

# Ellipsometrische Untersuchungen von Gitterschwingungen und Bandlückenenergien kubischer $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ -Filme HL 24.18



A. Kasic<sup>#,1</sup>, M. Schubert<sup>1</sup>, D. J. As<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften, Abteilung Halbleiterphysik, 04103 Leipzig

<sup>2</sup>Universität Paderborn, Fachbereich Physik-Optoelektronik, 33098 Paderborn

#E-mail: pge95ipi@studserv.uni-leipzig.de



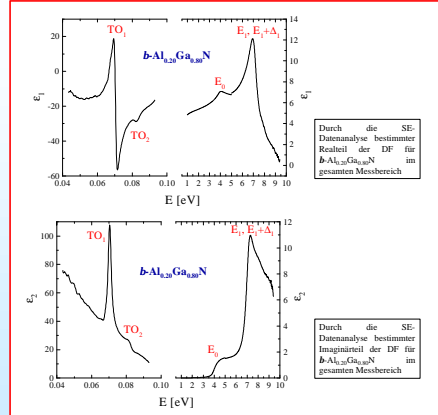
## Einleitung

Die dielektrische Funktion kubischer  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ -Filme ( $0 \leq x \leq 0.20$ ) wurde vom fern-infraroten bis zum Vakuum-UV-Spektralbereich (250  $\text{cm}^{-1}$  ... 9 eV), d.h. vom Bereich der Gitterschwingungen bis hin zu den elektronischen Übergängen  $E_1$  und  $E_1+\Delta_1$ , mittels spektroskopischer Ellipsometrie bestimmt. Gruppe-III-Nitride in der metastabilen Zinkblendestruktur zeigen einige physikalische Eigenschaften, die sie gegenüber der hexagonalen Modifikation als vorteilhaft für elektrische und optoelektronische Anwendungen erscheinen lassen: z.B. einfache Spaltbarkeit, Verfügbarkeit billiger, hoch leitfähiger Substrate, Vermeidung spontaner Polarisation (piezoelektrischer Effekte)

## Zusammenfassung

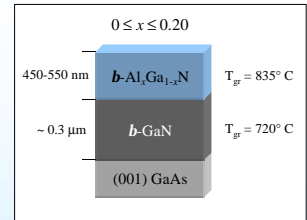
- 1. Detektion eines 2-Moden-Verhaltens der TO-Gitterschwingung für  $b\text{-AlGa}_x\text{N}$  in guter Übereinstimmung mit theoretischen Vorhersagen [1]
- 2. Verschiebung der GaN- und der AlN-artigen TO-Mode in Abhängigkeit von der Komposition
- 3. Superlineare Blauverschiebung der fundamentalen Bandlückenenergie mit wachsendem Al-Gehalt
- 4. Bestimmung der  $E_1$ - und  $E_1+\Delta_1$ -Übergangsennergien

## Dielektrische Funktion von $b\text{-AlGa}_x\text{N}$



[1] H. Grille, Ch. Schindler, F. Bechthold, Phys. Rev. B 64, 0991 (2000)  
 [2] H. Hamano, T. Sano, S. Nakamura, H. Okamura, Y. Ishida, S. Yoshida, T. Katsumi, H. Grille, F. Bechthold, Appl. Phys. Lett. 74, 191 (1999)  
 [3] T. Fuy, S. J. A. Mc. Beecher, A. Pavia, K. Lischka, A. Fabian, J. H. L. Hernandez, M. T. D. Silva, J. E. Lau, C. Haug, R. Buser, J. Appl. Phys. 89, 2031 (2001)  
 [4] E. Benelli, Y. Yuguchi, H. Okamura, Y. Ishida, S. Yoshida, Jpn. J. Appl. Phys. 39, L-67 (2000)  
 [5] H. Okamura, T. Katsumi, Y. Ishida, H. Yuguchi, S. Yoshida, Phys. stat. sol. (a) 216, 211 (1999)

## Proben



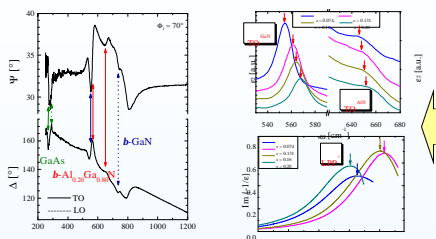
## Wachstumsdaten:

Methode: RF-plasmaunterstützte MBE, Universität Paderborn  
 BEP: Ga:  $1 \cdot 10^{-7}$  Torr  
 Al:  $2.5 - 6 \cdot 10^{-8}$  Torr  
 Wachstumsrate: 80 nm / h

## Charakterisierung:

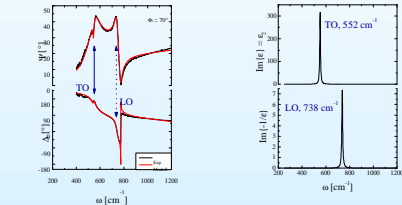
Komposition: Rutherford-Rückstreuung (RBS), Univ. Freiburg [3]  
 Kristallqualität: Hochauflösende Röntgenbeugung (HRXRD) [3]  
 Schichtdicken: UV-VIS-SE-Datenanalyse  
 Parameter freier Ladungsträger: Hall-Effekt [3]:  
 für alle Filme  $N \approx 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ ,  $\mu \approx 20 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$

## IR-Ellipsometrie (250 ... 1500 $\text{cm}^{-1}$ )

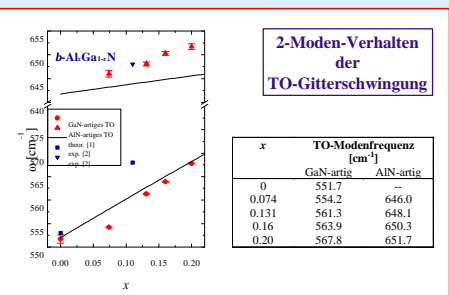


Gemessene Infrarot-Ellipsometrie-Spektren für  $b\text{-Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$  (575  $\text{nm}$ ),  $b\text{-GaN}$  (200  $\text{nm}$ ) (001) GaAs (oben) und  $b\text{-Ga}_x\text{N}_{1-x}$  (100  $\text{nm}$ ) (001) GaAs (unten)

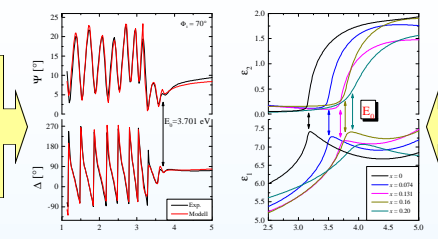
Durch punktweise Dateninversion (oben) bzw. parametrische SE-Datenanalyse (unten) bestimmte komplexe DF der  $b\text{-AlGa}_x\text{N}$ -Schichten (oben) und von  $b\text{-Ga}_x\text{N}_{1-x}$  (unten) im Bereich der beiden TO-Phononen



## Phononenmoden

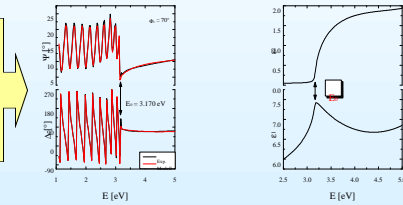


## NIR-VIS-UV-Ellipsometrie (1...5 eV)

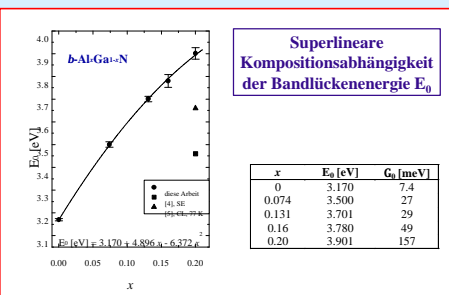


Gemessene und berechnete NIR-VIS-UV-Ellipsometrie-Spektren für  $b\text{-Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$  (50  $\text{nm}$ ) und  $b\text{-Ga}_x\text{N}_{1-x}$  (200  $\text{nm}$ ) (001) GaAs (oben) und für  $b\text{-Ga}_x\text{N}_{1-x}$  (100  $\text{nm}$ ) (001) GaAs (unten)

Durch parametrische SE-Datenanalyse bestimmte komplexe DF der  $b\text{-AlGa}_x\text{N}$ -Schichten (oben) und von  $b\text{-Ga}_x\text{N}_{1-x}$  (unten) im Bereich der fundamentalen Bandlücke  $E_0$

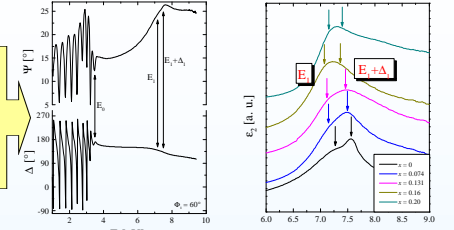


## Bandlücke $E_0$



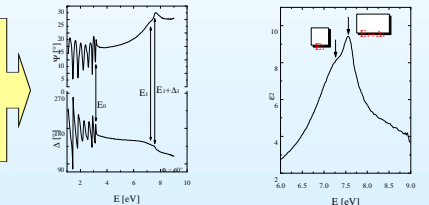
## VUV-DUV-Ellipsometrie (5 ... 9 eV)

Besonderer Dank an Dr. C. M. Herzinger, JAW Co., Lincoln, USA



Gemessene NIR-DUV-Ellipsometrie-Spektren für  $b\text{-Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$  (45  $\text{nm}$ ),  $b\text{-GaN}$  (80  $\text{nm}$ ) (001) GaAs (oben) und für  $b\text{-Ga}_x\text{N}_{1-x}$  (100  $\text{nm}$ ) (001) GaAs (unten)

Durch punktweise Dateninversion bestimmte Imaginäreile der DF der  $b\text{-AlGa}_x\text{N}$ -Schichten (oben) und von  $b\text{-Ga}_x\text{N}_{1-x}$  (unten) im Bereich der Band-Band-Übergänge  $E_1$  und  $E_1+\Delta_1$



## Band-Band-Übergänge $E_1$ , $E_1+\Delta_1$

