

## Inhalt

1	Einleitung und Zielsetzung	1
2	Stand der Erkenntnisse	5
2.1	Grundlegende Beziehungen in der röntgenographischen Spannungsanalyse (RSA) dünner Schichten	5
2.2	Einfluss der Schichttextur und -morphologie auf die elastischen Eigenschaften von Dünnschichtsystemen	7
2.3	Besonderheiten in der Röntgendiffraktometrie dünner Schichten	8
2.3.1	<i>Informationstiefe</i>	8
2.3.2	<i>Brechungskorrektur</i>	12
2.4	Übertragung auf den energiedispersiven Fall der Beugung	13
2.5	Verfahren zur RSA an dichten polykristallinen Schichten	15
2.5.1	<i>Einteilung der Methoden</i>	15
2.5.2	<i>Methoden für Schichten mit regelloser oder schwacher Textur</i>	17
2.5.3	<i>Methoden für stark vorzugstexturierte Schichten</i>	19
2.5.4	<i>RSA an Multilagenschichtsystemen</i>	20
2.5.5	<i>Schlussfolgerungen</i>	22
3	Erweiterung der Laplacemethoden zur Spannungsanalyse dünner Schichten auf Multilagenschichtsysteme	25
3.1	Die Bedeutung der Informationstiefe in Multilagenschichten	25
3.2	Zusammenhang von Ortsraum- und Laplacespannungen in Multilagenschichtsystemen, das Konzept der Äquivalenzdicke	28
3.3	Simulation von Interferenzlinienprofilen	29
3.3.1	<i>Winkeldispersiver Beugungsmodus</i>	29
3.3.2	<i>Übertragung auf den energiedispersiven Fall der Beugung</i>	33
4	Experimentelles	35
4.1	Die Diffraktionsmessplätze ETA, EDDI und MAGS	35
4.1.1	<i>Das 5-Kreis-Labroröntgendiffraktometer ETA</i>	35
4.1.2	<i>Der energiedispersive Synchrotron-Materialforschungsmessplatz EDDI</i>	37
4.1.3	<i>Die winkeldispersive Beamline MAGS</i>	39
4.2	Mess- und Auswerteparameter	40
4.2.1	<i>Beugungsbedingungen</i>	40
4.2.2	<i>Auswertung der röntgenographischen Linienprofile</i>	42
4.2.3	<i>Diffraktionselastische Konstanten</i>	43
4.3	Probenmaterial	45

<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>48</b>
5.1	Röntgenographische Probenvorcharakterisierung	48
5.2	Tiefenaufgelöste Eigenspannungsanalyse in einzelnen Subschichten von Multilagenschichtsystemen	51
5.2.1	<i>Winkeldispersiver Beugungsmodus</i>	51
5.2.2	<i>Asymmetrische Linienprofilverzerrung aufgrund von Eigenspannungstiefengradienten</i>	57
5.2.3	<i>Anwendung der energiedispersiven Methode</i>	60
5.3	Komplementärer Einsatz von winkel- und energiedispersiver Beugung zur Charakterisierung von Multilagenschichtsystemen	65
5.3.1	<i>Schichteigenspannungsanalyse mittels winkeldispersiver Beugung</i>	65
5.3.2	<i>Anwendung der energiedispersiven Methode zur Charakterisierung der grenzflächennahen Substratbereiche</i>	67
5.4	Eigenspannungstiefenverteilungen in Abhängigkeit vom Design der Multilagenschichtsysteme	69
5.5	Eigenspannungsanalyse in benachbarten, chemisch ähnlichen Subschichten eines Multilagenschichtsystems	71
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>75</b>
6.1	Optimierung der experimentellen Bedingungen für die RSA in Multilagenschichtsystemen	75
6.2	Anwendbarkeit und Grenzen des entwickelten Modellansatzes	77
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>86</b>
Verzeichnis der wichtigsten Symbole und Abkürzungen		89
Literatur		90
Anhang A: Die MATHEMATICA® 4.0 Programmpakete WD-Multi und ED-Multi		97
Anhang B: Publikationen		106