

GaN 自立基板の赤外分光法による評価

Infrared Reflectance Spectroscopy of Free-standing GaN Bulk Substrates

○(B)鐘ヶ江 一孝¹, (D3)金子 光顕², 木本 恒暢², 堀田 昌宏², 須田 淳²

(京大工¹, 京大院工²)

○Kazutaka Kanegae¹, Mitsuaki Kaneko², Tsunenobu Kimoto², Masahiro Horita², Jun Suda²

(1. Kyoto Univ., 2. Dept. of Electron. Sci. & Eng., Kyoto Univ.)

E-mail: kanegae.kazutaka.73u@st.kyoto-u.ac.jp

自由キャリアのプラズマ振動と縦光学格子振動 (LO フォノン) との結合モードを赤外反射分光法やラマン散乱分光法により測定することで、キャリア密度と移動度を推定できることが知られている。非破壊、非接触、短時間で測定できるので、ウエハの検査、面内分布評価などに活用できる。

赤外反射分光法による GaN の測定は数多く報告があるが、そのほとんどがサファイア上にヘテロエピタキシャル成長させた GaN に関するものである[1]。サファイア上の GaN は貫通転位が多く存在することや、成長初期と表面付近の GaN の特性が異なっているなど様々な問題がある。近年、GaN 自立基板の開発が進展し、高品質基板が入手可能になった。一般に用いられている赤外反射スペクトルの解析方法の検証を目的として、異なるドーピング密度の高品質 GaN 自立基板に対して赤外反射分光法 (FT-IR) による測定と解析を行ったので報告する。

解析には modified classical dielectric function (m-CDF)モデル[2]に基づく以下の誘電関数を用いた。

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_{\infty} \left(\frac{\omega_L^2 - \omega^2 - i\Gamma_L\omega}{\omega_T^2 - \omega^2 - i\Gamma_T\omega} - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + i\gamma_p\omega} \right) \quad (1)$$

ここで、プラズマ振動の寄与を表す第2項は Drude モデルで記述されている。測定の入射角が 20°であるので、GaN の異方性と s 偏光、p 偏光を考慮して反射率を算出し、フィッティングにより ω_p からキャリア密度を、 γ_p から移動度を求めた。

半絶縁性 GaN の測定結果と理論曲線を図 1(a)に示す。キャリアが少なく、プラズマ振動の影響が十分無視できるので、測定波数域では純粋な格子振動による反射スペクトルが観測できる。このような低キャリア密度では、m-CDF モデルで測定結果をよく再現できることがわかった。

次に n 型 GaN ($n \sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) の結果を図 1(b)に示す。赤の破線は反射強度が極小となる 800 cm^{-1} 付近で測定結果と一致するようにフィッティングを行ったものである。ここから求めたキャリア密度 ($n_{\text{IR}} = 1.4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) と移動度 ($\mu_{\text{IR}} = 350 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$) は GaN 基板のスペックとほぼ一致しているが、 $600 \sim 750 \text{ cm}^{-1}$ では測定結果と理論曲線の一致が非常に悪い。逆に、この波数付近でフィッティングすると緑の破線となる。この場合、キャリア密度 ($n_{\text{IR}} = 1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) に対して移動度 ($\mu_{\text{IR}} = 1500 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$) が高すぎる値になっており、また 800 cm^{-1} 付近では一致が悪くなる。

測定装置や解析式の妥当性を確認するために、高ドーパ n 型 4H-SiC ($n \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) の測定、解析を行った。過去に報告[3]されているとおり、図 2 に示すように測定結果と理論曲線は測定波数全域でよく一致し、キャリア密度と移動度も妥当な結果となった。

GaAs でも同様のモデルで反射スペクトルをよく再現できることが知られている。n 型 GaN における不一致は GaN 特有の物性によるものであり、モデルの改良が必要なのか、測定試料の表面状態などの品質の問題なのか、今後更なる検討が必要である。

【謝辞】本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「次世代パワーエレクトロニクス - GaN 縦型パワーデバイスの基盤技術開発」(管理人: NEDO)によって実施された。

[1] A. S. Barker, et al., Phys. Rev B **7**, (1972) 743.

[2] S. Nakashima, et al., J. Appl. Phys., **95**, (2004) 3541

[3] S. Yoshida, Physics and Technology of Silicon Carbide Devices, InTech, 2012 pp. 1-26.

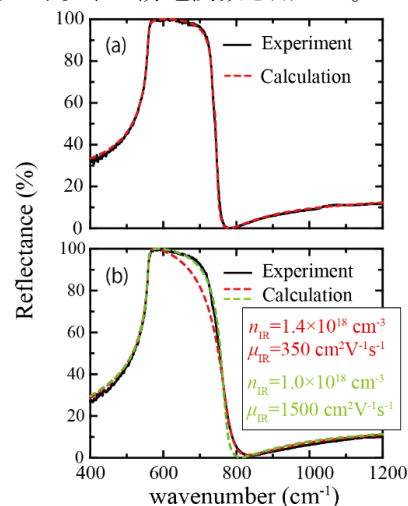


Fig. 1. (a) Experimental spectrum of semi-insulating GaN and theoretical curve. (b) Experimental spectrum of n-type GaN and theoretical curves with different parameters.

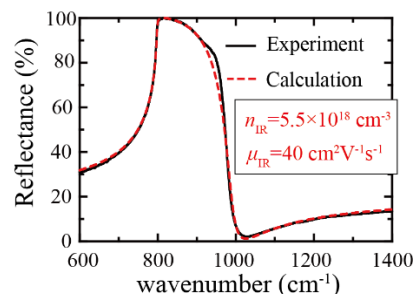


Fig. 2. Experimental spectrum of n-type 4H-SiC and theoretical curve.