

赤外反射分光による GaN 薄膜の電子深さ特性評価手法

Depth profile characteristic evaluation technique of electron in GaN films by infrared reflection spectra

○上條 隆明、馬 ベイ、森田 健、石谷 善博（千葉大院工）

○Takaaki Kamijoh, Bei Ma, Ken Morita and Yoshihiro Ishitani (Chiba Univ.)

E-mail: t.tsuchiya@chiba-u.jp

サファイア基板上に成長させた窒化物半導体はバッファ層を介し、基板界面の電子特性や、また FET では 2 次元電子ガスの特性評価が望まれる。Hall 効果のような電気的物性評価ではキャリア密度や移動度が評価されているが、得られる値は試料全体の平均値となるため、試料表面や基板界面等の領域を区別できない。一方、光学的評価である赤外分光法は電極を必要とせず非破壊検査であり層構造解析が可能であるが、従来の解析では層構造モデルが与えられた上でなされ、スペクトル形状からモデルを導出するといった手法は構築されていない。

我々はこれまで赤外反射分光法を用い GaN の母体に対して深さ方向に電子密度の大きい電子蓄積層が 1 箇所存在する場合、その電子密度、位置、膜厚の特定法を理論計算によって構築してきた。結果、LOPC^[1]±付近でのスペクトル変化が有用であることが分かった。しかし、材料に含まれる総電子数でスペクトル概略形状が決定するので、電子蓄積層の総電子数一定で膜厚変化させた場合、それらの区別が困難である。また母体と蓄積層の電子体積密度のコントラストや蓄積層体積分率が区別する上で重要な鍵となる。

そこで、我々は蓄積層膜厚を区別できる限界について検討した。層構造の場合、総電子数はシート電子密度によって決定する。蓄積層を図 1 のような各シート電子密度で膜厚を変化させた場合、異なる総膜厚、電子蓄積層位置で赤外反射率の理論計算を行った。図 2 は基板界面に蓄積層が存在する場合、母体電子密度 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、総膜厚 $6 \mu\text{m}$ 、p 偏光の LOPC±領域の結果である。LOPC-最下点位置換算で 0.1% の差で区別可能と判断した場合、1500 - 200 nm 程度まで数 100 nm の分解で区別可能であり、それ以下の膜厚では区別は困難だが蓄積層の存在は確認出来る。一方、LOPC+領域では電子密度によって屈折率が急激に変化するため、総膜厚や蓄積層のシート電子密度がある一定の条件の場合に干渉構造が現れる。この構造は特に蓄積層膜厚が数 100 - 数 10 nm で見られ、これらを用いると 100 - 60 nm の範囲で、10 nm の分解で区別することが出来る。

また、蓄積層の存在を確認できるのは、表面にあるときは少なくとも $0.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 、基板界面では $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ のシート電子密度が必要である。

[1] Y. Ishitani *et al.*, J. Appl. Phys, **103**, 053515(2008)

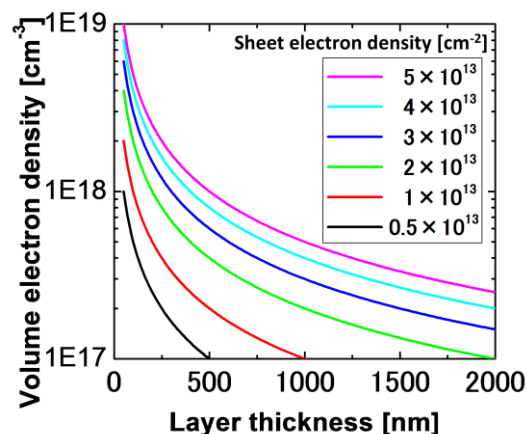


図 1. 電子蓄積層の電子面積密度と体積密度の関係

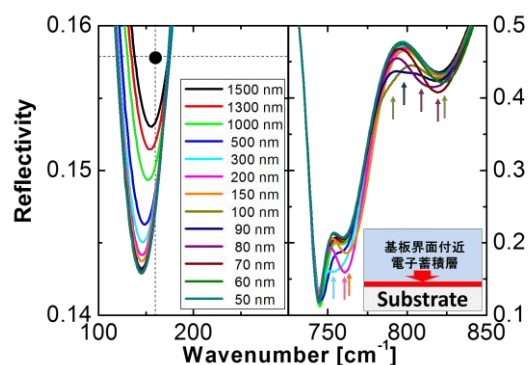


図 2. 基板界面の電子蓄積層がある場合、蓄積層の総電子数一定で膜厚変化における GaN の理論計算による p 偏光赤外反射率 LOPC±領域。総膜厚 : $6 \mu\text{m}$ 、母体電子密度 : $1 \times 10^{17} [\text{cm}^{-3}]$ 、蓄積層電子密度 : $2 \times 10^{13} [\text{cm}^{-2}]$ 、黒点 : 均一膜における LOPC-最下点位置。母体及び蓄積層電子移動度 : $273 [\text{cm}^2/\text{Vs}]$ 。