

光熱偏向分光法による $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ 薄膜の評価

Evaluation of $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ thin films by photothermal deflection spectroscopy

物材機構¹, 工学院大² ○福田 清貴^{1,2}, 尾沼 猛儀², Sang Liwen¹, 山口 智広², 本田 徹², 角谷 正友¹
NIMS¹, Kogakuin Univ.², °K. Fukuda^{1,2}, T. Onuma², L. Sang¹, T. Yamaguchi², T. Honda², M. Sumiya¹
E-mail: cm17042@ns.kogakuin.ac.jp

【はじめに】我々は太陽光利用効率を高めるために青色、赤色領域にそれぞれ高い感度を持つ GaInN と GaInP 系太陽電池を積層し、4 端子で電力を取り出すことを提案してきた。光電気容量変化法で深い準位の欠陥を評価しながら活性層としての GaInN の高品質化を図ってきたが[1,2]、変換効率の大きな改善は現状難しい[3]。 GaInN の構造(In 組成や膜厚など)や成長条件とギャップ内準位との相関性を明らかにするために、アモルファスシリコンで活用され、荷電状態によらず全ての準位を検出できる光熱偏向分光法(photothermal deflection spectroscopy (PDS)) [4,5]に着目した。今回、 $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ 用に PDS を開発して、構造揺らぎに関する指標の検討を行ったので報告する。

【実験】PDS は分光した光を試料表面に照射して励起された電子が基底状態に戻るときに発生する熱から状態密度を求める手法である。その熱を屈折率変化として、試料表面すれすれに平行に導入したレーザ光の位置変化から検出する。III-V 族窒化物半導体用に開発した PDS 装置では、励起光に紫外領域で比較的高い強度を持つ Xe ランプ、屈折率の温度係数が大きく化学的に安定なヘキサン溶液中に試料を入れ、プローブレザ光の検出器として AFM 用差分位置検出器を用いた。試料は MOCVD でサファイア基板上に成長した $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}(x:0-12\%, 0.15\mu\text{m})/\text{GaN}(1.5\mu\text{m})$ を用いた。励起光波長 350-800 nm の範囲で PDS 測定を行い、ロックインアンプで検出したレーザ光の位置変化の電圧を分光カーブで規格化したものを PDS 信号とした。

【結果】Fig.1 に室温で測定した $\text{Ga}_{0.88}\text{In}_{0.12}\text{N}$ 試料の PDS 信号、PL ならびに吸収から求めた Tauc plot の結果を示す。挿入図に InN 混晶比を変えた $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ 試料の PDS スペクトルを示す。いずれの試料においてもバンドギャップに相当するエネルギー付近で PDS 信号が急激に減少し、それが InN 混晶比の増加に伴って低エネルギー側ヘシフトしている。急激な PDS 信号の傾きの逆数を求めると、 $\text{GaN}:55\text{ meV}$ 、 $\text{Ga}_{0.88}\text{In}_{0.12}\text{N}$ では 107 meV と、InN 混晶比とともに大きくなる傾向にある。Fig.1 に示すように、Tauc plot から求めたバンドギャップと室温 PL のピーク位置のストークスシフトは、InN 混晶比とともに広がり、PDS 信号の逆数のエネルギーと同じ傾向を示している。我々はこのエネルギー値は In 組成揺らぎなどの GaInN の構造の乱れを示唆しているのではないかと考えている。PDS で得られるバンドギャップ内の準位の起源については不純物をドーピングした試料からの同定を試み、活性層として高品質な GaInN を得るために PDS 測定と成長条件との相関を検討する。

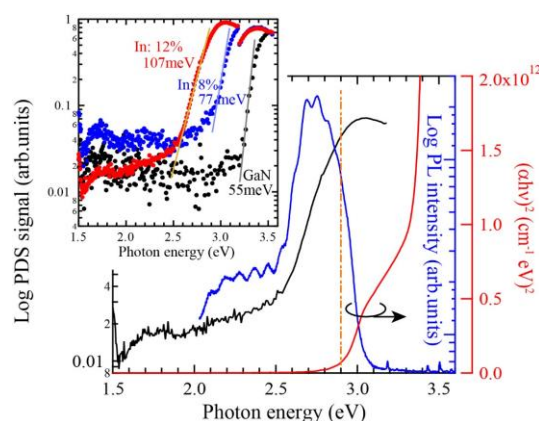


Fig. 1 PDS spectrum (left axis), PL and Tauc plot (right axis) for $\text{Ga}_{0.88}\text{In}_{0.12}\text{N}/\text{GaN}$ on sapphire substrate. The inset shows the PDS spectra for the $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ samples.

【謝辞】位置検出器導入にご協力いただいた静大工岩田太教授に感謝申し上げます。本研究の一部は文部科学省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」、新学術領域「特異構造の結晶科学」(JP16H06424)の支援を受けた。

【参考文献】

[1] M.Lozaç'h *et al.*, JJAP. **51**, 12001 (2012). [2] M.Sumiya *et al.*, APL Mat. **5**, 016105 (2017). [3] L.Sang *et al.*, JJAP. **52**, 08JF04 (2013). [4] W.B.Jackson *et al.*, Appl. Opt. **20**, 1333 (1981). [5] O.Ambacher *et al.*, Solid State Communications. **97**, 365-370 (1996).