

電子線照射によりホモエピタキシャル成長 n 型 GaN 中に 形成されるホールトラップの照射エネルギー依存性 Irradiation energy dependence of hole traps introduced by electron beam irradiation in homoepitaxial n-type GaN

名大院工¹, 名大未来研² °遠藤慧¹, 鐘ヶ江一孝¹, 堀田昌宏^{1,2}, 須田淳^{1,2}

Nagoya Univ.^{1,2} °Meguru Endo¹, Kazutaka Kanegae¹, Masahiro Horita^{1,2}, Jun Suda^{1,2}

E-mail: endo.meguru@c.mbox.nagoya-u.ac.jp

窒化ガリウム(GaN)は次世代パワーデバイス用材料として期待されている。パワーデバイスの作製プロセスにおいて GaN 中に様々な点欠陥が導入され、デバイス特性に悪影響を及ぼすことから、点欠陥と形成される深い準位について理解することは重要である。我々は、エネルギー 401 keV の電子線を照射することによって GaN 中の N 原子変位を意図的に発生させ、2 つの電子トラップ EE1 ($E_c-0.13$ eV)および EE2 ($E_c-0.9$ eV)が DLTS 測定によって観測され、温度 370 K における光照射 ICTS (OICTS)によって複数のピークで構成されるホールトラップ EHy が観測されることを報告してきた^[1,2]。また、より低エネルギーにて電子線照射を行い、DLTS 測定で電子トラップを評価することにより、N 原子変位関連欠陥が形成される照射エネルギーしきい値が 100~137 keV の間であることも明らかにしてきた^[3]。今回は、低エネルギーにて電子線照射を行った試料に対して OICTS 測定を行うことで、ホールトラップ EHy を評価し、このトラップの照射エネルギー依存性について調べたので報告する。

GaN 自立基板上に MOVPE 法により成長した n-GaN (実効ドナー密度 $N_s=3.5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$)に対して、GaN 表面での照射エネルギー E_{irrad} を 100~401 keV の範囲で変化させ、電子線照射を行った。各 E_{irrad} においてフルエンスは $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ とし、照射後に Ni ショットキー電極を蒸着により形成した。OICTS 測定は、波長 390 nm の光パルスを用いて行った。Fig.1 に as-grown 試料および $E_{\text{irrad}} = 100, 137, 183, 338 \text{ keV}$ 試料に対する温度 370 K における OICTS シグナルを示す。 $E_{\text{irrad}} \geq 137 \text{ keV}$ の試料で、 $E_{\text{irrad}} = 401 \text{ keV}$ の場合^[2]と同様に、as-grown 試料に存在するトラップ H1 に加えて EHy が観測された。 E_{irrad} の減少によって、ピーク強度が減少するとともに、ピーク位置が低時定数側へシフトする様子が観測され、このことは EHy が EHy-1(低時定数)および EHy-2(高時定数)で構成されていることを示唆している。これらのスペクトルを EHy-1 と EHy-2 に分離することが困難であったことから、ここでは $E_{\text{irrad}} = 137, 183 \text{ keV}$ における EHy のピークトップをそれぞれ EHy (137 keV), EHy (183 keV)とした。それらのアレニウスプロットの結果を Fig.2 に示す。EHy (137 keV), EHy (183 keV)の活性化エネルギー(E_a)は、それぞれ 0.90 eV, 1.0 eV と異なる値であることがわかった。このことから、EHy (137 keV)では、 $100 \text{ keV} < E_{\text{irrad}} < 137 \text{ keV}$ で形成される EHy-1 が支配的であり、EHy (183 keV)は EHy-1 に加えて新たなピーク EHy-2 が出現し支配的になったと考えられる。以上より、EHy ピークは、100~137 keV の間のエネルギーをしきい値として EHy-1 が形成されたのち、 E_{irrad} の増加とともに EHy-2 が支配的になると考えられる。

[1] 堀田 他, 第 78 回秋季応用物理学科会 7a-S22-6 (2017), [2] 遠藤 他, 第 80 回秋季応用物理学科会 18p-N302-4 (2019)

[3] 堀田 他, 第 79 回秋季応用物理学科会 20a-331-6 (2018)

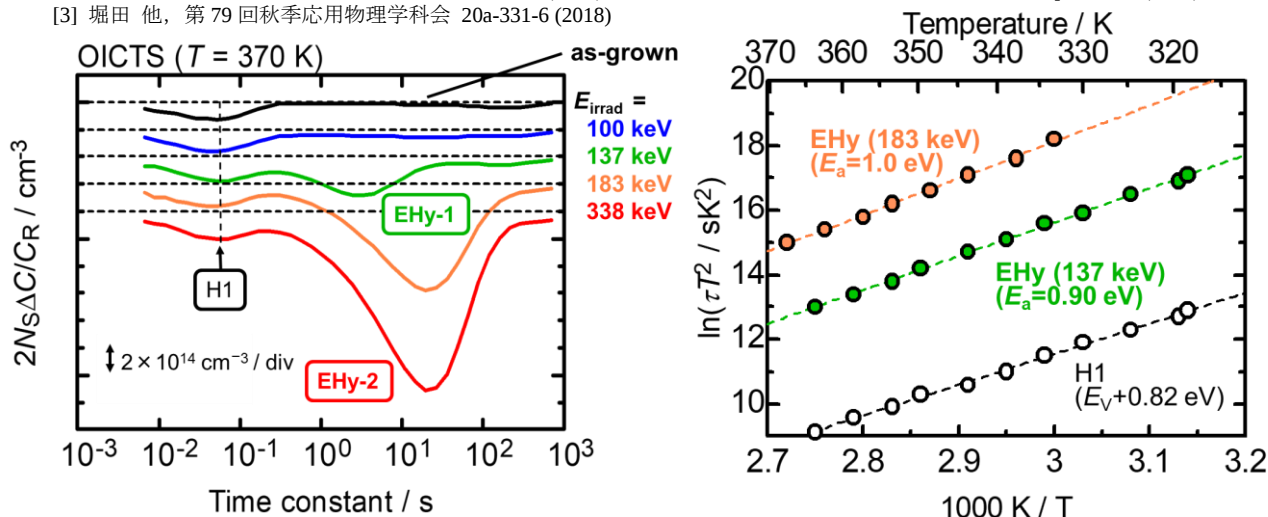


Fig.1: OICTS spectra of n-GaN epilayers irradiated with various energies of electron-beam.

Fig.2: Arrhenius plots of EHy (137 keV) and EHy (183 keV) peaks obtained from temperature dependence of OICTS spectra (temperature from 320 to 370 K).