

逆バイアス電圧印加 n 型 GaN ショットキーバリアダイオードにおける Franz-Keldysh 効果に起因したサブバンドギャップ光吸収による光電流

Photocurrent by Sub-Bandgap-Wavelength Light Absorption due to Franz-Keldysh Effect in n-type GaN Schottky Barrier Diode under Large Reverse Bias

○前田 拓也¹、岡田 政也²、上野 昌紀²、山本 喜之²、堀田 昌宏³、須田 淳³

(1. 京大工、2. 住友電工、3. 京大院工)

○Takuya Maeda¹, Masaya Okada², Masaki Ueno², Yoshiyuki Yamaoto², Masahiro Horita³, Jun Suda³

(1. Kyoto Univ., 2. Sumitomo Electric Industries, Ltd., 3. Dept. of Electron. Sci. & Eng., Kyoto Univ.)

E-mail: maeda@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

前回、我々は、n-GaN ショットキーバリアダイオード(SBD)の光電流のメカニズムについて、照射光の光子エネルギーがバンドギャップより小さいが障壁高さより大きい場合、照射光が GaN を透過し、裏面で反射されてショットキー界面に到達し、内部光電子放出(Internal Photoemission, IPE)によって光電流が生じること、また、光電流の波長依存性を Fowler プロットすると直線となり、障壁高さを精度よく求められることを報告した[1]。今回、逆バイアス電圧を増加させていくと、ある電圧から光電流が急増することを見だし、これを Franz-Keldysh (F-K)効果に起因したサブバンドギャップ光吸収[2]で半定量的に説明できることが分かったので報告する。

HVPE 成長バルク n 型 GaN 基板上に MOVPE によって n 型 GaN エピ層(実効ドナー密度 $5.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$)を成長し、表面に Ni ショットキー電極(障壁高さ 1.02 eV)、裏面にオーミック電極を形成した。この GaN SBD について、GaN のバンドギャップに相当する 365 nm より長波長の単色光照射下で逆方向の電流-電圧測定を行った。図 1 に結果を示す。

波長 450 nm の結果に注目すると、バイアス電圧に依存せず、ほぼ一定値の電流が流れており、これは IPE により生じた光電流として説明できる。一方、400 nm では 130 V、390 nm では 60 V、380 nm では 20 V 付近から光電流が急増しており、IPE ではこの急増を説明できない。照射光波長がバンドギャップに近い程、より小さなバイアス電圧で光電流が急増し始めていることから、バイアス電圧増加につれて空乏領域の電界が増加し、電界により基礎吸収端が長波長側に裾を引くようになる効果(F-K 効果)による光吸収が生じて光電流が急増したと考えた。そこで、各波長の光について、バイアス電圧 0~200 V 印加時の空乏領域での電界強度から、F-K 効果による光吸収係数を計算し、裏面で反射された光が空乏層に入射して吸収される量から光電流の計算値を求めた。一例として、390 nm の光電流の実験値と計算値の比較を図 2 に示す。IPE の計算値と F-K 効果による空乏領域での光吸収の計算値の合計は実験値に良く一致している。380, 400 nm についても計算値は実験値とよく一致した。

例えば、逆バイアス電圧 200 V 印加時には、空乏領域の最大電界は 0.7 MV/cm に達し、波長 400 nm の光でも GaN に吸収されるようになる。パワーデバイスで用いる電圧(電界)ではこのように F-K 効果が顕著になり、光の影響を考える場合、注意が必要である。

【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] T. Maeda *et al.*, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 15a-4C-6 (2015)

[2] D. E. Aspnes, Electric-Field Effects on Optical Absorption near Thresholds in Solids, *Phys. Rev.* **147**, 2 (1966)

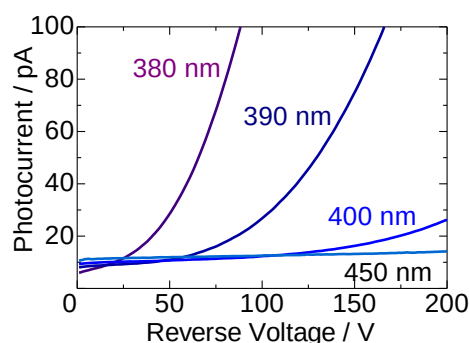


Fig.1. Photocurrent of GaN SBD under illumination of monochromatic light.

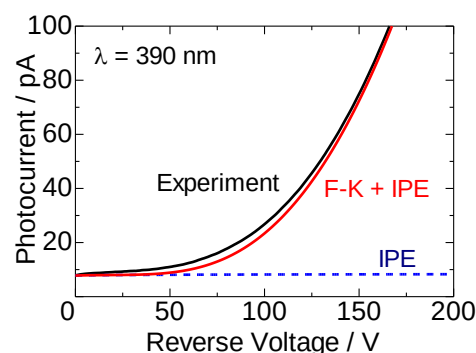


Fig.2. Comparison of experimental result and calculated photocurrent due to IPE only and IPE and F-K effect.