



Infrarot-dielektrische Funktion und Phononenmoden in spontan geordnetem $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$

HL 38.36

T. Hofmann^{#,1)}, M. Schubert¹⁾, V. Gottschalch²⁾

1) Fakultät für Physik und Geowissenschaften, Abteilung für Festkörperoptik, Universität Leipzig, Linnéstraße 5, 04103 Leipzig

2) Fakultät für Chemie und Mineralogie, Halbleiterchemie, Universität Leipzig, Linnéstraße 3, 04103 Leipzig

#E-mail: Tino.Hofmann@physik.uni-leipzig.de

Neue Aussagen

Ferninfrarot Ellipsometrie:

Die ferninfrarot dielektrische Funktion von spontan (partiell) CuPt-geordnetem AlGaInP hat Tensorcharakter!

Beobachtung:

Ternäre und quaternäre III-V-Verbindungen (hier: AlGaInP) besitzen iraktive Gittermoden geringer Polarität die nicht den binären Einzelkomponenten zugeordnet werden können (Erstmalige Beobachtung!).

Vermutung:

Fluktuationen lokaler Bindungsverhältnisse (Entmischung, partielle lokale Ordnung) induzieren im Mischkristall Gittermoden (alloy-induced modes: AM) mit geringer Polarität.

Beweis:

Die Mischkristall-induzierten Moden zeigen zunehmende Richtungsabhängigkeit (Anisotropie, Übergang zur C_{3v} -Symmetrie) und Polarität (Aufspaltung) mit anwachsendem Ordnungsgrad.

Mit besonderem Dank an Ines Pietzonka, jetzt bei Osram Opto Semiconductors!

Experiment

Es werden die Phononenmoden mit A_1 - und E -Symmetrie im quaternären geordneten $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ für $0 \dots x \dots 1$ mittels **Ferninfrarot-Ellipsometrie** (FIR-SE) bestimmt.

Die Frequenzen der lokalen Moden AM_1 und AM_2 entsprechen den in spontan CuPt-geordnetem GaInP₂ beobachteten ordnungsinduzierten Moden ($\sim 312 \text{ cm}^{-1}$ und $\sim 351 \text{ cm}^{-1}$).

★ MOCVD:

- ▶ $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$ unverspannt auf (001) GaAs:Te Substrat mit unterschiedlichen Fehlorientierungen
- ▶ bei $T_G = 720^\circ\text{C}$
- ▶ Al-Anteil $x = 0, 0.32, 0.7$ und 1

★ TEM:

- ▶ Domänenstruktur
- ▶ CuPt-Ordnung

★ UV-VIS Ellipsometrie:

- ▶ Schichtdicken, Band-Band Übergänge
- ▶ Ordnungsgrad

★ FIR-Ellipsometrie:

- ▶ Phononenmoden und deren Richtungsabhängigkeit

Modell-Dielektrische Funktion (MDF):

$$\epsilon^{(i)} = \epsilon_\infty + \sum_{j=1}^N \frac{\omega_{L,j}^2}{\omega^2 + i\gamma_{L,j}\omega - \omega_{L,j}^2} - \sum_{k=1}^M \frac{\omega_{T,k}^2}{\omega^2 + i\gamma_{T,k}\omega - \omega_{T,k}^2}$$

Infrarotaktive Gittermoden

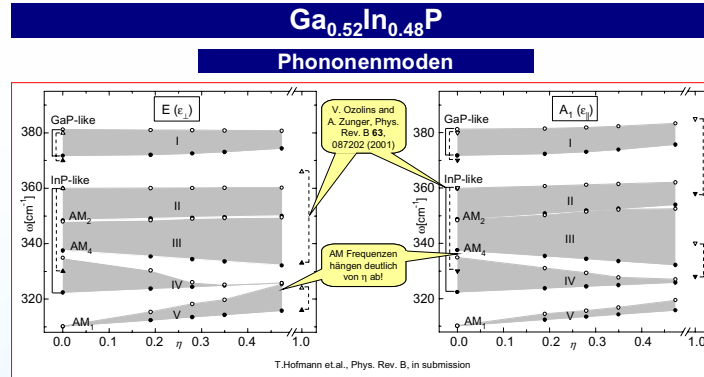
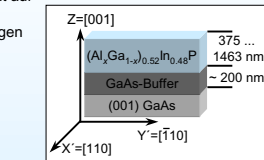
Mischkristall-induzierte Moden (TO-LO \ll TO, LO)

$$\epsilon^{(i+AM)}(\omega) = \epsilon^{(i)}(\omega) \prod_{l=1}^L \left(1 + \frac{i\delta\gamma_l \omega - \delta\omega_l^2}{\omega^2 + i\gamma_{AM,l}\omega - \omega_{AM,l}^2} \right)$$

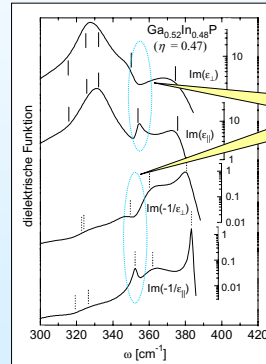
Zwei FIR-Ellipsometriemessungen bei verschiedener Probenausrichtung ermöglichen die Bestimmung des anisotropen Tensors der dielektrischen Funktion:

Setup A:

Einfallebene ist *senkrecht* zur [110] Einfallebene ist *parallel* zur [110]



FIR-dielektrischer Tensor



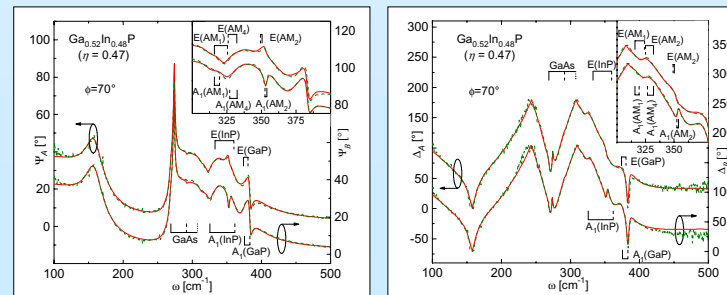
CuPt-Ordnungsinduzierte FIR Doppelbrechung

▶ $\text{Im}(\epsilon)$ - und $\text{Im}(1/\epsilon)$ -Spektren der MDF parallel ϵ_{\parallel} und senkrecht ϵ_{\perp} zur Ordnungsrichtung

▶ TO- und AM-Moden sind als lokale Maxima von $\text{Im}(\epsilon)$ zu erkennen (vertikale durchgez. bzw. gepunktete Linien)

▶ LO- und AM-Moden sind als lokale Maxima von $\text{Im}(1/\epsilon)$ zu erkennen (vertikale durchgez. bzw. gepunktete Linien)

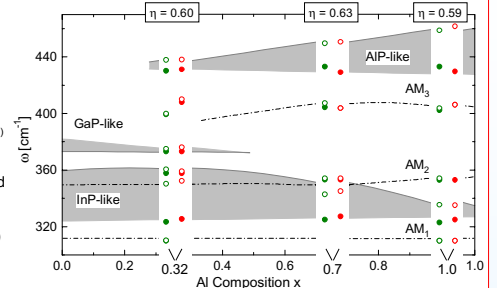
FIR-Ellipsometrie



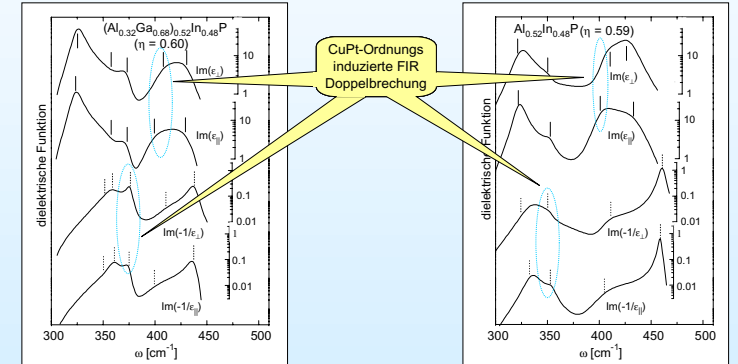
$(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}$

Phononenmoden

- ▶ Phononenmoden von hochgradig *ungeordnetem* AlGaInP zeigen neben den „GaP“, „InP“, und „AlP“-artigen Moden *mischkristallinduzierte* Moden
- ▶ T.Hofmann et al., Phys. Rev. B 64, 155206 (2001)
- ▶ Kompositionsabhängige CuPt-Ordnungsinduzierte Aufspaltung in Moden mit E und A_1 Symmetrie
- ▶ Ordnungsgrad nach M.Schubert et al. (unpublished)



FIR-dielektrischer Tensor



FIR-SE Analyse

