

## **Augerelektronen-Spektroskopie (AES),**

*mit Diskussion*      *Photoelektronen-Spektroskopie (XPS)*  
*Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS)*

IFW Dresden - Dr. Steffen Oswald ([s.oswald@ifw-dresden.de](mailto:s.oswald@ifw-dresden.de)) , Tel. 4659-386  
Ort: IFW Dresden, Raum B1U.18 (1. Untergeschoss, Neubau-Südflügel)  
Zeit: nach Vereinbarung, 8.00 - 11.00 Uhr, 13.00 - 16.00 Uhr

### Praktikumsthematik:

schwerpunktmäßig werden im Praktikum die Punkte 2 - 4 experimentell behandelt

1. Kurze Diskussion zur Problematik "Oberflächenanalytik"  
**- Vorbereitung inkl. schriftlicher Beantwortung von Fragen/Übungsaufgaben**
  
- 2. Kennenlernen AES-Gerät**  
**- Vakuumtechnik,**  
**- Komponenten des Analysengerätes,**  
**- Probenpräparation.**
  
- 3. Oberflächen-Identifizierung mit AES**  
**- Übersichtsspektren,**  
**- Elementidentifizierung,**  
**- Konzentrationsquantifizierung.**
  
- 4. Laterale Elementverteilungen**  
**- Sekundärelektronen-Bilder,**  
**- lokale Messungen,**  
- Element-Maps.
  
5. Tiefenprofil-Messung  
- Ionenquelle,  
- Sputterratenabschätzung,  
- Konzentrations-Tiefenverteilung,  
- Peakformänderungen.
  
6. Alternative Verfahren  
- Diskussion XPS und SIMS.

**Beachten Sie die zur Vorbereitung zu beantwortenden  
Fragen und Übungsaufgaben auf den Folgeseiten !**

# **Bitte beantworten Sie diese Fragen kurz schriftlich (zur Abgabe)!**

Antworten bitte zur Diskussion zum Praktikumstermin mitbringen!

Die einzelnen Punkte beziehen sich teilweise auf die im Anschluss angefügten Übungsaufgaben.

Jeder sollte zu den Punkten im Gespräch kurz auskunftsfähig sein!

## **1. Vakuum**

Warum Ultrahochvakuum?

Typischer Druck Rasterelektronenmikroskop - UHV Anlagen für Elektronenspektroskopie?  
In Pa und Torr !!!

Welche Anforderungen resultieren daraus für zu untersuchende Proben/Probenhandling?

## **2. Druck / freie Weglänge**

Wert für Druck (2a)?

Wert für Lambda (2b)?

Wie ist „inelastische“ und „elastische“ Weglänge definiert?

Elektronen im Festkörper: Warum spielt eine der beiden (welche?) eine entscheidende Rolle für die Elektronenspektroskopie?

## **3. AES vs. XPS**

Kurz - wesentliche Unterschiede und Gemeinsamkeiten?

Welche Konsequenzen resultieren daraus für die genutzte Gerätetechnik?

Art der Anregungsstrahlung - Konsequenz für Proben?

## **4. Photoelektronenlinien (XPS)**

Zahlenwerte für (4a) und (4b)?

Warum unterscheiden wir kinetische und Bindungs-Energie?

Gibt es Unterschiede bei der Betrachtung der Energien für AES und XPS?

Wie Element-Identifizierung und -Quantifizierung?

## **5. Abschwächung der Intensität in Abhängigkeit von der kinetischen Energie**

Welche relative Intensitäten ergeben sich für beide Auger-Linien (5a)?

Gedanklicher Vergleich einer Messung mit und ohne Kontamination?

Welche Konsequenz haben die erhaltenen Zahlenwerte für die praktische Analyse(5b)?

(Warum) gibt es Unterschiede?

Welche Rolle spielt der Winkel?

# Übungsaufgaben zum Praktikum Elektronenspektroskopie 2016

Die Beschäftigung mit den nachfolgenden Aufgaben/Fragestellungen dient zur Vorbereitung zum Praktikum und als Basis für die Beantwortung der oben stehenden Fragen.

*Hinweise kursiv!*

## 1. Methoden der Vakuumerzeugung / Druckbereiche

a) Machen Sie sich mit Prinzipien zur Erzeugung von Unterdruck (Vakuum) vertraut.

### ***Klassifizierung, Einsatzbereiche, Druckbereiche, Ultrahochvakuum***

b) Welche Prinzipien der Vakuum-Messung gibt es? *Definition, indirekt/direkt*

c) Anforderungen an das Vakuum bei Oberflächenanalytik / Elektronenspektroskopie, *warum Vakuum, Druckbereich, Konsequenz für Proben*

d) Kennen verschiedener Druck-Einheiten (SI, Meteorologie, USA)  
*Umrechnung Pa zu Torr, beachte auch Aufgabe 2.*

## 2. Druckabschätzung im UHV

Die mittlere freie Weglänge für Gase beschreibt den mittleren Weg, den die Gasmoleküle zwischen zwei Stößen miteinander zurücklegen. Diese Größe ist ein wichtiges Maß für die "Verdünnung" des Gases und damit u.a. für das Verständnis von z.B. Adsorptionsprozessen an Oberflächen.

Sie berechnet sich nach

$$\lambda = \frac{k \cdot T}{4 \cdot \pi \cdot \sqrt{2} \cdot p \cdot r^2}$$

$k$ - Boltzmannkonstante,  $T$ -Temperatur,  $p$ -Druck,  $r$ - Wirkungsquerschnitt (Radius),

und beträgt für Luft und Zimmertemperatur (nach Thiemig-Taschenbuch 43)

$$= 5 \cdot 10^{-3} \text{ cm} \times \text{Torr} / p$$

a) Wie groß ist der Druck in Pa für Lambda in der Dimension der Vakuumkammer (50 cm)?

### ***Konsequenz für Ultrahochvakuum***

b) Wie groß ist der Wirkungsquerschnitt für Luft bei Zimmertemperatur?

c) Diskutieren von Parallelen zur freien Weglänge von Elektronen im Festkörper. Welche Unterschiede gibt es zwischen "inelastischer" und "elastischer" freier Weglänge?

*Stoß-Arten, beachte auch Abklinglänge Aufgabe 5.*

### 3. Auger-Elektronen- und Photoelektronen-Spektroskopie

- a) Unterschiede von AES und XPS
- b) Gemeinsamkeiten von AES und XPS
- c) Bindungs- und kinetische Energie der Elektronen, Augerelektronen im Photoelektronen-Spektrum?

### 4. Berechnung Photoelektronenlinien

Gegeben sei ein Photoelektronen-Spektrometer mit zwei Anregungsquellen:

Al  $K_{\alpha}$  = 1486.6 eV, Mg  $K_{\alpha}$  = 1253.6, Austrittsarbeit im Spektrometer ist  $W_f = 4.3$  eV.

Mit Mg- $K_{\alpha}$  Strahlung werden an einer Metalloberfläche zwei charakteristische Peaks mit kinetischen Energien von  $E_{kin1} = 1165.3$  eV und  $E_{kin2} = 1161.6$  eV gemessen.

- a) Welchen Bindungsenergien von Elektronen entsprechen diese Niveaus in dem Metall.
- b) Welche kinetischen und Bindungs-Energien werden mit Al- $K_{\alpha}$  beobachtet?
- c) Welches Metall könnte das sein? *Internet?*

### 5. Abschwächung der Intensität in Abhängigkeit von der kinetischen Energie

Eine Cu-Probe ist mit einer 1 nm dicken C-haltigen Kontaminationsschicht bedeckt. Folgende charakteristische Linien mit den zugehörigen kinetischen Energien werden gemessen:

Cu LMM 922 eV,                      Cu MNN 66 eV.

Die Schwächung der Elektronensignale in der Kontaminationsschicht berechnet sich in Analogie zum Licht mit Hilfe des "Lambert-Beerschen-Gesetzes". *Parallelen suchen!!!*

Folgende Abklinglängen ergeben sich nach der Formel von Cumpson und Seah (CS2) (fiktiv für  $C_6H_6$ ): *wofür steht die charakteristische "Abkling"länge?*

Cu LMM	Cu MNN
2.95 nm	0.47 nm

Im Zylinderspiegelanalysator (CMA) werden die Elektronen unter einem Winkel von  $42^{\circ}$  zur Probennormalen austretenden Elektronen detektiert. *Warum braucht man den Winkel?*

- a) Welche Intensitäten ergeben sich für beide Auger-Linien im Vergleich mit einer reinen Cu-Oberfläche? *relative Intensitäten!*
- b) Welche Konsequenz ergibt sich daraus für elektronenspektroskopische Untersuchungen - *1 nm ist eine durchaus realistische Annahme für OF-Bedeckungen!*