
Praktikumsversuch XPS

INSTITUT FÜR FESTKÖRPERPHYSIK
ABTEILUNG ATMOS

Ansprechpartner Karthiga Kanthasamy
E-Mail-Adresse: karthiga@fkp.uni-hannover.de

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	1
1.1	Grundlagen der Photoelektronenspektroskopie	1
1.2	Augerelektronen in XP-Spektren	3
1.3	XPS-Spektrum	3
1.4	Nomenklatur des XP-Spektrums	4
2	Instrumente	4
2.1	Lichtquelle	4
2.2	Analysor	5
2.3	Detektor	6
3	Analyse	6
3.1	Informationstiefe	6
3.2	Unterscheidung von Oxidationsstufen	6
3.3	„Final-State“-Effekte	7
4	Anwendungen	8
4.1	Qualitative Analyse	8
4.2	Schichtdickenbestimmung	10
5	Weiterführende Literatur	10
6	Fragen zur Vorbereitung	10

Die Photoelektronenspektroskopie ist eine der wichtigsten Methoden zur Untersuchung der chemischen Zusammensetzung, der Bindungsverhältnisse und der elektronischen Struktur von Grenz- und Oberflächen einer Probe dar. Je nach Anregungsenergie der Lichtquelle $h\nu$ wird zwischen UPS („Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy“) und dem hier verwendeten XPS („X-Ray Photoelectron Spectroscopy“) unterschieden. Die Informationstiefe bei XPS liegt zwischen 5\AA und 30\AA , das entspricht etwa 2 bis 15 Atomlagen.

Ziel dieses Versuches ist es, die prinzipielle Arbeitsweise des XPS kennen zu lernen und zu verstehen. Dabei konzentriert sich der Versuch auf die chemisch-analytischen Möglichkeiten der Methode.

1 Theorie

1.1 Grundlagen der Photoelektronenspektroskopie

Elektronen in Atomen besitzen definierte Bindungsenergien E_B , welche in einfachster Näherung von der Quantenzahl n und der Kernladungszahl Z abhängen:

$$E_B \approx -13,6\text{eV} \cdot \frac{Z^2}{n^2}$$

Sie ist somit charakteristisch für eine Atomsorte. Da in Festkörpern lediglich die Valenzelektronen an chemischen Bindungen beteiligt sind, kann die Bindungsenergieverteilung der Rumpfelektronen zur Identifizierung der einzelnen im Festkörper enthaltenen Atomsorten eingesetzt werden. Dies ist die Grundlage der chemischen Analyse mittels Photoelektronenspektroskopie, welche schematisch in Abb. 1 dargestellt ist.

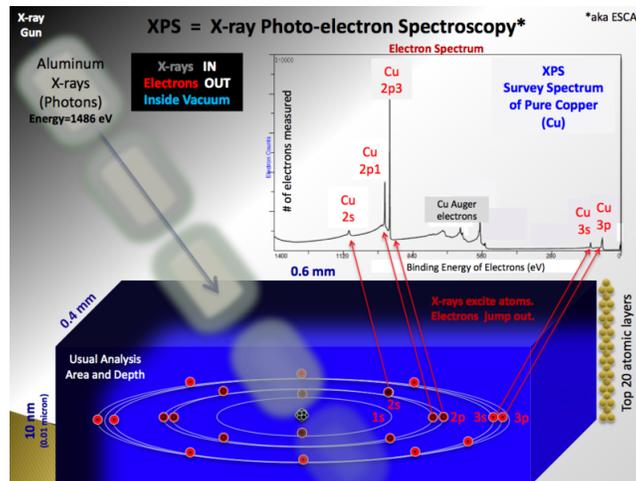


Abbildung 1: Schematische Darstellung von XPS

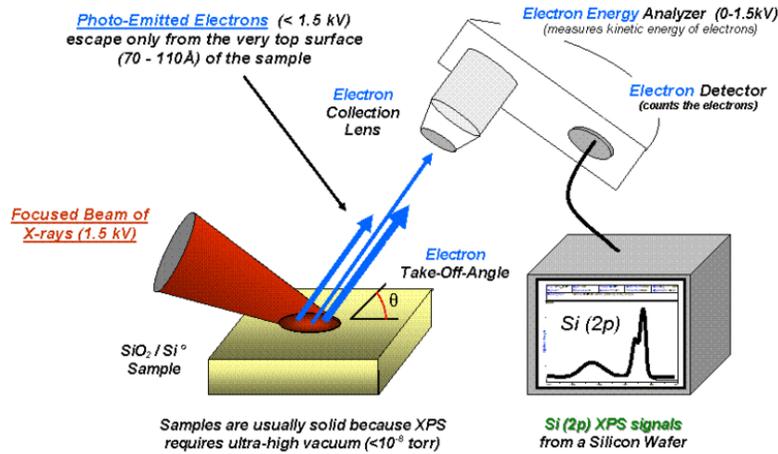


Abbildung 2: Schematische Aufbau des XPS

Das physikalische Prinzip der Photoelektronenspektroskopie beruht auf dem äußeren photoelektrischen Effekt: Durch Bestrahlung der Probenoberfläche mit Photonen, deren Energie $h\nu$ größer ist als die Austrittsarbeit Φ_s der Probe, also der Differenz der Vakuumenergie E_{vac} und der Fermienergie E_F , werden Elektronen aus besetzten Anfangszuständen in unbesetzte, ungebundene Endzustände der Probe angeregt. Aus oberflächennahen Atomen werden so Photoelektronen emittiert, welche im Photoelektronenspektrometer energiedispersiv detektiert werden (vergl. Abb. 2).

Für die Bindungsenergie E_B der Elektronen im Anfangszustand gilt demnach:

$$E_B = h\nu - (E_{kin} + \Phi_s)$$

Beim XPS stehen Probe und Spektrometer in elektrischem Kontakt, ihre Fermienergien sind im Gleichgewicht und somit auf dem gleichen Niveau. Die Austrittsarbeiten von Probe Φ_s und Spektrometer Φ_{spec} sind jedoch verschieden. Abb. 3 zeigt das dazugehörige Energieschema. Die kinetische Energie E_{kin}^1 eines Photoelektrons, welches im Spektrometer detektiert wird, kann also berechnet werden durch:

$$E_{kin}^1 = h\nu - E_B - \Phi_{spec}$$

Die Austrittsarbeit der Probe Φ_s spielt demnach keine Rolle bei der Bestimmung

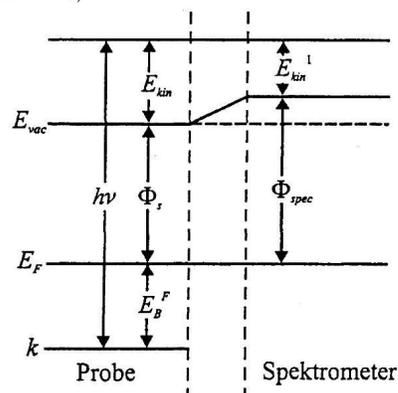


Abbildung 3: Energieschema von Emission und Detektion eines Photoelektrons

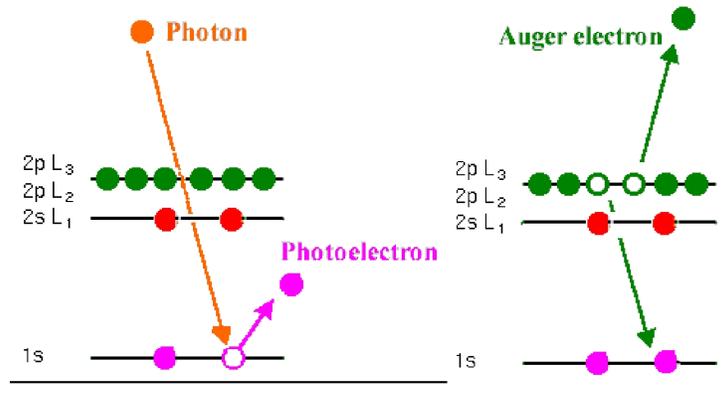


Abbildung 4: Links: Einfallendes Photon wird von einem Rumpfelektron absorbiert, ist $h\nu > E_B$, wird das Elektron emittiert. Rechts: Das entstandene Loch kann von einem Elektron aus einer höheren Schale gefüllt werden, wodurch entweder ein Photon oder ein Augerelektron emittiert wird.

der Bindungsenergien, sondern nur die Austrittsarbeit des Spektrometers Φ_{spec} . Diese ist weitestgehend konstant und kann aus der Messung des Fermi-niveaus einer metallischen Probe, dessen Bindungsenergie gleich Null gesetzt wird, bestimmt werden.

1.2 Augerelektronen in XP-Spektren

Beim Auger-Prozess zerfällt ein angeregter Zustand eines einfach ionisierten Atoms, wie er durch Emission eines Photoelektrons entsteht, strahlungsfrei unter Emission eines zusätzlichen Elektrons. Dies ist in Abb. 4 gezeigt.

In XP-Spektren treten daher neben Photo- auch Augerelektronenlinien auf. Die kinetische Energie der Augerelektronen hängt, im Gegensatz zu Photoelektronen, nicht von der Energie der anregenden Strahlung ab. Augerelektronen ändern ihre kinetische Energie in Abhängigkeit von den Bindungspartnern des Atoms. Bei Auger-Linien, die unter Beteiligung von Valenzorbitalen entstehen, ändert sich zusätzlich noch die Form, da sich die Zahl der Elektronen im Valenzband ändert. Dadurch ändert sich die Intensität der Valenzemission.

1.3 XPS-Spektrum

Ein typisches XP-Spektrum zeigt die Anzahl detektierter Elektronen aufgetragen gegen deren Bindungsenergie. Jedes Element hat charakteristische XPS-Linien, wodurch man direkt identifizieren kann, woraus die Oberfläche der Probe besteht. Die Anzahl der detektierten Elektronen einer Linie ist dabei proportional zur Menge dieses Elements in der Probe.

1.4 Nomenklatur des XP-Spektrums

Die Nomenklatur der XP-Emissionslinien im Spektrum richtet sich nach der spektroskopischen Notation, welche auf der Spin-Bahn-Aufspaltung beruht (s. Abschnitt 3.3). Das Schema zur Bezeichnung einer Linie ist „ nl_j “ mit der Hauptquantenzahl n , z.B. C 1s, V $2p_{1/2}$ und $2p_{3/2}$, Sn $3d_{5/2}$ und $3d_{7/2}$.

Die Auger-Emissionslinien werden analog zur Röntgen-Notation benannt. Dabei werden die Hauptschalen mit Großbuchstaben und die Unterschalen mit Zahlen bezeichnet. Das L_1 -Niveau entspricht dem 2s-Niveau in der spektroskopischen Notation, L_2 entspricht dem $2p_{1/2}$ -Niveau, L_3 dem $2p_{3/2}$ -Niveau. Ein KL_1L_1 -Augerübergang bedeutet also, dass ein (Photo-)Elektron aus der 1s-Schale herausgelöst und die entstandene Lücke durch ein Elektron aus dem 2s-Niveau gefüllt wurde. Die dabei freigewordene Energie wurde auf das zweite Elektron der 2s-Schale übertragen, welches das Atom ebenfalls verlässt.

Im XP-Spektrum sind folgende Auger-Linien zu erkennen: KLL-Linien treten für die Elemente B bis Na/Mg auf, LMM-Linien für S bis Ge/Se, MNN-Linien für Mo bis Nd.

2 Instrumente

Ein XP-Spektrometer besteht im Prinzip aus einer Lichtquelle, einem Elektronenenergieanalysator und einem Elektronendetektor.

Um bei Messungen möglichst fehlerfrei die kinetische Energie der Elektronen bestimmen zu können, muss XPS im ultrahohem Vakuum (UHV) durchgeführt werden. Dadurch kommen die Elektronen ungestört zum Detektor, der sich üblicherweise etwa einen Meter von der Probe entfernt befindet.

2.1 Lichtquelle

Als Lichtquelle für XPS-Untersuchungen dient meist eine Standard-Röntgenröhre mit einem Mg- oder Al-Target. Die dabei erzeugte Röntgenstrahlung besteht größtenteils aus der $K_{\alpha 1,2}$ -Strahlung der jeweiligen Anode. MgK_{α} hat eine Energie von 1253,6 eV, AlK_{α} von 1486,6 eV. Ein dünnes Al- oder Be-Fenster trennt die Röhre von der Analysekommer.

Die für diesen Versuch eingesetzte Quelle ist mit einer Mg/Al-Dual-Anode und einer monochromatisierten Al-Anode ausgestattet (vgl. Abb. 5). Darin sind Anoden beider Typs kombiniert, sodass die Anregungsenergie problemlos und schnell gewechselt werden kann. Da solche Dual-Anoden eine große Linienbreite von etwa 0,8 eV und Nebenlinien geringer Intensität („Satelliten“) haben, wird ein Kristallmonochromator verwendet. Dadurch verringert sich die Linienbreite auf 0,4 eV und die Nebenlinien fallen weg, jedoch sinkt die Zählrate und das Signal-Untergrundverhältnis wird schlechter.

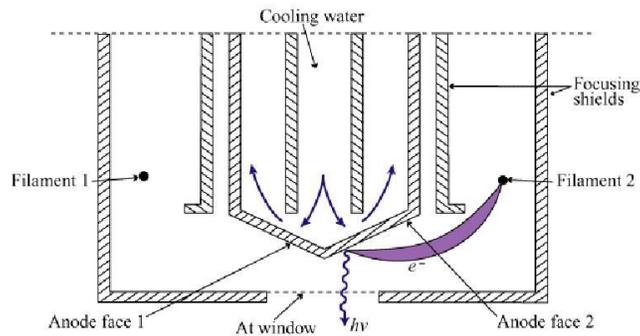


Abbildung 5: Schematischer Schnitt durch eine Röntgenröhre mit Dual-Anode. Jede Anodenfläche ist von einem halbkreisförmigen Filament umgeben.¹

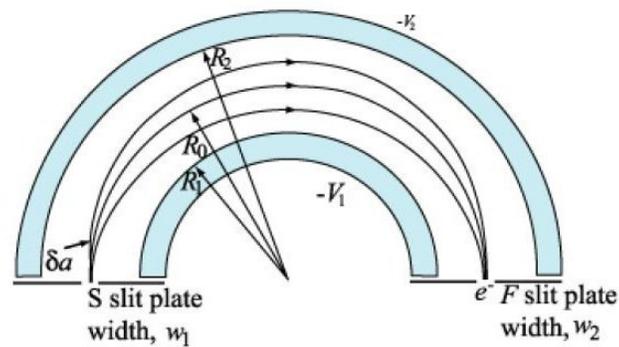


Abbildung 6: Schematische Darstellung eines CHA

2.2 Analysor

In diesem Versuch wird ein „Concentric Hemispherical Analyser“ (CHA) verwendet. Er besteht aus zwei konzentrisch angeordneten Halbkugeln mit Radien R_1 und R_2 , an denen eine Ablenkspannung V angelegt ist (s. Abb. 6). Eine optimale Auflösung wird bei minimaler Geschwindigkeit (Pass-Energie) der Elektronen erreicht.

Die spektrale Auflösung ist wie folgt definiert:

- absolute Auflösung: $\Delta E = \text{FWHM}$ (volle Halbwertsbreite)
- relative Auflösung: $R = \Delta E / E_0$, mit der Energie des Peaks E_0

Im Gegensatz zur relativen Auflösung ist die absolute Auflösung also unabhängig von der Energie des Peaks.

¹Quelle: K. Yates, A. Barrie, and F. J. Street, J. Phys. E: Sci. Inst. 6, 130 (1973)

Mit Hilfe des Analysators können die chemischen Zustände der Atome aufgelöst werden, deren Peaks eng beieinander liegen (s. Kapitel 3.3). Dafür muss eine absolute Auflösung von 0,5 eV bei einer Energie von 1500 eV vorhanden sein, die relative Auflösung liegt dann bei $3 \cdot 10^{-4}$. Dies ist jedoch ohne einen sehr großen Analysator nicht einfach zu erreichen. Daher werden bei XPS alle Photoelektronen im Analysator auf eine konstante Energie, die sogenannte Pass-Energie, abgebremst. Liegt die Pass-Energie bei 20 eV bei einer absoluten Auflösung von 0,5 eV, muss die relative Auflösung nur noch bei $2,5 \cdot 10^{-2}$ liegen, was deutlich einfacher zu erreichen ist.

2.3 Detektor

Der Detektor im XPS verstärkt das sehr kleine Signal der ankommenden Photoelektronen. Dafür werden in XPS-Anlagen standardmäßig „Channeltrons“ verwendet. Das besteht aus einem Glasrohr, welches innen metallisch beschichtet ist und an das eine Extraktionsspannung angelegt wird. Es funktioniert wie ein Sekundärelektronenvervielfacher, mit dem Unterschied, dass statt einer bestimmten Anzahl von Dynoden ein kontinuierlicher Kanal für die Signalverstärkung sorgt.

Das hierbei verwendete XPS hat ein „Channelplate“, ein Arrangement von 16 parallelen Channeltrons. Dies hat den Vorteil, dass nicht nur die Zahl der Elektronen, die exakt die Pass-Energie haben und sich auf R_0 bewegen, gemessen werden, sondern auch Elektronen, die sich aufgrund höherer oder niedriger kinetischer Energie auf geringfügig anderen Bahnen bewegen. Dadurch steigt die Zählrate im Vergleich zu einfachen Channeltrons deutlich und die Messdauer kann verkürzt werden.

3 Analyse

3.1 Informationstiefe

Eine der bedeutensten Eigenschaften des XPS ist die Oberflächenempfindlichkeit, welche von der mittleren freien Weglänge λ der photogenerierten Elektronen abhängt. Diese hängt stark von der kinetischen Energie der Elektronen ab und variiert nur wenig zwischen verschiedenen Materialien. Experimentelle Werte von λ in verschiedenen Materialien sind in Abb. 7 dargestellt. Die eingezeichnete Linie entspricht einer theoretischen Berechnung.

Die mittlere freie Weglänge besitzt ein Minimum bei ca. $\lambda = 5 \text{ \AA}$ und einer kinetischen Energie von $E_{\text{kin}} = 50 - 70 \text{ eV}$. Für kinetische Energien bis 2000 eV, wie sie bei XPS vorkommen, steigt die freie Weglänge mit $\lambda \propto \sqrt{E_{\text{kin}}}$ bis auf Werte von $\lambda = 10 - 20 \text{ \AA}$ an.

3.2 Unterscheidung von Oxidationsstufen

Mit Hilfe des XPS lassen sich verschiedene Oxidationsstufen eines Elements anhand der Verschiebung der Bindungsenergie von Rumpfniveaumissionen ge-

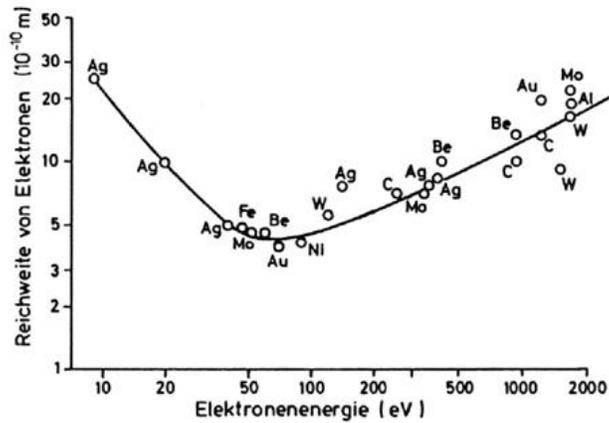


Abbildung 7: Mittlere freie Weglänge λ für Elektronen in Kristallen. Sie entspricht der Oberflächenempfindlichkeit des XPS

genüber der reinen Substanz unterscheiden, der sogenannten „chemischen Verschiebung“ einer Emissionslinie. Ein an ein anderes Atom abgegebenes Valenzelektron bewirkt eine Relaxation der Elektronenhüllen des ionisierten Atoms und der benachbarten Atome.

Ein Modell dafür ist das „Ladungs-Potential-Modell“, in dem ein Atom als Hohlkugel mit Radius r_V betrachtet wird, auf deren Oberfläche die Ladung q_i der Valenzelektronen verteilt ist. Im Inneren der Kugel herrscht an jeder Stelle das Potential q_i/r_V . Daraus folgt, dass die Bindungsenergien aller Rumpfniveaus von einer Ladungsänderung der Valenzelektronen ungefähr gleich stark betroffen sind, was in einigen Fällen eine gute Näherung ist. Zur vollständigen Beschreibung der Verhältnisse wird der Einfluss der umgebenden Atome j im Abstand r_{ij} berücksichtigt:

$$\Delta E = E_i^0 + k \cdot q_i + \sum_j \frac{q_j}{r_{ij}}$$

E_i^0 ist die Bezugsenergie eines bestimmten Anfangszustands und k ein Proportionalitätsfaktor. $k \cdot q_i$ gibt den Einfluss der Oxidationsstufe an, der Summenterme den der Ligandenhülle.

3.3 „Final-State“-Effekte

Die energetische Lage einer Emissionslinie im XP-Spektrum kann nicht aus den Energieeigenwerten der Orbitale eines neutralen Atoms berechnet werden, da der Endzustand der Elektronenhülle nach der Emission des Photoelektrons berücksichtigt werden muss. Effekte, wie z. B. die Relaxation der Elektronenhülle nach der Emission eines Elektrons, haben einen Einfluss auf die Energie des Endzustandes und werden deshalb als „Final-State“-Effekte bezeichnet.

Ein in fast allen Spektren erkennbarer „Final State“-Effekt ist die Aufspaltung

von Emissionslinien in Multipletts, am häufigsten vertreten ist die Aufspaltung von p-, d- und f-Rumpfniveaumissionen in Dubletts. Sie ist die Folge der Wechselwirkung von Bahn- und Spindrehimpuls, l bzw. s , ungepaarter Elektronen. Der Gesamt-Bahndrehimpuls j eines Elektrons ist gleich der Vektorsumme aus l und s und damit abhängig von deren Orientierungen.

In Tabelle 1 sind die Aufspaltungsparameter der XPS-Linien zusammengefasst. Das Intensitätsverhältnis der aufgespaltenen Linien entspricht dem Verhältnis der Anzahl der „Entartungen“ einer Kopplung, die mit $2j + 1$ berechnet wird.

Unterschale	l	s	$j = l \pm s$	Intensitätsverhältnis $2j + 1$
s	0	1/2	1/2	
p	1	1/2	1/2, 3/2	1:2
d	2	1/2	3/2, 5/2	2:3
f	3	1/2	5/2, 7/2	3:4

Tabelle 1: Spin-Bahn-Aufspaltungsparameter

Desweiteren kann die gleichzeitige Anregung mehrerer Elektronen eines Atoms zum Auftreten sogenannter „Shake-Up“- und „Shake-Off“-Satellitenlinien führen. Das emittierte Photoelektron gibt einen Teil seiner Energie an ein zurückbleibendes Elektron ab, welches in einen unbesetzten gebundenen Zustand („Shake-Up“) oder einen ungebundenen Zustand („Shake-Off“) angeregt werden kann.

4 Anwendungen

4.1 Qualitative Analyse

Bei der quantitativen Analyse der Oberflächenzusammensetzung einer Probe werden nur die Photoelektronenlinien berücksichtigt. Auger-Linien werden vernachlässigt, da ihre Intensität nicht exakt berechnet werden kann. Die Intensität ist hierbei die Fläche unter der Emissionslinie. Einen großen Anteil dieser Fläche bildet der Untergrund, der meist aus Photoelektronen, die durch Stoßprozesse auf dem Weg zur Oberfläche Energieverluste erlitten haben, und zu einem geringeren Teil aus Bremsstrahlung nichtmonochromatisierter Röntgenquellen besteht. Zur Bestimmung des Untergrundes kann man näherungsweise eine gerade Linie zwischen den Flanken der Emissionslinie ziehen.

Die Intensität I_A einer Photoelektronenlinie, ohne Untergrund, hängt neben der Konzentration des Elements A noch von weiteren Größen ab:

$$I_A = \sigma_A \cdot D(E_A) \int_{\gamma=0}^{\pi} \int_{\varphi=0}^{2\pi} L_A(\gamma) \int_x \int_y J_0(x, y) \cdot T(x, y, \gamma, \varphi, E_A) \cdot \int_z N_A(x, y, z) \cdot \exp\left(-\frac{z}{\lambda_M(E_A \cdot \cos \Theta)}\right) dz dy dx d\varphi d\gamma$$

mit

σ_A	Photoionisationswirkungsquerschnitt
$D(E_A)$	Detektionseffizienz des Spektrometers als Funktion der kinetischen Elektronenenergie E_A
$L_A(\gamma)$	Winkelabhängigkeit der Photoelektroemission als Funktion von Azimutalwinkel γ und Polarwinkel φ zwischen Quelle und Analysator
$J_0(x, y)$	Primärfluss der Photonen
$T(x, y, \gamma, \varphi, E_A)$	Transmissionsfunktion des Analysators
$N_A(x, y, z)$	Atomdichteverteilung für das Element A in der Probe
$\lambda_M(E_A)$	Mittlere Austrittstiefe der Photoelektronen
Θ	Emissionswinkel zur Probenoberflächennormalen

Unter bestimmten Voraussetzungen lässt sich die Gleichung vereinfachen:

- $D(E_A)$ ist konstant, wenn das Spektrometer mit konstanter Passenergie betrieben wird.
- Der Photonenfluss $J_0(x, y)$ ist konstant über den analysierten Bereich.
- $L_A(\gamma)$ wird aus Tabellen der Spektrometeranordnung unter Vernachlässigung von Beugungseffekten berechnet.
- γ und φ sind ebenfalls durch die Geometrie festgelegt.
- Die Transmissionsfunktion T wird vom Analysatortyp bestimmt und ist abhängig von der Energie der Photoelektronen mit $T(E_A) \propto 1/E_A$

Daraus ergibt sich:

$$I_A = \sigma_A \int_z N_A(x, y, z) \cdot \exp\left(-\frac{z}{\lambda_M(E_A \cdot \cos \Theta)}\right) dz$$

Ein Spezialfall bei der quantitative Analyse ist die Untersuchung einer homogenen Probe aus zwei Elementen A und B. Hierbei gilt für die relativen Konzentrationen der Elemente in der Probe:

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{I_A \cdot \sigma_B}{I_B \cdot \sigma_A} \cdot \frac{\lambda(E_B) \cdot S_p(E_B)}{\lambda(E_A) \cdot S_p(E_A)}$$

$S_p(E_A)$ und $S_p(E_B)$ sind vereinfachte Ausdrücke für die Spektrometerempfindlichkeit bei den jeweiligen Energien. Unter Verwendung tabellierter atomarer Empfindlichkeitsfaktoren („atomic sensity factors“, ASF), die den Ionisationsquerschnitt, die Spektrometerempfindlichkeit, die Transmissionsfunktion und die Austrittstiefen enthalten, gilt dann folgender vereinfachter Zusammenhang:

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{I_A \cdot \text{ASF}_B}{I_B \cdot \text{ASF}_A}$$

4.2 Schichtdickenbestimmung

Mit Hilfe von XPS lässt sich die Schichtdicke von hinreichend dünnen aufgedampften Schichten oder von Oxidfilmen bestimmen. Die Schichten müssen dabei homogen sein.

Zur Bestimmung der Schichtdicke d wird das Verhältnis der Intensität einer Emissionslinie des reinen und des bedeckten Substrats, I_{Sub}^0 und I_{Sub}^d , betrachtet. Die Photoelektronen aus dem Substrat müssen einen zusätzlichen Weg durch die Schicht der Dicke d zum Analysator zurücklegen. Dabei nimmt ihre Anzahl exponentiell zur Schichtdicke ab. Werden die beiden Messungen unter gleichen Bedingungen durchgeführt, fallen bei der Bildung des Verhältnisses alle Terme außer dem Exponentialterm weg. Mit $z^d = z^0 + d$ und der Annahme, dass die Verteilung der Substratotope in beiden Fällen gleich ist, ergibt sich:

$$\frac{I_{\text{Sub}}^d}{I_{\text{Sub}}^0} = \exp\left(-\frac{d}{\lambda(E) \cdot \sin \alpha}\right)$$

Der Winkel Θ wird hierbei durch den Abnahmewinkel α des Analysators ersetzt.

5 Weiterführende Literatur

- D. Briggs, M. P. Seah: „Practical Surface Analysis, Vol. 1“, Wiley, 1990, MaWi-Bibliothek (Nr.668)
- G. Ertl, J. Küppers: „Low Energy Electrons and Surface Chemistry“, Wiley-VCH, 1985, in der Bibliothek des Fachgebietes vorhanden (Nr. 962)
- J. C. Riviere: „Surface Analytical Techniques“, Clarendon Press Oxford, 1990, MaWi-Bibliothek (Nr. 494)
- W. Göpel, C. Ziegler: „Struktur der Materie“, Teubner, Leibniz 1994
- J. Chastain, R. C. King (ed.): „Handbook of X-Ray Photoelectron Spectroscopy“, Physical Electronics, im Fachgebiet vorhanden
- M. Grasserbauer, H. J. Dudek, M. F. Ebel: „Angewandte Oberflächenanalyse“, Spinger, 1985, MaWi-Bibliothek (Nr. 299)

6 Fragen zur Vorbereitung

Die folgenden Fragen sollen einige wichtige Punkte der Photoelektronenspektroskopie nochmals hervorheben, sowie die Auswertung erleichtern. Alle Teilnehmer des Praktikums müssen sie **vor** Versuchsbeginn schriftlich bearbeitet haben. Die Ausarbeitung ist dem Protokoll hinzuzufügen.

1. Was ist die grundlegende Messgröße beim XPS?
2. Wie hängen die kinetische Energie und die Bindungsenergie eines Photoelektrons zusammen? Hängt λ von der Bindungsenergie ab?

3. Wie ändert sich die Lage der Augeremissionen in der kinetischen bzw. Bindungsenergieskala, wenn man die Anregungsenergie wechselt?
4. Wie kann man ein „Tiefenprofil“ mit XPS aufnehmen, ohne zu Sputtern oder den Winkel zwischen Probe und Quelle zu ändern? Anders ausgedrückt: Kann man die Austrittstiefe der Photoelektronen „einstellen“?
5. Erklären Sie, woher die Aufspaltung einer Emissionslinie im XP-Spektrum kommt.
6. Wie kann man die spektrale Auflösung einer Messung verändern?