

# Piezomode AFM zum Nachweis der piezoelektrischen Eigenschaften von AlN Schichten für Ultraschall-Wandler Anwendungen

Bernd KÖHLER \*, Malgorzata KOPYCINSKA-MUELLER \*, Peter KRÜGER \*,  
Ingolf ENDLER \*\*, Andreas SCHÖNECKER \*\*

\* Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme, Institutsteil  
Materialdiagnostik (IKTS-MD), Dresden

\*\* Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden

## Kurzfassung

Die Zuverlässigkeit von piezoelektrischen Wandlern wird vielfach durch die internen Klebschichten zwischen Piezokeramiken und den angrenzenden Materialien begrenzt. Im hochfrequenten Bereich werden ZnO Sputterschichten eingesetzt, wobei die Reproduzierbarkeit und Zuverlässigkeit der Wandler durch den Wegfall der Klebeschicht deutlich erhöht ist. Allerdings sind die erreichbare Dicke der aktiven Schichten durch die Dauer des Sputterprozesses nach oben, und damit auch die Wandlerfrequenz nach unten begrenzt. Aluminiumnitrid ist ebenfalls piezoelektrisch und kann, neben der Abscheidung durch Sputtern auch in einem CVD Prozess hergestellt werden wobei deutlich dickere Schichten in realistischen Zeiten produziert werden können. Geeignete Substrate sind neben Si-Wafern auch Werkzeugwerkstoffe. Letztere kann man durch die Applikation von AlN-Schichten mit einer integrierten Sensorik ausstatten.

Der übliche Nachweis der Piezoelektrizität erfolgt durch Bestimmung der entsprechenden elektromechanischen Kopplungskonstanten als integraler Wert über die Schicht. Im Beitrag wird zusätzlich die Piezomode-AFM-Technik eingesetzt, mit der die piezoelektrische Kopplung lokal hochaufgelöst bestimmt werden kann. Die zusätzliche Information liefert Hinweise zu den Struktur - Eigenschaftsbeziehungen und damit Ansatzpunkte zur Verbesserung der Herstellungstechnologie. Erste Ergebnisse von mittels CVD Prozess hergestellten AlN-Schichten werden präsentiert.

# AlN-SCHICHTEN FÜR ULTRASCHALL- WANDLER-ANWENDUNGEN

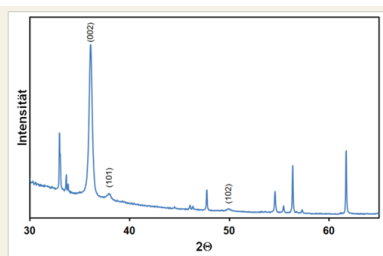
B. Köhler, M. Kopycinska-Müller, P. Krüger, I. Endler, A. Schönecker  
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

Die Zuverlässigkeit von hochfrequenten keramischen piezoelektrischen Wandlern für die zerstörungsfreie Prüfung und die Strukturüberwachung wird durch interne Klebschichten begrenzt. Deshalb werden im hochfrequenten Bereich direkt abgeschiedene Sputterschichten (ZnO, AlN) eingesetzt. Allerdings ist die erreichbare Dicke der aktiven Schichten begrenzt. Für Wandler zwischen 10 und 100 MHz sind dickere Schichten und damit alternative Abscheidungsverfahren erforderlich. Im Beitrag werden mittels Chemischer Gasphasenabscheidung (CVD) abgeschiedene Schichten auf ihre potentielle Eignung als Wandlermaterial untersucht.

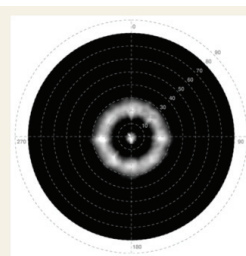
## SCHICHTHERSTELLUNG

Die Herstellung von texturierten AlN-Schichten erfolgte im Gegensatz zu den sonst üblichen PVD-Verfahren mittels CVD bei niedrigem Druck (LPCVD). Der LPCVD-Prozess wurde mit einer Gasmischung aus  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , Ar bei  $900^\circ\text{C}$  ausgeführt. Als Substrate kamen Siliziumwafer und WC/Co-Hartmetallplatten mit einer  $0,5\ \mu\text{m}$  dicken TiN-Vorbeschichtung zum Einsatz. Mit diesem Prozess werden sehr hohe Abscheidungsraten im Bereich von 7 bis  $15\ \mu\text{m}/\text{h}$  erzielt. Zudem ist gegenüber PVD-Verfahren eine gleichmäßige Beschichtung auch bei komplizierten Substratgeometrien möglich.

## TEXTURUNTERSUCHUNGEN



Röntgendiffraktogramm der AlN-Schicht.



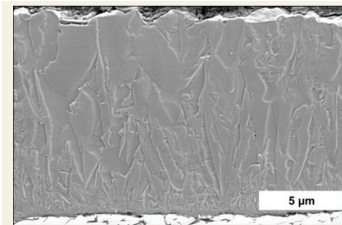
Polfigur-Messung der AlN-Textur.

Bei AlN wird eine starke Textur als Voraussetzung hoher Piezoelektrizität angesehen. Die Textur einer  $1,7\ \mu\text{m}$  dicken Schicht auf Si-Substrat wurde durch Polfigurmessungen und Diffraktion in Bragg-Bretano-Anordnung untersucht. Die Polfigur zeigt eine Faserstruktur des  $\langle 002 \rangle$  Reflexes; aus dem Diffraktogramm wurde ein Texturkoeffizient (TK) von 8,2 für diesen Reflex ermittelt. Die  $20\ \mu\text{m}$  dicke AlN-Schicht auf dem Hartmetallsubstrat ist dagegen stark  $\langle 103 \rangle$ -texturiert. Für diese Schicht wurde ein  $\text{TK}(103)$  von 5,4 ermittelt.

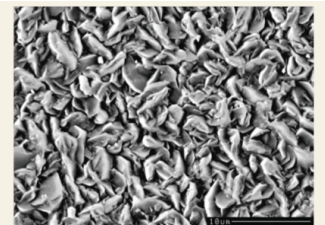
## REM CHARAKTERISIERUNG

Rasterelektronenmikroskopische (REM) Aufnahmen einer bei  $900^\circ\text{C}$  auf einem Hartmetallsubstrat hergestellten AlN-Schicht. Der Querschliff zeigt ein

ausgeprägtes Stängelwachstum und bestätigt die Fasertextur der Schicht. Die Oberflächenaufnahme zeigt große plättchenförmige Kristalle.

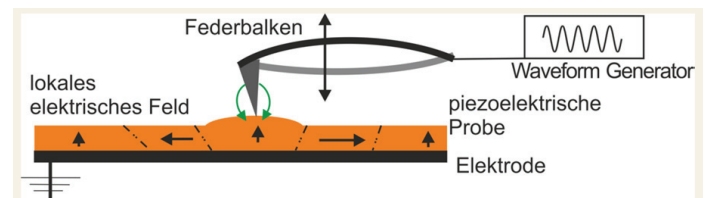


REM: Querschliff der AlN-Schicht.

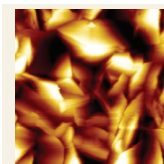


REM: Oberflächenaufnahme.

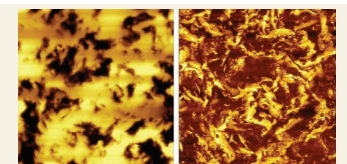
## AFM-CHARAKTERISIERUNG



Piezo-mode AFM.



AFM-Aufnahmen einer AlN-Schicht mit  $\langle 002 \rangle$ -Textur auf Si-Wafer: Das Piezo-mode Bild (rechts) wurde mit  $350\ \text{kHz}$  Anregungsfrequenz aufgenommen. Bildgröße  $5 \times 5\ \mu\text{m}$ .



AFM-Aufnahmen einer  $20\ \mu\text{m}$  AlN-Schicht auf WC/Co-Hartmetall mit  $0,5\ \mu\text{m}$  TiN-Zwischenschicht. Die Schicht hat eine  $\langle 103 \rangle$ -Textur. Bildgröße  $30 \times 30\ \mu\text{m}$ .

## ERGEBNISSE UND AUSBLICK

- Aluminiumnitrid lässt sich mittels CVD effektiv auf verschiedenen Substraten (Silizium und Hartmetall) abscheiden
- Die Schichten weisen Stängelwachstum und eine starke Textur in den gewünschten Richtungen auf
- Piezo-mode AFM belegt die Piezoaktivität der untersuchten auf Schichten
- Nächste Schritte
  - Messung der Piezokonstanten
  - Aufbau von Wandlern mittels der IKTS-MD Technologie
  - Evaluierung der Nutzung als SHM-Wandler für die Überwachung von Hartmetall-Werkzeugen