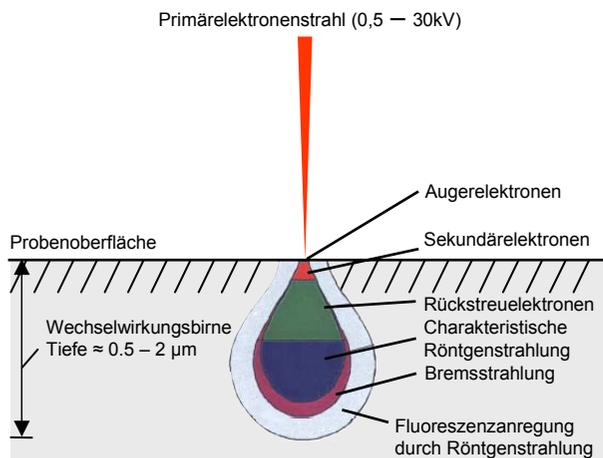


Der in einem Rasterelektronenmikroskop erzeugte Primärelektronenstrahl wird u.a. auch zur Analyse der chemischen Zusammensetzung von Proben verwendet. Trifft der Elektronenstrahl auf die Probe, werden in einem von der Beschleunigungsspannung und der Materialzusammensetzung abhängigen Wechselwirkungsvolumen nicht nur z. B. Sekundärelektronen (SE) sondern auch Röntgenstrahlung erzeugt. Die Energie der Röntgenstrahlung ist von der Ordnungszahl des emittierenden Atoms abhängig und damit für das betreffende Element "charakteristisch". Diese Signale können mit einem entsprechenden Detektor registriert werden.

Prinzip



Das Volumen, in dem die Röntgenstrahlen angeregt werden, ist kugel- oder birnenförmig (siehe nebenstehende Skizze). Die Eindringtiefe der Elektronen sowie die Austrittstiefe der Röntgenstrahlen hängt von der Beschleunigungsspannung der Elektronen, von der Massendichte der Probe und von der Energie der Röntgenstrahlen ab. Das Anregungsvolumen hat eine Tiefe von $< 1 \mu\text{m}$ bis wenige μm .

Spezifikationen

Detektor:
Energieauflösung:
Elementenachweis:

Si(Li)-Detektor (mit Flüssigstickstoff gekühlt)
 $\leq 129 \text{ eV}$ für Mn $K\alpha$
Ordnungszahl ≥ 4 (Be)

Möglichkeiten

Aufnahme und qualitative/quantitative Auswertung von EDX-Spektren an Punkten oder Flächen.
Bestimmung der Elementverteilungen längs einer Linie (Linescan) oder über eine Fläche (Mapping).

Anforderungen

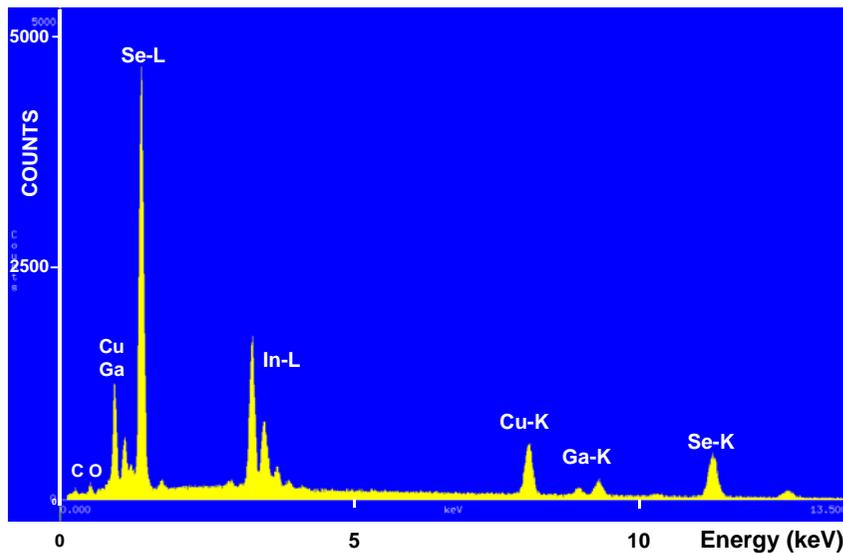
Probengröße:
Probendicke:
Probenbeschaffenheit:

bis 50 mm x 50 mm
bis 30 mm
trocken, keine Ausgasungen, vakuumtauglich

Anwendungsbeispiele EDX

Mit Hilfe des am HREM des ZSW integrierten energiedispersiven Röntgenmikroanalyse-Systems werden die für Dünnschichtsolarmodule aufgedampften, gesputterten oder chemisch abgeschiedenen Einzelschichten oder Schichtsysteme auf ihre chemische Zusammensetzung oder auf Fehler, die während der Beschichtungsprozesse entstanden sind, untersucht.

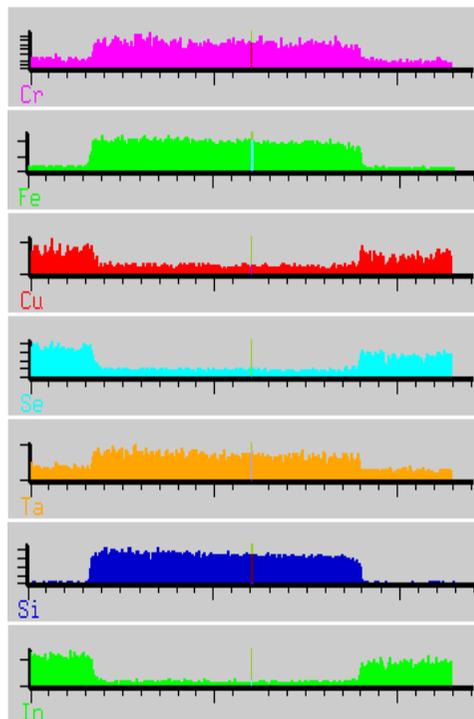
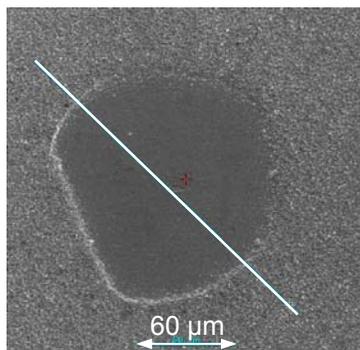
Röntgen-Spektrum der solaraktiven Cu(In,Ga)Se_2 -Schicht eines Dünnschichtsolarmoduls



EDX-Spektrum einer Cu(In,Ga)Se_2 -Schicht (20 kV, 520 pA, 100 s, $50 \mu\text{m} \times 30 \mu\text{m}$). Außer den Elementen Cu, In, Ga und Se werden auch die Elemente O und C nachgewiesen.

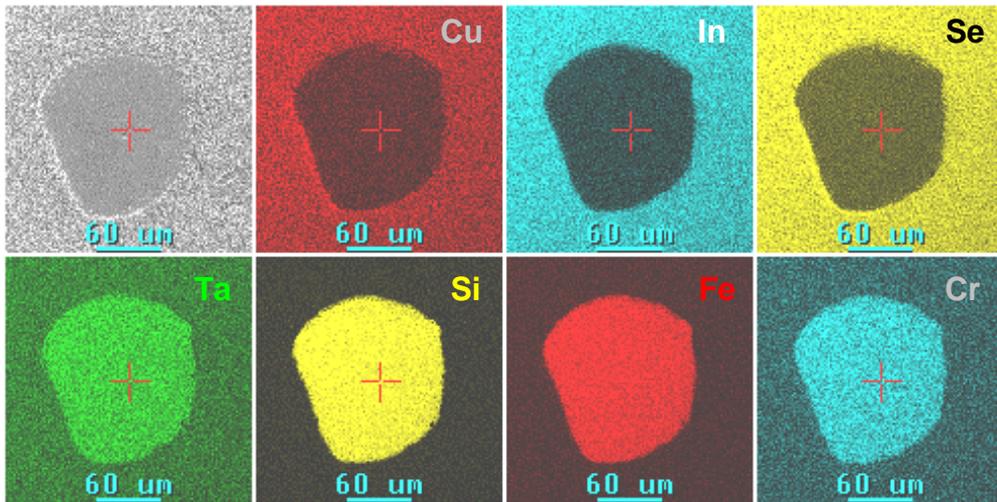
Linienförmige Elementverteilung an einem Beschichtungsfehler einer Cu(In,Ga)Se_2 -Schicht auf Cr-Stahlsubstrat

Links: Rasterelektronenmikroskopische Übersichtsaufnahme eines halbkreisförmigen Defekts. Rechts: Linescan diagonal über den halbkreisförmigen Defekt (weiße Linie im linken Bild). Im Innern des Defekts sind die Konzentrationen der Elemente Cu, In und Se stark erniedrigt. Die Elemente Fe und Cr vom Stahlsubstrat sowie Ta und Si von einer zusätzlichen Zwischenschicht sind dagegen erhöht.



Interpretation: Innerhalb des halbkreisförmigen Defekts fehlt die Cu(In,Ga)Se_2 -Schicht fast vollständig und das Anregungsvolumen des Elektronenstrahls erstreckt sich deshalb bis in die tiefer liegenden Schichten und bis in das Stahlsubstrat. Die Materialien aus diesen Schichten werden deshalb verstärkt detektiert. Das Fehlen der Absorberschicht ist vermutlich auf ein Fremdpartikel zurückzuführen, welches während des Cu(In,Ga)Se_2 -Wachstums auf dem Substrat lag.

Elementverteilungsbilder (mappings) an einem Beschichtungsfehler in einer Cu(In,Ga)Se₂-Schicht auf einem Cr-Stahlsubstrat



Links oben: REM-Übersichtsaufnahme eines halbkreisförmigen Defekts.

Rechts: Elementverteilungsbilder der Elemente Cu, In, Se, Ta, Si, Fe und Cr an dem halbkreisförmigen Defekt. Im Innern des Defekts sind die Konzentrationen der Elemente Cu, In und Se stark erniedrigt. Die Elemente Fe und Cr vom Stahlsubstrat sowie Ta und Si von einer zusätzlichen Zwischenschicht sind dagegen erhöht.

Interpretation: Innerhalb des halbkreisförmigen Defekts fehlt die Cu(In,Ga)Se₂-Schicht fast vollständig und das Anregungsvolumen des Elektronenstrahls erstreckt sich deshalb bis in eine tiefer liegende Schicht sowie bis zu dem Stahlsubstrat. Die Materialien aus diesen Schichten werden deshalb verstärkt detektiert. Das Fehlen der Absorberschicht ist vermutlich auf ein Fremdpartikel zurückzuführen, welches während des Cu(In,Ga)Se₂-Wachstums auf dem Substrat lag.