

## InAs-PHEMT 特性に及ぼす正孔蓄積の効果

The effects of holes accumulated at the source region on characteristics of InAs-PHEMTs

東理大基礎工 〇小松 竜大, 西尾 結, 佐藤 万里衣, 佐藤 宇人, 杉山 駿輔, 高梨 良文

Tokyo Univ. of science

〇Komatsu Tatsuhiro, Yui Nishio, Marie Sato, Takato Sato, Shunsuke Sugiyama, and Yoshifumi Takanashi

E-mail: [j8211036@ed.tus.ac.jp](mailto:j8211036@ed.tus.ac.jp)

### 1. 緒言

InPを基板としたInAs-PHEMTは、優れた電子輸送特性、高電子密度を有している。HEMTが高ドレイン電圧( $V_{DS}$ )下で大きなドレインコンダクタンス( $G_D$ )を持つ事は、デバイス応用上問題となっている。この現象は、ドレイン電極側での衝突イオン化による電子・正孔対の発生、及びソース電極側で正孔がヘテロ界面の障壁によって蓄積する事が原因であると推測されている[1, 2]。そこで、衝突イオン化の逆過程であるオージェ再結合の解析を行う事で、ドレイン側の衝突イオン化による電子・正孔対の発生を予測できると考えた。本研究においてはその前段階として、正孔蓄積の効果がInAs-PHEMTに与える特性を理論・測定の面から解明することを目的とする。

### 2. 解析及び測定方法

測定・解析に用いたInAs-PHEMTをFig. 1に示す。チャンネル層はInAsと $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ の複合チャンネル構造をとっている[2]。ゲート長 $L_G$ 、ゲート幅 $W_G$ はそれぞれ $1.5\ \mu\text{m}$ 、 $50\ \mu\text{m}$ である。試料の理論解析に当たっては、前回報告した手法を用いた[3]。また、測定には波長 $1.55\ \mu\text{m}$ のCWレーザー光を用いた。入射した際の光電流を、ロックインアンプを用いる事でデバイスを広範囲に亘って測定し、光電流・感度の光強度依存性を算出した。

### 3. 結果及び考察

Fig. 2に、シート正孔濃度 $p_s$ に対する $V_{TH}$ の変化( $\Delta V_{TH}$ )の理論解析結果を示す。この図から、InAs-PHEMTにおいて正孔の蓄積が引き起こす $V_{TH}$ の低下は大きい事が分かる。 $V_{DS}$ の増加はドレイン電界を強めるので衝突イオン化による正孔の発生量を増加させ、PHEMTの $V_{TH}$ をオン側にシフトさせる。今回の解析結果はPHEMTの $V_{DS}$ に伴う $G_D$ の増加を半定量的に説明している。さらに厳密に解析するには、提案する理論をPHEMTの動作解析ソフトに取り込んで解析する必要がある。

次に比較のため、過去に測定・検証を行った $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ -HEMTの $\Delta V_{TH}$ の光強度依存性をFig. 3に再掲する[2]。実測値を点で、理論結果を実線と破線で示した。破線は、 $p_s$ が低い領域では再結合時間 $\tau$ が $p_s$ によらず一定で正孔と光強度が比例関係にある、と仮定したものである。この実験では、光強度が高い領域において $\Delta V_{TH}$ の実測値は理論結果をわずかに下回っていた。このずれは、Auger再結合に由来する $\tau$ の $p_s$ 依存性がチャンネル層でも発生する事を説明しており、理論結果(実線)もこれを指示している[1]。この現象は今回測定したInAs-PHEMTにおいてさらに顕著であった(Fig. 4)。InAsではより光強度が低い領域から $\tau$ の $p_s$ 依存性が生じる、つまりAuger再結合が支配的になる事を示している。さらに我々は、バルクでのInAsと $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ について $\tau$ の正孔濃度依存性を評価している[2]。これによるとInAsは $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ よりも一桁低い正孔濃度で、Auger再結合による $\tau$ の濃度依存性が生じている。この事実はFig. 3, 4の違いを半定量的に説明している。

今後は量子構造を有するチャンネルについてAuger再結合の解析を行うに当たっては $\tau$ を詳細に見積もることで、衝突イオン化によって発生している正孔濃度を算出していく。

### 4. 参考文献

- [1] H. Taguchi, et al., : Jpn. J. Appl. Phys. **45** (2006) 8549.
- [2] H. Taguchi, et al., : Jpn. J. Appl. Phys. **47** (2009) 2858.
- [3] 西尾結 2014年秋季第75回応用物理学会学術講演会 19p-PB2-17.

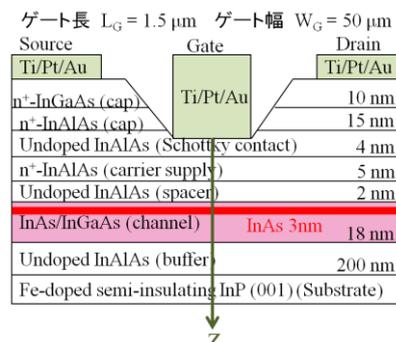


Fig. 1 InAs-PHEMTの試料構造

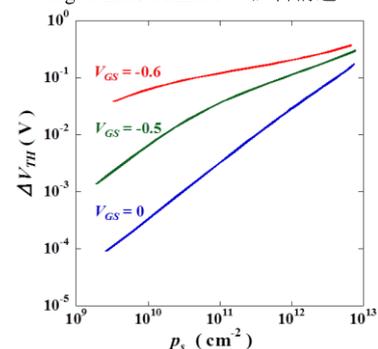


Fig. 2 蓄積した正孔による閾値電圧の変化

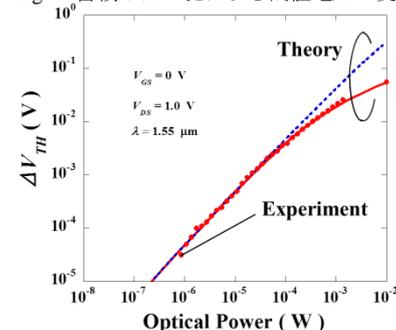


Fig. 3  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ -HEMTの光強度に対する閾値電圧の変化(再掲)

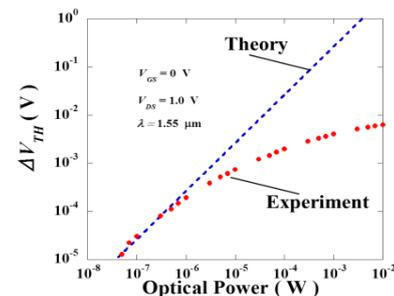


Fig. 4 InAs-PHEMTの光強度に対する閾値電圧の変化