoeffizient μ als auch die Austrittsarbeit der Elektronen stark von ihrer Beschaffenheit abhängen. Ebenso sollten diese Parameter in dem für die Messungen interessanten Bereich keine starke Abhängigkeit von der Photonenener-

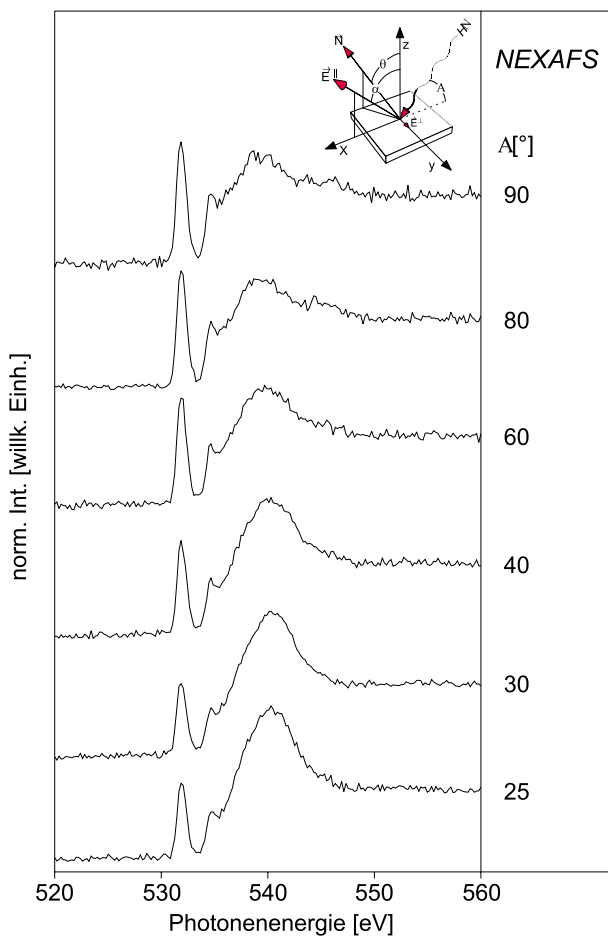


Abbildung 10.2: NEXAF-Spektren von 4-(3-methyl-2-chloropentaoxyloxy)-4'-heptyloxybiphenyl, aufgenommen von T. Risse [89] am PM-6 bei BESSY I im Zählmodus mit dem beschriebenen Detektor.

gie zeigen. Eine im UHV durch wiederholtes Aufdampfen regenerierbare Goldschicht erfüllt diese Voraussetzungen für Messungen an den Absorptionskanten von C, N und O. Ein sehr feines und transparentes Cu-Netz dient als Träger. Der Strom durch die photoinduzierte Emission von Elektronen ist groß genug, um ihn durch eine gut abgeschirmte Zuleitung mit einem Picoamperemeter zu messen.

Um Störungen des Kammervakuums zu vermeiden, wird das Netz zum Bedampfen in eine abtrennbare, separat gepumpte Kammer zurückgezogen. Auf diese Weise kann auch die Goldfüllung des Verdampfers ausgetauscht werden, ohne die Messkammer belüften zu müssen.

10.3 TPD-System

Die temperaturprogrammierte Desorption ist eine zunächst einfache und standardmäßig einsetzbare Analysemethode, die jedoch, sollen die Ergebnisse auch quan-

titativ gut auswertbar sein, an die Einzelheiten des experimentellen Aufbaus hohe Anforderungen stellt. Das im Verlauf dieser Arbeit entwickelte TPD-System soll sowohl für die in Teil IV vorgestellten Messungen bei tiefen Temperaturen als auch generell für Anwendungen an dem Spektrometer zur Verfügung stehen und kompatibel zur Elektronenstoßheizung sein. Deshalb wurde das einfach zu verarbeitende Thermoelementpaar NiCr/Ni gewählt.

Die Messung sehr tiefer Temperaturen mit diesem Thermoelement und die Steuerung der Heizrampe (siehe unten) stellt große mess- und regeltechnische Anforderungen, weiterhin sind geometrische Überlegungen (siehe 10.3.2) wichtig für die Intensität und Reproduzierbarkeit des Signals. Hier dargestellt ist die Endausbaustufe für das Spektrometersystem, wie es im Prinzip auch beim SMART übernommen wird; auf die Kompromisse bei der Laborkammer wegen schon vorhandener Komponenten wird auf Seite 79 eingegangen.

10.3.1 Temperatursteuerung

Das System zur Temperatursteuerung und TPD-Datenaufnahme besteht aus Einheiten zur hochgenauen Messung einer Thermospannung, ihrer temperaturproportionalen Linearisierung, Steuerung der Leistung einer Heizung, sowie Aufnahme und Digitalisierung der Daten. Sie wurde von Uwe Härtel entwickelt.

Alle Thermopaare zeigen bei tiefen Temperaturen eine geringere differentielle Elektromotorische Kraft⁴ (EMK) als bei Raumtemperatur. Bei NiCr/Ni beträgt die EMK bei 10 K gerade noch ein $\frac{1}{40}$ des Wertes, der bei 300 K erreicht wird. Schwankt die Temperatur einer Referenzstelle an Raumtemperatur, wirkt sich diese Variation 40-fach auf die gemessene Temperatur bei 10 K aus. Für genaue Messungen tiefer Temperaturen sollte die Referenzstelle also ebenfalls auf vergleichbar tiefer Temperatur liegen oder aber extrem genau konstant gehalten werden. Sehr exakt lässt sich eine Temperatur oberhalb der Raumtemperatur mittels des Widerstandes eines genormten Pt-100-Widerstandes unabhängig von den Umgebungsbedingungen messen. Wir haben daher die Möglichkeit gewählt, einen Kühlkörper von einem Leistungstransistor zu heizen. Die Heizung wird über einen PI-Regelkreis auf einen Widerstand des Pt-100, der etwa 50 Grad Celsius entspricht, geregelt. Diese Temperatur kann auf we-

⁴Die EMK ist die Ableitung der Funktion der Thermospannung in Abhängigkeit von der Temperatur.

nige tausendstel Kelvin konstant gehalten werden. An diesen Temperaturbad wird die Vergleichsstelle des Thermoelementes angebracht.

Die Thermospannung wird direkt von einem 24-bit-A/D-Wandler eingelesen, der über Optokoppler ausgelesen wird. Das Thermoelement kann zum Betrieb einer Elektronenstoßheizung bis zu 1000 V über Erdpotential liegen. Die Ausleserate von 128 Hz bestimmt die Geschwindigkeit der Einheit.

Ein Mikroprozessor⁵ verwaltet die Steuereinheit vollständig und führt alle folgenden Funktionen durch:

- Das digitalisierte Thermoelementsignal wird mittels einer frei programmierbaren Tabelle linearisiert.
- Eine PID-Regelroutine errechnet die Leistung der Heizung entlang einer vorgegebenen Rampe. Die PID-Parameter können abschnittsweise gesetzt werden. Zum exakten Einhalten des Sollwertes hat sich eine abweichungsabhängige Variation dieser Koeffizienten bewährt [90].
- Das Signal des Massenspektrometers und weitere Eingänge (z.B. Kammerdruck) werden eingelesen und die Daten gepuffert.
- Es können weitere Steuersignale (Masseneinstellung des Quadrupols, Strom des Elektronenstoßheizungsfilaments) ausgegeben werden.
- Die Daten werden zwischengespeichert und können vom PC abgefragt werden, ohne den Messablauf zu beeinflussen.

Prinzipiell ist der Einsatz aller Thermopaare möglich, wobei nur die thermostatisierten Vergleichsstelle und die Ausgleichsleitung ausgetauscht und die neue Kennlinie in den Speicher des Prozessors geladen werden muss.

Mit dieser Regelung wurden an der Probe, die in Teil IV verwendet wurde, wesentlich linearere Temperaturrampen als mit der analogen Regelung erzielt. Bei einer Anfangstemperatur 20 K ist die geforderte Heizrate (0,5 K/s) innerhalb von 2 s erreicht. In dieser Anfangsphase beträgt die Abweichung von der momentanen Solltemperatur 0,5 K, danach stets weniger als 0,1 K.

⁵Basic-Tiger Tiny

10.3.2 Annäherungskontrolle

Der Anteil der desorbierenden Moleküle, die in den Feulnercup⁶ gelangen, ist abhängig von dem Abstand der Probe zur Öffnung des Feulnercups, vor allem, wenn die Probenoberfläche gleich groß oder kleiner als die Öffnung ist. Eine möglichst gute Reproduktion des Abstandes erlaubt einen Vergleich der absoluten Signalintensitäten. Bei den meisten Proben, zumindest für Photoelektronenspektroskopie und -mikroskopie, wird es sich um ein metallisches Substrat handeln. Eine einfache Messung des Wechselstromwiderstandes bei 10 kHz der Kapazität zwischen der Probe und einer isolierten, ringförmigen Gegenelektrode an der Spitze des Feulnercups erreicht eine Ortsauflösung von besser als 0,1 mm. Alternativ kann die Anordnung mit einem einstellbaren Schraubchen oberhalb des Ringes auch als Tastkontakt zum Probenhalter genutzt werden.

10.3.3 Anordnung des QMS und Feulnercup

Das Quadrupolmassenspektrometer (QMS) der Spektrometerkammer ist in der Länge speziell den Abständen in der Spektrometerkammer angepasst, um die in Abb. 10.3 gezeigte Anordnung zu erreichen.

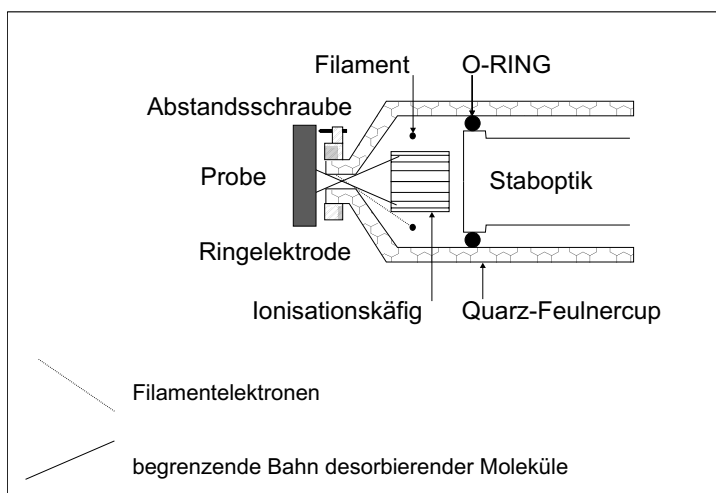


Abbildung 10.3: Geometrie der Anordnung des QMS im Feulnercup.

Um eine möglichst hohe Signalintensität zu erreichen, ist der Ionisationskäfig so dicht wie möglich an die Öffnung gerückt. Ein O-Ring am Anfang des Stabfilters

⁶Der Feulnercup ist eine nach Feulner benannte Abschirmung des Quadrupolmassenspektrometers gegen die restliche Vakuumkammer, der nur zur Probe eine Öffnung hat. Auf diese Weise können nur direkt von der Probe, und nicht etwa von dem Probenhalter desorbierende Moleküle nachgewiesen werden.

stützt den Aufbau und verringert den Pumpquerschnitt auf etwa das 10-fache der Eintrittsöffnung, um die Aufenthaltswahrscheinlichkeit eines Moleküls auf ein kleines Volumen kaum größer als der Ionisationsraum des QMS und damit die Nachweiswahrscheinlichkeit zu erhöhen. Die Definition des Pumpquerschnitts über eine solche kleine Öffnung hat außerdem den Vorteil, dass die Pumpleistung im UHV konstant, und damit der Verstärkungseffekt, unabhängig von der Gassorte und dem Druck ist [91]. Elektronen vom Filament können nicht in direkter Flugbahn durch die Öffnung gelangen.

Der Feulnercup ist aus Quarzglas gefertigt, da dieses Material inert gegenüber den meisten Adsorbaten ist. Zudem eignet sich Glas als Isolator gut für den Aufbau der Annäherungskontrolle.

10.3.4 Gasdosiersystem

Mit dem Gasdosiersystem sollen möglichst exakt kleine ($0,1 \text{ L}^7$ und weniger) aber auch sehr große (10000 L) Dosen einstellbar sein.

Die einfachste Methode ist ein direkter Einlass des Gases über ein Dosierventil in das UHV. Die Druckmessung im UHV ist nur mit Ionisationsmanometern, die mit großen Ungenauigkeiten behaftet sind und deren Messwert überdies stark von der Einbauposition abhängt, möglich. Weiter macht die oft schlechte Reproduzierbarkeit von Dosierventilen deren direkte Anwendung an der Kammer unerwünscht.

Drücke von 10^{-4} bis 1000 mbar lassen sich dagegen genau, schnell und kostengünstig mit kapazitiven Druckmessköpfen messen. Diese haben üblicherweise eine Dynamik von 4 Dekaden und sind überdruckfest. Noch genauer ist das Verfahren der Reibungsmanometer im Druckbereich 10^{-6} bis 1 mbar, die allerdings ihre Nachteile in langen Antwortzeiten und weitaus höherem Preis haben.

Die Pinholemethode

Wird ein kleines Loch als Apertur zu der Hauptkammer verwendet, wirkt dieses als Druckminderungsstufe, wie die genaue Rechnung (siehe 10.3.4) zeigt. Auf diese Weise können im Gasrechen den Kapazitätsmanometern gut zugängliche Drücke eingestellt

⁷1 L = 1 Langmuir = $1 \text{ s} \cdot 10^{-6} \text{ Torr}$

werden, die dann, um einen definierten Faktor reduziert, in die Hauptkammer expandieren. Der Gasrechen wird zur Lochblende über ein einfaches Ventil geöffnet, wodurch der Start der Exposition genau bestimmt ist. Das Ende der Exposition ist erreicht, wenn die Gasrechenseite der Apertur wieder hinreichend niedrige Drücke erreicht hat (siehe 10.3.4). Der Raum, in den das Gas expandiert, wird durch das aufgesetzte Rohr definiert, dessen Abschluss die Probe bildet. Auf diese Weise wird die Kammer so wenig wie möglich durch das Gas belastet. Dieses ist insbesondere bei den TPD-Untersuchungen mit heliumgekühltem Kryostaten wichtig, da sonst eingelassenes CO, NO und Wasser sofort auf den kalten Metallflächen in dicken Schichten kondensieren würde [92].

Das System lässt sich sehr leicht automatisieren, da die Ventile nicht geregelt, sondern nur geöffnet oder geschlossen werden müssen. Die Dosierzeit ist durch einen Sollwert des Integrals aus dem Druck im Gasrechen mit der Zeit gegeben.

Eine besondere Situation ist beim SMART gegeben. Während der Messungen sollen keine mechanischen Verstellungen an der schwingungs isolierten Kammer ausgeführt werden, aber trotzdem eine Gasdosierung möglich sein. Deshalb müssen die Stellventile von der Messkammer getrennt werden. Auf Seite 90 wird diese Möglichkeit diskutiert.

Besonders kleine Dosen oder Hintergrunddosierung sind mit diesem Dosiersystem möglich, wenn das Rohr von der Probe weg gefahren wird; die Funktionsweise entspricht so dem direkten Gaseinlass über ein Dosierventil.

Berechnung der Dosis

Ausgangspunkt ist die kinetische Gastheorie. Der Teilchenstrom durch die Apertur mit dem Radius r ergießt sich in ein aufgesetztes Rohrstück mit dem Radius R , welches zur Probe offen ist. In dem Rohr stellt sich der Druck so ein, dass der Teilchenzustrom durch die Lochblende dem Abfluss durch die offene Probenseite gleicht. Dabei seien Rückdiffusion, Druckgradienten entlang des Rohres und Teilchenverlust an die Wände vernachlässigt:

$$Z_{Gas} = Z_R \Leftrightarrow \pi r^2 \frac{p_{Gas}}{\sqrt{2\pi mkT}} = \pi R^2 \frac{p_R}{\sqrt{2\pi mkT}} \Leftrightarrow p_R = p_{Gas} \left(\frac{r}{R}\right)^2 \quad (10.1)$$

mit Z_{Gas} : Anzahl der Teilchenstöße gegen einen Wandausschnitt der Größe πr^2 pro Zeiteinheit beim p_{Gas} Druck p_{Gas} im Gasrechen, Z_R dito für eine Fläche πR^2 beim

Druck p_R im Doserrohr, m : Molekülmasse. Die Dosis ergibt sich damit als Funktion der direkt messbaren Größe p_{Gas} in Langmuir:

$$D = p_{Gas} \left(\frac{r}{R}\right)^2 \cdot t \frac{0,75 \cdot 10^{-6} L}{\text{mbar s}} \quad (10.2)$$

Diese Ableitung fordert zwei weitere Voraussetzungen:

- Der Druck im Gasrechen bleibt über die gesamte Dosierung konstant:

$$\frac{N_{entnommen}}{N_{gesamt}} = \frac{r^2}{V_{Gasrechen}} \sqrt{\frac{\pi kT}{2m}} \simeq 0 \quad (10.3)$$

Bei einer 1000 L-Exposition beträgt der Fehler für p_{Gas} weniger als 3%. Er lässt sich vermindern, wenn man den Gasrechen im dynamischen Gleichgewicht betreibt.

- Die Berechnung der durch das Loch tretenden Teilchen mittels des Druckes im Volumen gilt nur, wenn die Teilchen bei Durchgang durch das Loch nicht mehr miteinander wechselwirken. Erst bei Drücken um 1 bar erreicht die mittlere freie Weglänge die Größenordnung des Loches mit etwa $30 \mu\text{m}$.

Ende der Exposition

Beim Abbruch des Dosiervorganges kann der Raum zwischen Gasrechen und Lochblende, insbesondere ist hier das Volumen zwischen den Ventilen und der Lochblende von Interesse, bis auf einen Restdruck $p_{Gas,o} \simeq 10^{-6}$ mbar abgepumpt werden. Dafür wird

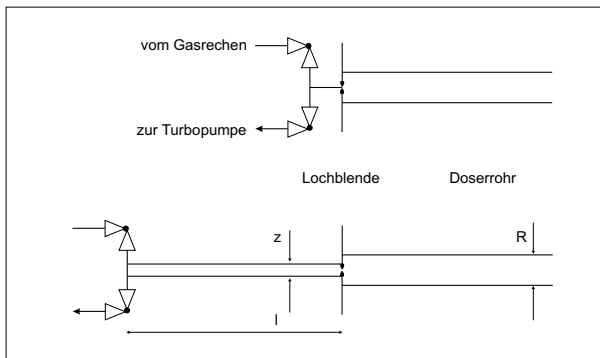


Abbildung 10.4: Der Pinhole-Gasoser (oben) und in der Modifikation für das SMART (unten).

nur eine Zeit t_p benötigt, da das auszupumpende Volumen V_p durch die gesonderte Führung der Auspumpleitung bis an die Lochblende klein ist. Einen Spezialfall stellt der Gaseinlass für das SMART dar: Wegen der Schwingungsisoliation können die Ventile nicht direkt an der Messkammer betätigt werden. Deshalb ist ein Rohr der Länge

l und Radius z als Verbindung notwendig. Während des Auspumpen dieses Rohres dringt eine zusätzliche Dosis

$$D_{Fehler} \simeq \frac{r^2}{R^2} \cdot \left(\frac{\pi l^2}{10^5 \text{ cm s}^{-1} p_{Gas,Anfang}} + p_{Gas,Ende} t_p \right) \cdot \frac{0,75 \cdot 10^{-6} L}{\text{mbar s}} \quad (10.4)$$

in die Kammer. Selbst bei einer Zeit von $t_p = 10$ min, einem Rohr von $l = 40$ cm Länge und $2z = 1$ cm Durchmesser ergibt sich bei einem Anfangsdruck von $p_{Gas,Anfang} = 10^{-2}$ mbar nur eine erstaunlich kleine Fehldosis von 0,8 mL. Dieses System erlaubt also eine präzise Gasdosierung ohne Mechanik direkt an der Messkammer.

Unmittelbar nach dem Schließen der beiden Ventile, ist die Lochblende mit dem dahinter eingeschlossenen Volumen V_p ein virtuelles Leck mit der Leckrate

$$l = r^2 p_{Gas,Ende} \sqrt{\frac{\pi kT}{2m}} \quad (10.5)$$

zum Beispiel für CO etwa 10^{-11} l mbar s⁻¹, mit abnehmender Tendenz. Um dieses Leck abzupumpen, braucht eine beim Kammerbasisdruck arbeitende Pumpe eine Leistung von $0,11$ s⁻¹, verschwindend klein gegenüber der installierten Pumpleistung.

10.4 Schleuse

Die Proben für das Spektrometersystem und das SMART sollen in das UHV eingeschleust werden können. Dabei soll der Basisdruck in den Kammern möglichst wenig beeinflusst werden. Um dieses zu erreichen, ist die innere Oberfläche der beim Einlegen der Probe belüfteten Komponenten zu minimieren. Insbesondere soll die Transferstange nicht belüftet werden. Der zweistufige Aufbau der Schleusen erfüllt diese Anforderungen:

- Ein vertikal verfahrbarer O-Ring-gedichteter Teller verschließt ein kleines Volumen, welches von einer kleinen würfelförmigen Kammer gebildet wird. Auf dem Teller ist eine Probenaufnahme montiert. Die kleine Kammer kann nun geöffnet werden, um die Probe einzulegen. Sie ist das einzige belüftete Volumen und kann schnell abgepumpt werden.
- Dann wird der Teller mit der Probenaufnahme in die untere Ebene gefahren. Hier wird die Probe von der Transferstange übernommen.

- Der Teller wird wieder nach oben gefahren und dichtet den nicht notwendigerweise ausgeheizten Würfel ab, während die Schleusenkammer zur Hauptkammer geöffnet wird und die Probe auf den Manipulator transferiert wird.

Die beiden Schleusen für das Spektrometer und das SMART unterscheiden sich in einigen Details. An die Spektrometerkammerschleuse kann der für das Omicron-STM konzipierte UHV-Koffer angedockt werden. Die Schleuse für das SMART ist um einen seitlichen Flansch für eine Ionenkanone erweitert. Außerdem ist die Probe auf dem Übergangs-Probenhalter schon vollständig kontaktiert, so dass das Filament bei Proben temperaturüberwachung schon in der Schleuse ausgegast werden kann. Prinzipiell bietet sich die kleine Würfelkammer damit auch für Hochdruckpräparationen an.

10.5 Spaltzange

Die Spaltzange wurde entwickelt, um die relativ großen und harten NiO und MgO-Kristalle zu spalten. Dabei wurde der Aufbau mit einer beweglichen Klinge gegen ein Widerlager gewählt, um dem Spaltprozess keine Richtung abweichend der natürlichen Spaltfläche aufzuzwingen. Die Klinge ist auf einer doppelt in einem Führungsrohr gelagerte Schubstange mit einer Knicklast von über 1000 N angebracht, die über ein Gewinde an der Luftseite eines Wellbalges bewegt wird. In das L-förmige Widerlager sind Aussparungen zum Beobachten der Klinge beim Justieren geschnitten.

10.5.1 MCP-LEED

Die Untersuchung von Adsorbatstrukturen mittels Beugung langsamer Elektronen (*Low Energy Electron Diffraction*) ist ein etabliertes Verfahren. Die Primärstrahlströme in der Größenordnung μA bei den normalen Geräten verursachen eine große Wahrscheinlichkeit zur elektronenstimulierten Desorption, die bei den schwach gebundenen Physisorbatsystemen auf den untersuchten Metalloxiden schnell zu einer Zerstörung der Überstruktur führen. Außerdem kann sich auf den Isolatoren schnell eine so große Ladung ansammeln, dass die Elektronen ein so unterschiedliches oder hohes Potential sehen, dass eine Messung sinnlos wird.

Wird vor dem Phosphorschirm eine Mikrokanalplatte (*Micro Channel Plate*) montiert, kann man den das Beugungsbild erzeugenden Elektronenstrom um drei bis

vier Größenordnungen verstärken und im Gegenzug den Primärstrom und die damit verbundenen schädigenden Einflüsse um denselben Faktor verringern. Der Aufbau folgt einem Vorschlag von Ogletree [94] und ist im Detail in [93] und [95] beschrieben. Der innere Teil der Optik bis zum MCP wird durch ein auf Massepotential gehaltenes Edelmetallnetz abgeschirmt, um nicht mit dem stark negativen Potential des MCP die Flugbahnen der langsamen Elektronen der benachbarten Aufladungskompensations-Elektronenkanone (*floodgun*) zu beeinflussen.

