分光エリプソメトリーを用いたサファイア基板上 $Al_{1-x}In_xN$ 混晶のバンド端近傍における光学特性解析

Near-bandgap optical characterization of $Al_{1-x}In_xN$ alloys grown on a sapphire substrate by using spectroscopic ellipsometry

名城大院理工 [1]，名工大 [2]
°豊田 隼大 [1*]，村上 裕人 [1]，宮田 梨乃 [1]，今井 大地 [1**]，宮嶋 孝夫 [1]，三好 実人 [2]，竹内 哲也 [1]
Graduate school of Science and Technology, Meijo Univ. [1], Nagoya Inst. of Tech. [2]
°H. Toyoda[1], Y. Murakami[1], R. Miyata[1], D. Imai[1], T. Miyajima[1], M. Miyoshi[2], and T. Takeuchi[1]
E-mail: *203428021@ccmailg.meijo-u.ac.jp, **idaichi@meijo-u.ac.jp

$Al_{1-x}In_xN$ 混晶は In 組成 17%近傍で GaN と a 軸格子整合し、これまでに導電性 $Al_{0.82}In_{0.18}N$ /GaN 分布ブラッグ反射鏡を搭載した面発光レーザー(VCSEL)の室温連続発振が報告されている [1)]。VCSEL 等の光素子応用の他、現在我々が取り組んでいる $Al_{1-x}In_xN$ 混晶薄膜の基礎吸収端以下の吸収係数解析に対し、バンド端近傍の正確な光学定数およびバンドギャップ(E_g)の決定は重要である。これまで我々は、ウルツ鉱型結晶の解析に使用される Adachi's Critical Point (AC)モデルと、従来多く報告のある [2,3)] Tauc-Lorentz(T-L)モデルを用いて c 面自立 GaN 基板上 $Al_{1-x}In_xN$ 混晶を解析し、AC モデルで良好なフィッティング結果が得られること、また T-L モデルから E_g を決定する場合、E_g は Tauc プロットの解析範囲に強く依存することを報告した [4,5)]。今回我々は GaN/Sapphire テンプレート上 $Al_{1-x}In_xN$ 混晶 (x = 0.117, 0.155, 0.183. 膜厚 300nm)に対し、AC モデルを用いて解析を行った。そして、得られた E_g について、$Al_{1-x}In_xN$ 混晶で良く使用される E_g 決定方法である励起フォトルミネッセンス(PLE)および反射測定(OR)から見積もった E_g と比較、検討を行った。

図 1(a)(b)に x = 0.155 の SE フィッティング結果と屈折率・消衰係数をそれぞれ示す。SE 解析では良好なフィッティング結果が得られ、AC モデルより得た光学定数は文献値と良い一致を示しており、サファイア基板上の試料においても AC モデルが適用できることが示された。また、AC モデルで得た E_g は OR スペクトルから見積もった E_g と良く一致し、PLE スペクトルをシグモイド関数でフィッティングして見積もった E_g は SE,OR から見積もった値より小さくなった(図 2 中赤矢印)。これは GaN 基板上の試料で見られた傾向と同様であり、PLE では局在状態が強く影響するためと考えられる [6)]。

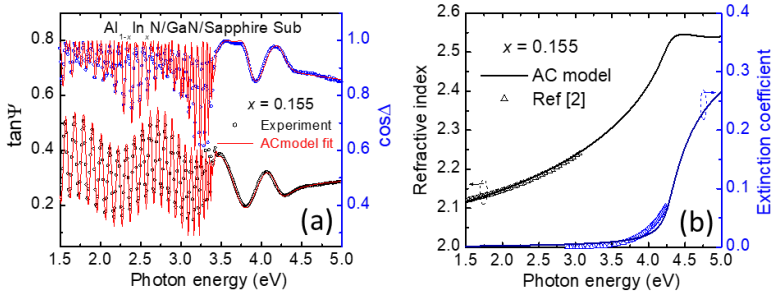

図 1　$Al_{0.845}In_{0.155}N$ における (a)SE フィッティング結果、(b)屈折率・消衰係数.

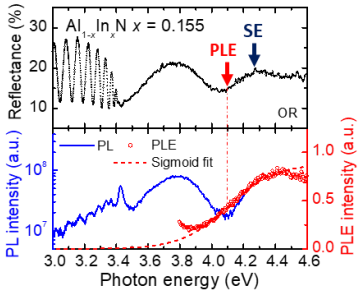

図 2 OR スペクトルおよび SE・PLE の E_g.

[1] K. Ikeyama *et al*., APEX **9**, 102101 (2016). [2] T. Aschenbrenner *et al*., JAP, **108**, 063533 (2010).
[3] M. Miyoshi *et al*., JJAP, **58**, SC1006 (2019). [4] D. Imai *et al*., JJAP, **59**, 121001 (2020)
[5]豊田 他., 第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 17p-Z27-11 (2021). [6] H. Toyoda *et al*., JJAP, **61**, SA1017 (2022)
謝辞 本研究の一部は科研費若手研究 (No. 20K15182), 日東学術振興財団、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」事業 JPJ005357 の助成を受けました。