非対称-金属/Ge/金属素子の試作とその発光特性

Fabrication of asymmetry metal/Ge/metal device and its light emission

九大・大学院総合理工学府¹,九大・産学連携センター² ^o亀沢 翔¹,花田 尊徳¹、山本 圭介²,王 冬¹,中島 寛² I-Eggs,Kyushu Univ.¹,KASTEC,Kyushu Univ.² [°]S.Kamezawa¹,K.Yamamoto²,D.Wang¹,H.Nakashima² E-mail:2ES12006R@s.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに Ge の直接遷移禁制帯幅は 0.80 eV で光通信波長帯(1.55 µm)と良く一致する。本研究で は、Ge 表面層からの発光が可能な金属/Ge/金属(M/Ge/M)構造を有する発光素子の実現を目指してい る。この際、両金属電極から電子および正孔を高効率で注入するには、電子および正孔に対して低障 壁な金属/Ge コンタクトが必須となる。しかし、金属/Ge 界面ではフェルミレベルが価電子帯近傍にピ ンニング(FLP)され、低電子障壁なコンタクトの形成はできないと考えられていた。我々は、TiN を Ge 上に直接スパッタ堆積すれば、低い電子障壁($\Phi_{BN} = 0.09 \text{ eV}$)が形成できることを明らかにしてい る。^{1.2)}また、Hfのスパッタ堆積によって形成される HfGe/Ge コンタクトが低い正孔障壁($\Phi_{BP} = 0.06 \text{ eV}$) を持つことを見出している。³⁾今回、電子・正孔に対して低障壁な金属/Ge コンタクトの形成により、 Fig. 1 に示す横型の非対称 M/Ge/M 構造を試作し、発光特性を調査したので報告する。

2. 実験 HF 洗浄した Ge(100)基板上に、SiO₂膜(35 nm)をスパッタ堆積し、Ge 発光部となるフィン 領域を開口した。次に、TiN ターゲットからの rf スパッタリングにより TiN 膜(70 nm)を堆積し、lift-off プロセスを用いて片側のフィン電極を形成した。同様に、Hf 膜(50 nm)と Hf 保護用の TiN 膜(20 nm) を連続堆積し、対フィン電極となる HfGe/Ge コンタクトを形成した。非対称フィン構造を形成後、N₂ 雰囲気中で 350°C-30 分間の PMA 処理を行った。次に、ECR プラズマプロセスにより、プラズマ酸化 および SiO₂膜(100 nm)堆積により、Ge 表面を SiO₂/GeO₂膜でパッシベーションした。その後、N₂ 雰囲気中で 385°C-30 分間の PDA 処理を行った。コンタクト電極には熱蒸着 Al を使用した。試作した 非対称 M/Ge/M 素子の光学写真を Fig. 2 中に示す。

3. 結果と考察 Fig. 2 に作製した M/Ge/M 素子の電流密度-電圧(J-V)特性を示す。1 V に於ける逆方 向電流密度は 1.2×10⁻¹⁰A/µm、ON/OFF 比は X×10⁵、の良好な特性を示した。この非対称 M/Ge/M 素子 に順方向電流を注入した時にフィン領域から観測される発光特性を Fig. 3 に示す。(観測は室温) Ge の直接遷移禁制帯幅に対応する波長 1.55µm 付近に発光が観測された。これは、TiN/Ge コンタクトから 電子が、HfGe/Ge コンタクトから正孔が、効率良く注入されて再結合した結果と解釈できる。今後は、 試作した M/Ge/M 素子の受光特性評価および歪み導入による発光特性の向上を図る予定である。

1) M. Iyota et. al., APL 98, 192108 (2011). 2) K. Yamamoto et. al., JJAP 51, 070208 (2012).



2) K. Yamamoto et. al., APEX 5, 051301 (2012).

Fig.1 (a) Schematic M/Ge/M device structure. (b) Band structure of HfGe/Ge and TiN/Ge contacts.







Fig.3 Ligh emission characteristics of M/Ge/M device.