

極低温ピコ秒超音波法を用いた 異なるキャリア密度の GaN に対するキャリアダイナミクスの観測

Carrier Dynamics of Different-carrier-density Gallium Nitrides

Studied by Picosecond Ultrasound Spectroscopy at Cryogenic Temperature

阪大基礎工, ○長久保 白, 石原 達也, 荻 博次, 中村 暢伴, 平尾 雅彦

Osaka Univ. Grad. Sch. of Engineering Science. ○Akira Nagakubo, Tatsuya Ishihara,

Hirotsugu Ogi*, Nobutomo Nakamura, Masahiko Hirao

E-mail: ogi@me.es.osaka-u.ac.jp

六方晶窒化ガリウム (GaN) は熱伝導率・絶縁破壊電界が大きいワイドバンドギャップ (~ 3.4 eV) 半導体であり, 高電圧・大電流を取り扱える電力用半導体素子としての応用や, 高周波・高効率で作動する高電子移動度トランジスタとして携帯電話の基地局などでの応用が進んでいる。ここで重要となるのが GaN の圧電性である。高電子移動度トランジスタでは AlGaN と GaN の格子定数の違いと圧電性を利用した二次元電子ガスを GaN 層内に形成することで高い電子移動度・飽和速度を達成しており, GaN の圧電性は音響デバイスのみならず半導体デバイスとしても重要である。GaN は半導体であるためその圧電性もキャリアの挙動によって支配され [1], Fe 等のアクセプタを混入することでフリーキャリアの密度を制御している。キャリアの挙動は長きにわたって研究が重ねられてきたが, 高純度・低キャリア密度のバルク体 GaN を合成することは未だに困難であり, 重要なパラメータの一つである圧電率は未だに解明されていないのが現状である。

キャリア密度の高い GaN は通常の超音波計測で圧電効果現象を明確にとらえることが難しい。そこで我々は高周波・極低温計測が可能なピコ秒超音波法を用いることで圧電率の計測を試みた。ピコ秒超音波法とはポンプ・プローブ法の一つであり, fs パルスレーザーをポンプ光に用いることによって THz オーダーの周波数成分までブロードに含む超音波パルスを励起することが可能である。コーナーリフレクタとステージコントローラを用いて ps オーダーで遅

延時間を制御したプローブ光は表面で反射・透過し, $f = \frac{2nv}{\lambda}$ で表される Bragg の条件を満たす周波数 f の超音波成分によって後方に回折される。

前回の秋季学術講演会において, キャリア密度の高い (~ 10^{17} cm^{-3}) GaN 試料の c 軸方向の縦波音速を室温から極低温域に渡って音速を計測した結果, 50 K 以下において室温値と比較して音速が優位に上昇し, 100 GHz の超音波に対して極低温域でキャリアの凍結・圧電現象の発現を観測することに成功したと報告した。今回は新たに Fe をドープした試料を用意し計測を行った。この試料はフリーキャリアの密度を低くすることで室温においても圧電性が発生していると考えられる。計測の結果, 音速は室温から極低温に渡ってほぼ一定であり, キャリア密度の高い試料とは明らかに異なる挙動を示した。これは高キャリア密度の試料において発現した 50 K 以下における音速の上昇が圧電効果によるものであることを示唆しており, 極低温ピコ秒超音波法は高キャリア密度の半導体型圧電体のキャリア挙動を捉えることに対して有効な手法であると言える。

参考文献

- [1] A. R. Hutson and D. L. White, J. Appl. Phys. **33**, 40 (1962).