17p-A27-11

非接触超音波共振法による高温における高抵抗 GaN のキャリアダイナミクスの研究

Study on carrier dynamics of high-insulation GaN at elevated temperatures by noncontacting ultrasound resonance method

阪大院基礎工 [1]，阪大院工 [2]，　○筒井 裕貴 [1]，荻 博次 [1*]，中村 暢伴 [1]，
森 勇介 [2]，今出 完 [2]，吉村 政志 [2]，平尾 雅彦 [1]

Osaka Univ. Grad. Sch. of Engineering Science [1], Engineering [2], ○Yuki Tsutsui[1], Hirotsugu Ogi[1*], Nobutomo Nakamura[1], Yusuke Mori[2], Mamoru Imade[2], Masashi Yoshimura[2], Masahiko Hirao[1]

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

高周波数での動作が可能で, 高耐圧性を示す GaN は，低損失・高効率なパワーデバイスとして実用化が期待されている．GaN の圧電性を利用した素子の例として AlGaN/GaN HEMT が挙げられる. これは界面での格子ひずみによる圧電分極を利用した素子であり, 高温下で安定した動作が期待されているが，300℃程度で性能の低下が確認された [1]. デバイスの性能低下には材料の熱ひずみや圧電性の温度依存性が深く関わっており, これらのデバイスの設計には弾性定数や圧電定数の温度特性が必要である．しかし，これらの計測は，特に高温域においてはその困難さ故に成功例を見ない.

そこで本研究では我々が独自に考案したアンテナ発振非接触超音波共振法を用いて高温域での GaN の弾性定数と圧電定数の計測，および, 圧電性の消失を支配するキャリアダイナミクスの研究を行う．電極や配線を一切使用せず，裸の GaN 試料に対する非接触での力学共振計測を可能とする．Fig. 1 に本手法の概略図を示す. 送信アンテナによって真空チャンバ内に設置した試料に電磁波を送り, 試料の圧電性を介して発振させる．続いて，試料の振動により放射される電磁波を別のアンテナにより受信し, 力学情報を得る．試料の振動励起・検出に圧電素子を使用せず，また電極を使用しないため，圧電性が消失しない限り, 1000℃程度の高温における材料定数の計測が可能である.

使用した試料は，HVPE 法で成長させた Fe ドープの高抵抗 GaN であり，寸法は，3.5x3.0x0.41 mm^3 である．GaN 中において Fe はアクセプターとして働き，Fig.2 に示すように電子を捕捉することによりエネルギ準位が変化する. キャリアは複数の Fe センタのサイト間をフォノン振動のエネルギを受けてホッピング拡散していく. この拡散は熱活性現象であり, 温度と周波数に強く依存する（活性化エネルギを有する）．高温域では，超音波ひずみによる分極が, キャリアの移動により緩和され, 見かけの圧電性が失われる. つまり，音響エネルギがキャリアの移動に消費されて音響減衰がピークを示し，また，圧電性消失のため系のエネルギが低下し共振周波数が減少する. これらを熱活性現象として取り扱い, モデル化することにより，圧電定数の決定，及び Fe の GaN 中での拡散の様子を観測することができる.

今回開発した計測法は, 不純物半導体の圧電定数の正確な評価，および，キャリアのホッピング伝導に対する正確な評価に繋がる有効な手法であると言える.

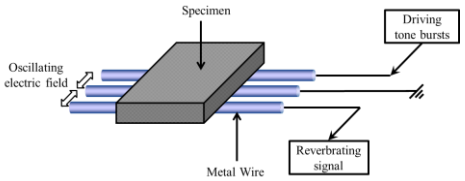

Fig. 1: Schematic of antenna transmission acoustic resonance method for ultrasonic measuring.

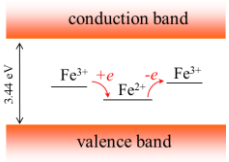

Fig. 2: Schematic of hopping conduction between deep centers.

参考文献

1)H. Tokuda, M. Hatano, N. Yafune, S. Hashimoto, K. Akita, Y. Yamamoto and M. Kuzuhara : Appl. Phys. Express **3**, 121003 (2010).

© 2014 年　応用物理学会