

Kontakt:

yolita.eggeler@kit.edu (LEM)
heike.stoermer@kit.edu (LEM)
michael.stueber@kit.edu (IAM-AWP)
vincent.ott@kit.edu (IAM-AWP)



Transmissionselektronenmikroskopische (TEM) Untersuchungen an nanoskaligen, ternären Viellagenschichten im System Ru/Al/Hf

Die Ausschreibung richtet sich an Studierende der Physik, der Werkstoffwissenschaft und Materialtechnik und des Maschinenbaus, die ihre Masterarbeit am Laboratorium für Elektronenmikroskopie (LEM) durchführen möchten. Die Arbeit findet in Kooperation mit dem Institut für Angewandte Materialien (IAM-AWP, Gruppe Hochleistungsschutzschichten) statt. Sie bietet die Möglichkeit, nach einer gründlichen Einweisung selbstständig an modernen Durchstrahlungs- (TEM) und Rasterelektronenmikroskopen (REM) zu arbeiten.

Motivation

Die Arbeit befasst sich mit der Thematik reaktiver metallischer Viellagenschichten. Sie adressiert die Frage wie sich ein mikrostrukturelles Design solcher Schichten einstellen lässt, um durch thermische Aktivierung, beispielsweise durch Auslösung einer exothermen Reaktion, innerhalb der Viellagenschichten neue Gefügestände und Phasenbildungen zu induzieren. Auf diesem Wege sollen neue Dünnschichtwerkstoffe mit multifunktionalen Eigenschaften für Ingenieur-anwendungen generiert werden. Ein aktuelles System für solche Untersuchungen ist Ru/Al. Hier bildet sich die kubische Phase RuAl (CsCl-Struktur, B2) mit einem Schmelzpunkt $> 2000^{\circ}\text{C}$. Untersuchungen an ternären Ru/Al/X-Viellagensystemen ($X = \text{Hf, Pt, Ti}$) zeigten bereits die Möglichkeit der Entstehung eines Werkstoffgefüges mit einer einphasigen ternären B2-Struktur, einem $(\text{Ru}_{1-x}/\text{X}_x)\text{Al}$ Mischkristall, als Folge einer instationären exothermen Reaktion. Neueste Forschungsergebnisse am IAM-AWP zeigen, dass eine solche Phasen- und Gefügebildung in Viellagenschichten auch durch eine Wärmebehandlung nahe des thermodynamischen Gleichgewichtes ohne Initiierung einer exothermen Reaktion gelingen kann. Im Bereich der Dünnschichtphysik wurde dies bisher nicht beschrieben. Die gezielte mikrostrukturelle Modifikation durch Zulegieren eines weiteren Elements in den Substrukturen der jeweiligen metallischen Populationen eröffnet dabei die Möglichkeit, neue Werkstoffe mit optimierten mechanischen Eigenschaften zu synthetisieren. Der Ansatz, solche Dünnschichtwerkstoffe über thermisch aktivierte Vorgänge aus klassischen Viellagenschichten zu generieren folgt

der Arbeitshypothese den Ablauf der Reaktion(en) und insbesondere die Phasen- und Gefügeausbildung gezielt kontrollieren zu können. Eine umfassende Beschreibung der mikrostrukturellen Prozesse in solchen ternären Systemen ist bisher nicht erfolgt und bietet fundamentale neue Erkenntnisse zur Kinetik und Phasenbildung in nanoskaligen Werkstoffsystemen.

Wissenschaftliche Zielsetzung

Die geplante Arbeit zielt auf eine Beschreibung der nanoskaligen Schichtmorphologie und Grenzflächen ternärer metallischer Ru/Al/Hf Dünnschichten in unterschiedlichen Zuständen ab. Dazu wird einerseits der Viellagenaufbau im Grundzustand, sowie nach einer thermisch induzierten Phasenumwandlung charakterisiert.

Die wesentlichen Ziele sind die qualitative und quantitative Charakterisierung der metallischen Viellagenschichten, die werkstoffwissenschaftliche Beschreibung der Mikrostruktur und Grenzflächen und die Charakterisierung der Phasenbildung im Grundzustand sowie infolge thermischer Aktivierungen (hier im thermischen Gleichgewicht). Im Gegensatz zu herkömmlichen makroskopischen Werkstoffen, ist die mikrostrukturelle Beschreibung in nanoskaligen Systemen und deren Auswirkung auf die Kinetik und Phasenbildung bisher weitestgehend unbekannt. Die Verwendung von abbildenden und quantitativen Verfahren der Elektronenmikroskopie wie HRTEM, STEM, HAADF, etc. soll dabei eine umfassende Beschreibung des Viellagensystems ermöglichen. Besonderes Augenmerk liegt hier auf den Korn- und Phasengrenzen und deren Mikrostruktur, welche den Stofftransport und Wärmetransport während der thermisch induzierten Phasenbildung maßgeblich beeinflussen.

Die sich einstellende Phasensequenz soll anhand gezielt wärmebehandelter Proben untersucht werden. Dafür werden im Vorfeld in-situ-Röntgenbeugungsuntersuchungen durchgeführt um die Temperaturen der Phasenumwandlungen zu bestimmen.

Experimentelle Vorgehensweise

- Präparation elektronentransparenter dünner TEM-Folien mit der Focused-Ion Beam Methode
- Charakterisierung der Nano- und Mikrostruktur mittels abbildender und analytischer elektronenmikroskopischer Methoden
- Auswertung und Interpretation der Ergebnisse in Kooperation mit dem Institut für Angewandte Materialien – Angewandte Werkstoffphysik