

# Der Einfluss eines niederenergetischen Ionenstrahls bei der Molekularstrahlepitaxie von dünnen GaN-Schichten

S. Sienz

Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e.V.

# Motivation

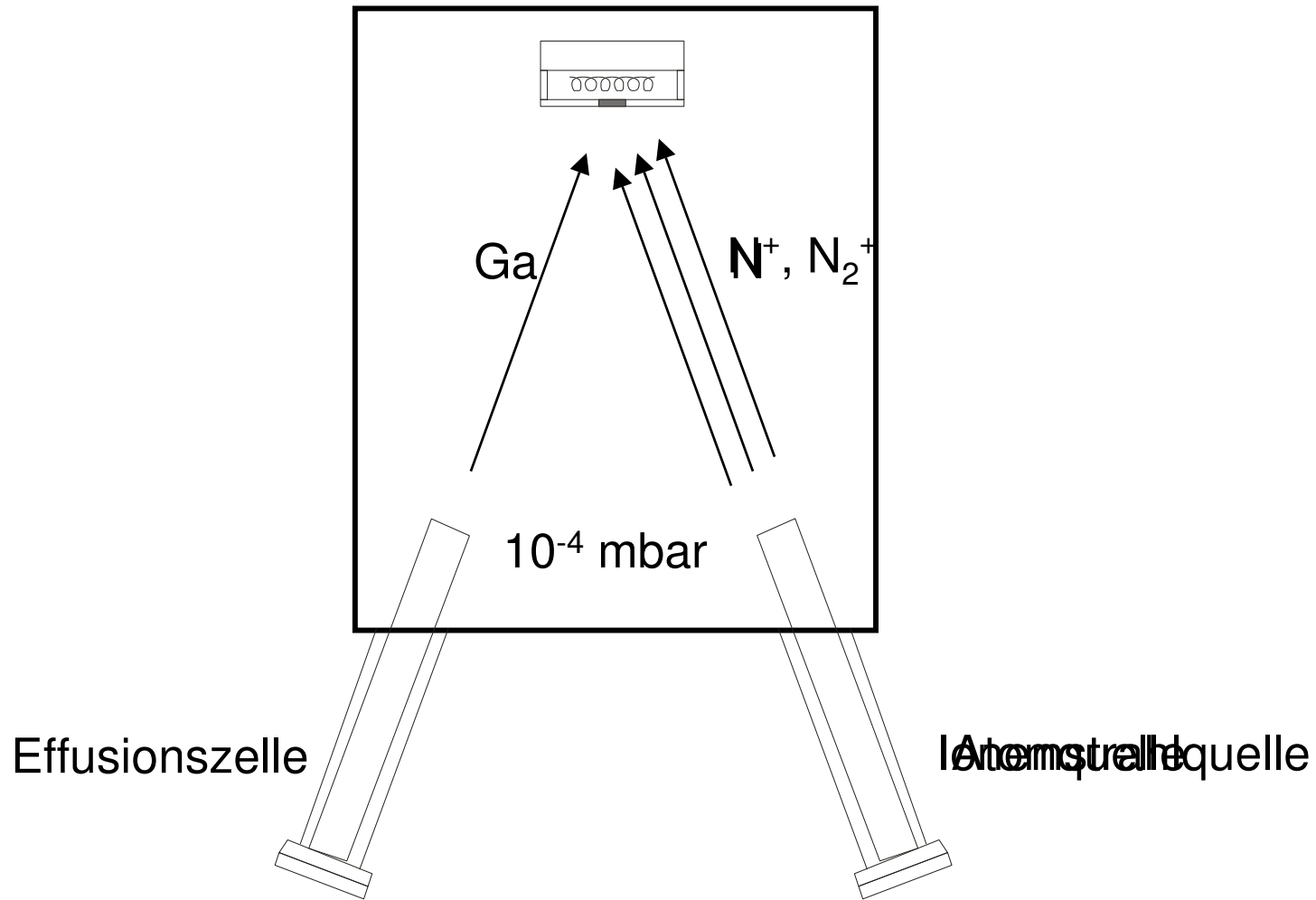
## Eigenschaften und Anwendungen von GaN:

- § Halbleiter mit direkter Bandlücke
- § Bandlücke 3,4 eV ( $\lambda = 364 \text{ nm}$ ) (RT)
- § Blaue und weiße LEDs
- § Blaue LASER-Dioden
- § UV-Detektoren
- § HEMT (high electron mobility transistor)
- § Bragg-Spiegel aus AlN- und GaN-Multilayern

## Ziel: Herstellung dünner GaN-Schichten

- § Keimschichten für MOVPE
- § Strukturierung (Nanodrähte)

# Molekularstrahlepitaxie (MBE)



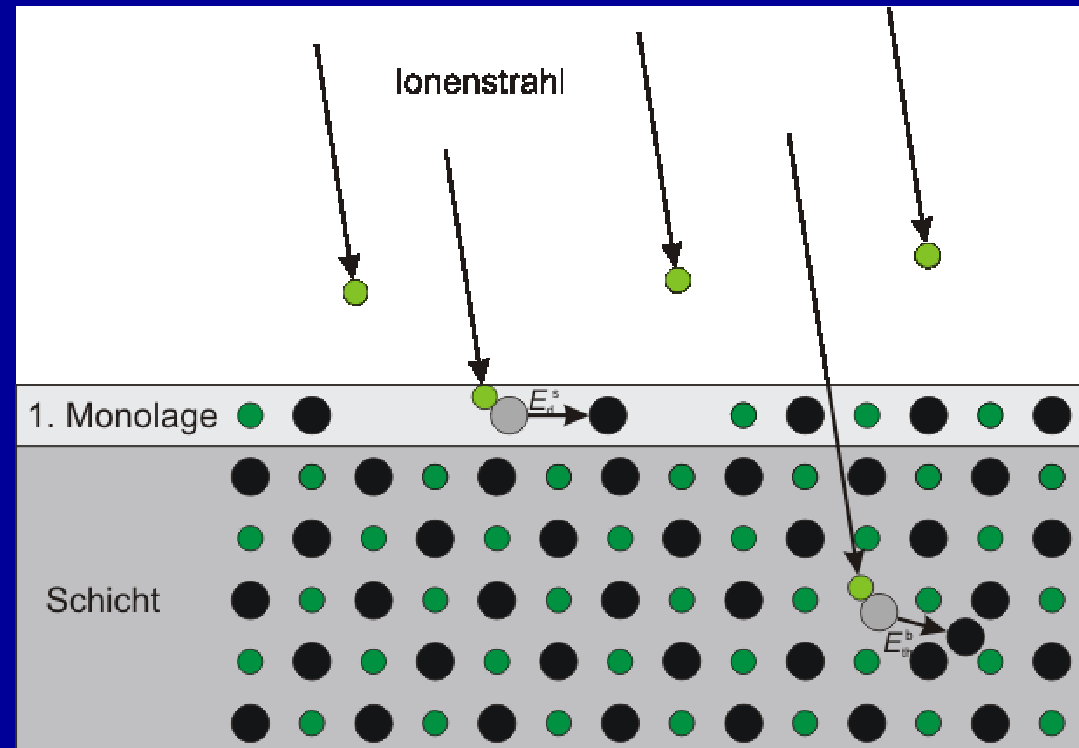
# Wahl der Ionenenergie

Eff. Verlagerungsenergie:

$$E_d^b = 32 \text{ eV}$$

Oberflächen-  
Verlagerungsenergie:

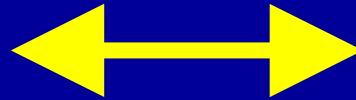
$$E_d^s \approx 16 \text{ eV}$$



Ideal:  $16 \text{ eV} < E < 32 \text{ eV}$

# Vergleich der Verfahren

Molekularstrahlepitaxie  
(**MBE**)  
( $E_N = 1-2 \text{ eV}$ )



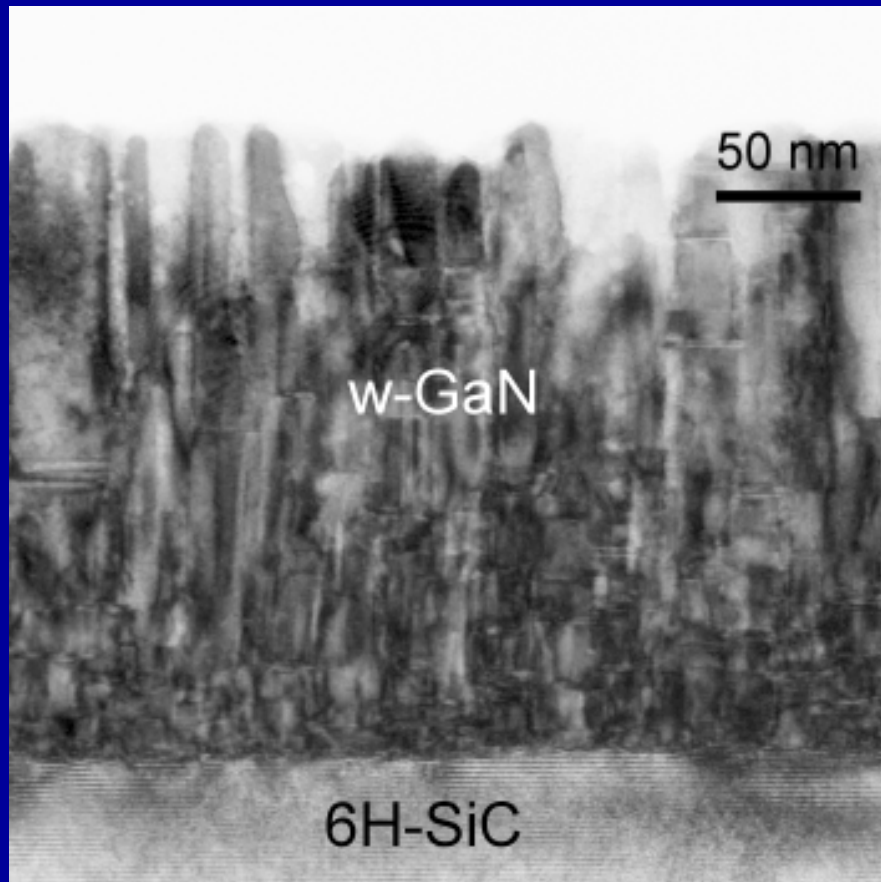
Ionenstrahlgestützte MBE  
(**IBA-MBE**)  
( $E_{N^+, N_2^+} < 25 \text{ eV}$ )

## Untersuchung von:

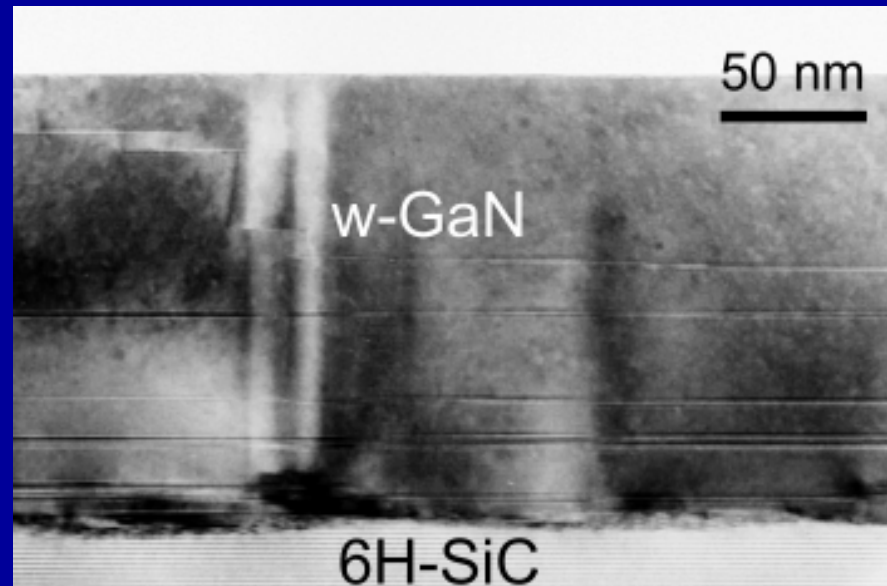
- § Morphologie
- § Defekte
- § Elektrische Eigenschaften
- § Optische Eigenschaften

# Morphologie

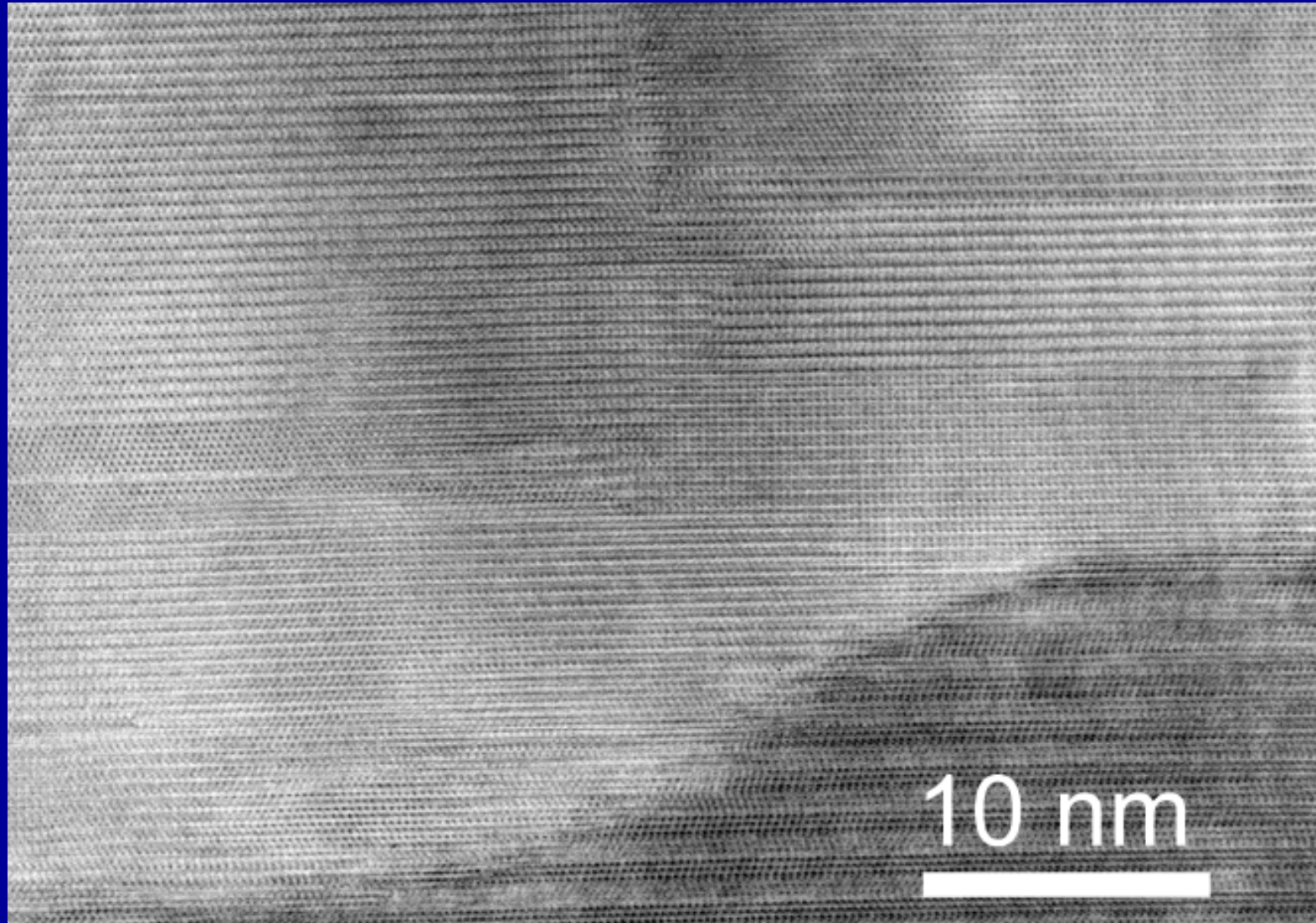
MBE



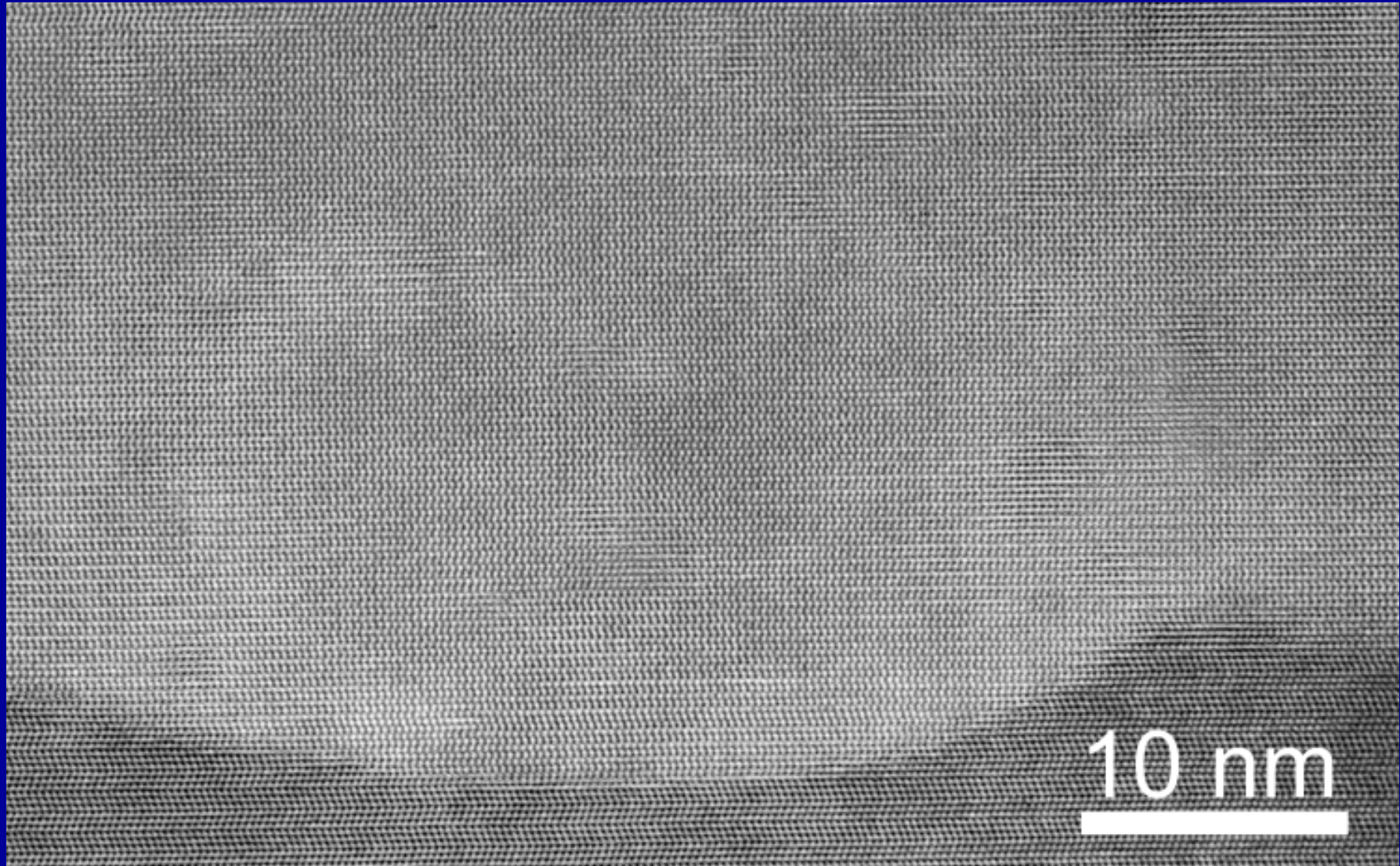
IBA-MBE



# Hochauflösende TEM: MBE



# Hochauflösende TEM: IBA-MBE





# Art der Defekte (XRD)

## (002)-Rockingkurve:

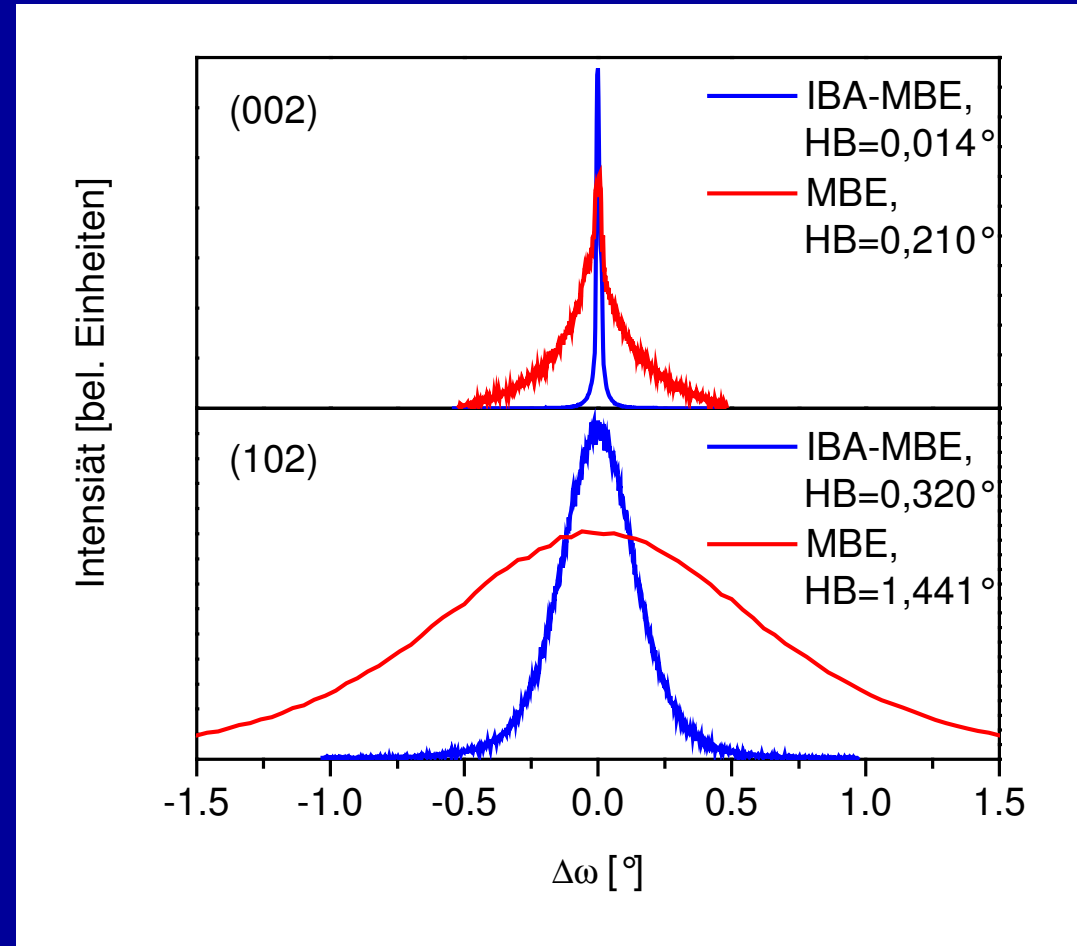
§ Schraubenversetzungen

## (102)-Rockingkurve:

§ Schrauben- und  
Stufenversetzungen



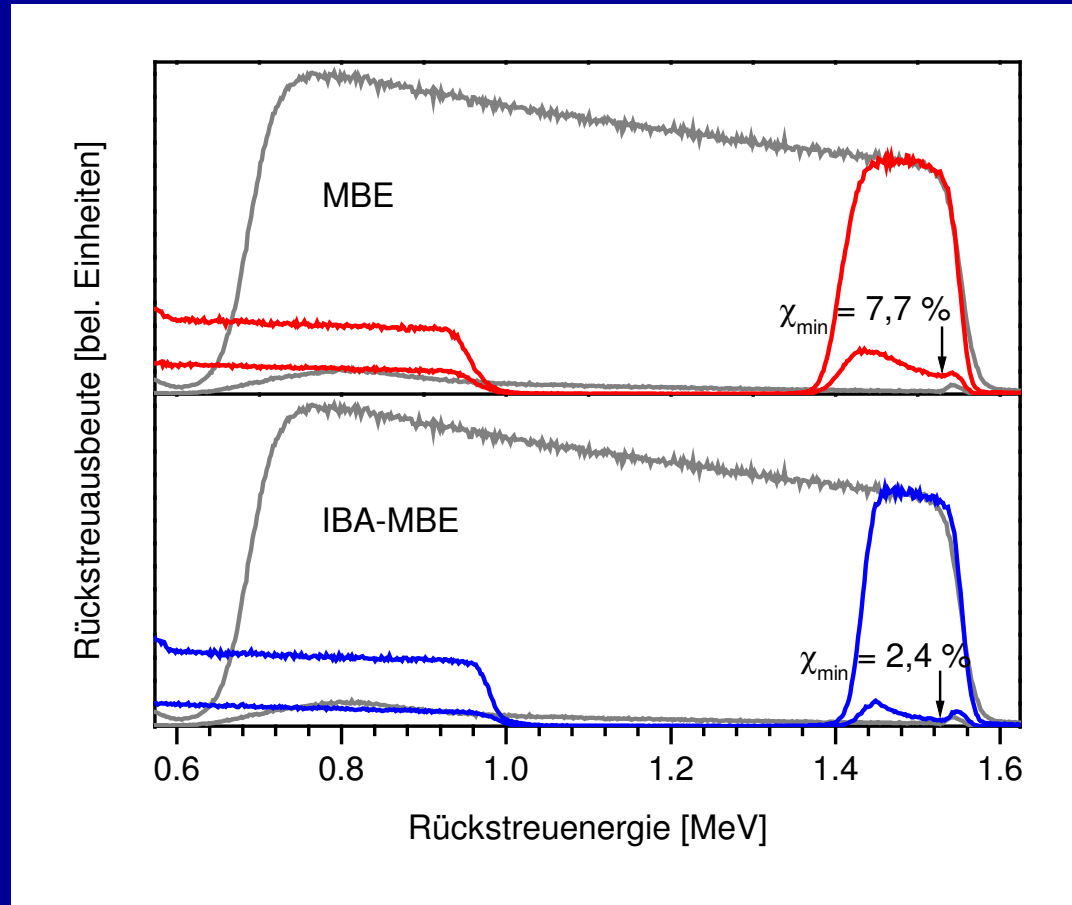
**Überwiegend  
Stufenversetzungen!**



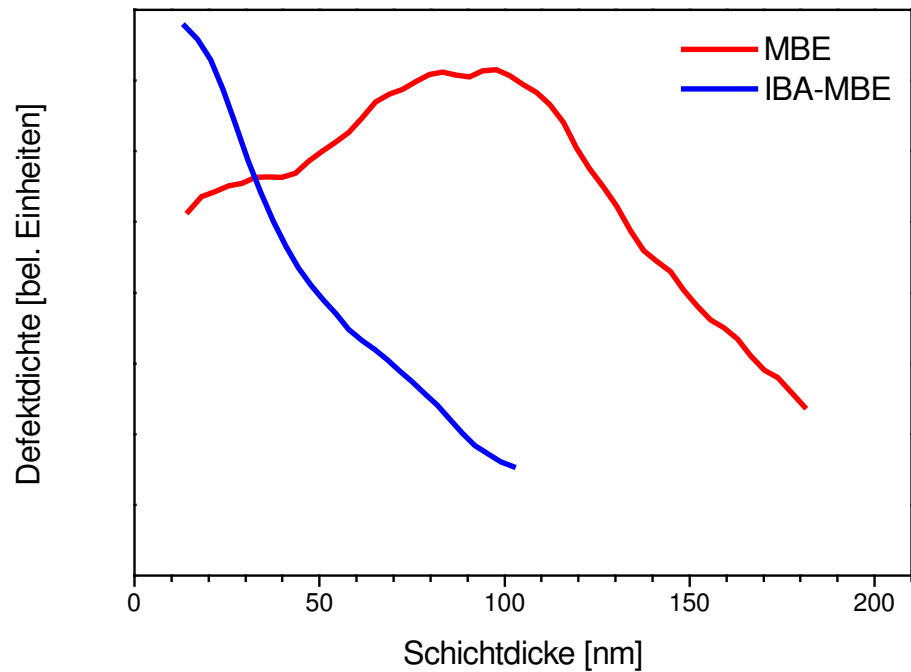
# Ionengitterführung (RBS)

## MBE:

- § Höheres Rückstreusignal
- § Mehr Defekte in der Schicht
- § Zurückrechnen nötig!



# Verteilung von Defekten (RBS)



## MBE:

- § Defekte über Schicht verteilt
- § Maximum in der Mitte

## IBA-MBE:

- § Abnahme der Defektdichte mit Schichtdicke

# Elektrische Eigenschaften (FTIR)

## MBE:

§ Höhere Reflektivität

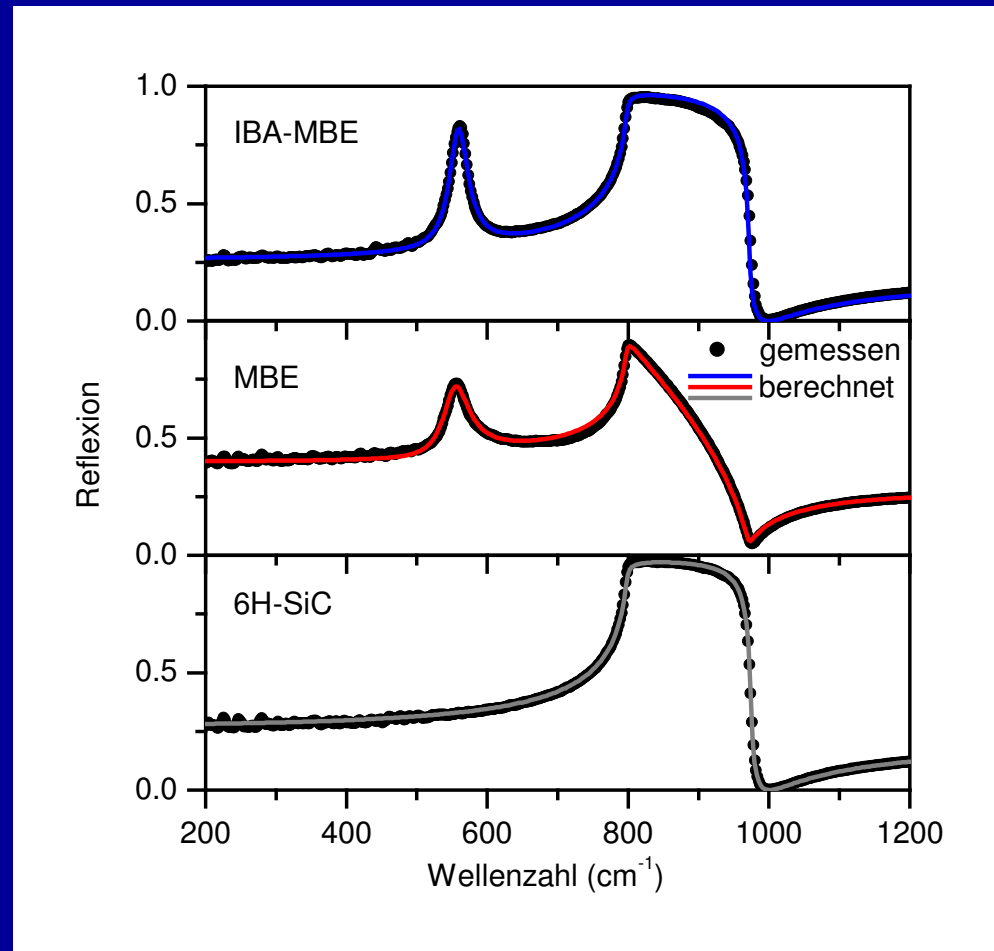


Höhere Ladungsträgerdichte

§ Größere Halbwertsbreite der Ga-N-Schwingung



Größere Dämpfung



# Elektrische Eigenschaften (FTIR)

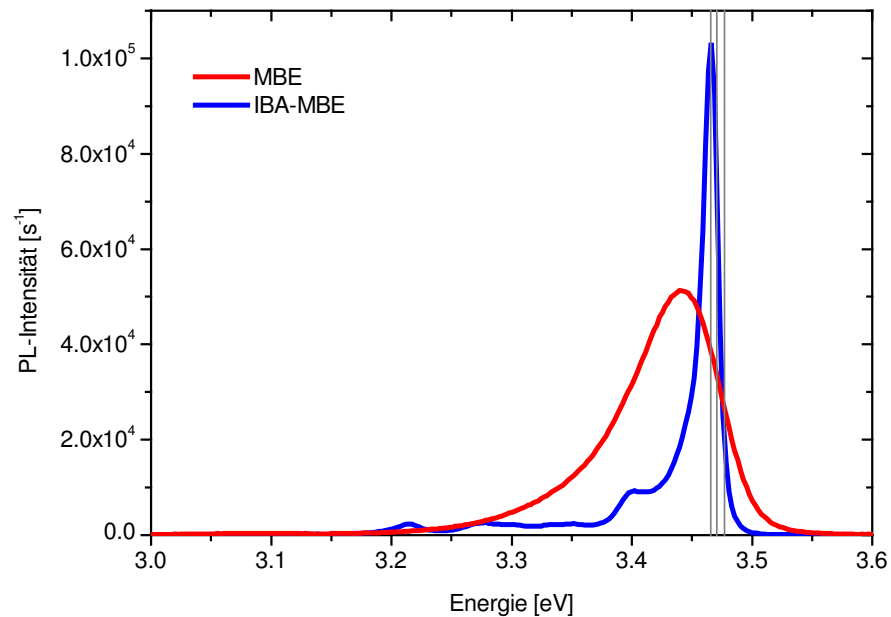
Lorentz-Modell mit Drude-Ansatz:

$$\epsilon_a(\nu) = \epsilon_{\infty,a} + \frac{S_a^2}{\nu_a^2 - \nu^2 - i\nu\gamma_a} - \frac{\Omega_{p,a}^2}{\nu^2 + i\nu\Omega_{\tau,aa}}, \quad \Omega_{p,a} = \frac{ne^2}{\epsilon_0 m_a}$$

Ladungsträgerdichte:

- § MBE  $5,2 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$
- § IBA-MBE  $9,8 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$

# Photolumineszenz (PL)



- § Keine „gelbe Lumineszenz“
- § IBA-MBE: Mehr Details
- § MBE: Verschiebung des Maximums durch Spannung

# Zusammenfassung

## Vorteile der IBA-MBE:

- § Glatte Schichten
- § Spannungsfreie Schichten
- § Höhere kristalline Qualität
- § Defektart: Stufenversetzungen
- § Schnellere Abnahme der Defektdichte
- § Verbesserung der elektrischen Eigenschaften
- § Verbesserung der optischen Eigenschaften

# Ausblick und Dank

## Weitere Arbeiten der Gruppe

- § Sehr dünne Schichten (Strukturierung, Nanodrähte)
- § Substrat  $\text{LiAlO}_2$

## Dank für die Mitwirkung

J.W. Gerlach

T. Höche

A. Sidorenko

T. G. Mayerhöfer

G. Benndorf

B. Rauschenbach