

ドレスト光子による誘導放出を利用した 波長 1.3~1.9 μm 帯の非冷却型 Si 受光素子

Uncooled Si infrared photodetector for 1.3-1.9 μm -wavelength using stimulated emission by dressed photons

日亜化学工業(株)¹, ドレスト光子研究起点²

○門脇 拓也¹, 川添 忠¹, 大津 元一², 佐野 雅彦¹, 向井 孝志¹

Nichia Corporation¹, Research Origin for Dressed Photon²

○Takuya Kadowaki¹, Tadashi Kawazoe¹, Motoichi Ohtsu², Masahiko Sano¹, Takashi Mukai¹

E-mail: takuya.kadowaki@nichia.co.jp

1. はじめに

近年、ドレスト光子(DP)技術により Si 結晶を用いた非冷却型の赤外受光素子の実現可能性が提案されている[1]。従来の Si の受光素子は遮断波長 λ_c (1.1 μm)以上の赤外光には感度を持たないが、この素子では入射光により生成された DP が励起したコヒーレントフォノンを介して電子がバンド間励起されるため、 λ_c 以上の長波の光にも感度を持つ。

前回の講演で我々は DP を使った Si 発光素子を作製し、その EL 発光波長がバンドギャップエネルギー E_g に依存せず波長 1.3 μm 、2.0 μm に明瞭なピークを持つことを示した[2]。またその発光過程がバンド間の光学フォノン準位に起因していることを明らかにした。本講演では、この発光の逆過程に相当する受光特性を評価したので報告する。

2. 素子作製

Fig.1(a)に作製した素子の外観を示す。n 型の Si 基板に B 原子をイオン注入し p 型に変換した後、電極を形成し、1 mm 角に素子化した。作製した素子に DP を効率よく発生させるため、ドレスト光子フォノン援用アニール(DPP アニール)と呼ばれる製法を用いた。これは電流注入によるジュール熱アニールとレーザー照射(波長 1.3 μm)による誘導放出に起因する冷却とを同時に行い、最適な B 原子分布の自律的形成を促すものである。その結果、作製された素子は E_g ではなく照射光エネルギーに支配される受発光(光子ブリーディング)が可能となる。今回、効率的に DPP アニールを行うために新たに Fig.1(b)に示す基板構造を用いた。すなわち、n 型の Si 基板上に 5 Ωcm の高抵抗層をエピタキシャル成長することで、pn 接合付近に局所的にジュール熱が発生する構造とした。これにより、基板の余剰熱による不要なドーパント拡散を低減でき、従来より効率的な B 原子分布の形成が可能であると考えられる。

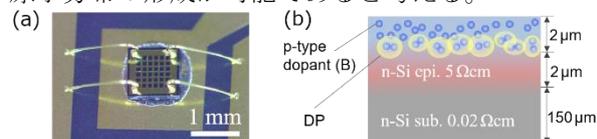


Fig.1 (a)Photographic profile of Si-photodetector. (b) Schematic of the substrate.

3. 結果と考察

作製した Si 素子に波長 1.3 μm 、1.55 μm 、1.9 μm のレーザーをそれぞれ照射し、室温での I-V 特性の変化から受光感度を測定した。Fig.2(a)は注入電流密度と波長 1.55 μm の光に対する感度との関係である。電流密度の増加に伴い感度が増加する傾向が見られる。これは順方向電流注入により DP を介した誘導放出が生じ、キャリアが吸われることにより、I-V 特性の変化が大きくなるためである。Fig.2(b)は波長と感度との関係である。図中の赤線は本素子に順方向電流密度 20 A/cm² 印加時の感度特性を示す。また、比較のために黒線は先行研究(順方向電流密度 10 A/cm²)[1]、破線は市販の Si-PD (S3590 : 浜松ホトニクス社製)の感度特性を示したものである。本素子は λ_c 以上の光に対して大きな感度を持つことが確認される。特に波長 1.9 μm での感度は室温で 2×10^{-3} A/W であり中赤外領域でも非常に高い感度を持つ可能性を示した。また、先行研究に対しても波長 1.3 μm での感度特性が上回る結果を得た。これは前述した DPP アニールを効率的に行うための素子構造の精密化による結果であると考えられる。以上のように、複数フォノンが励起に関わるので熱励起電子の寄与はなく、冷却不要の室温動作が可能となる。これは既存の InGaAs 等の化合物半導体に対する優位性である。今後はドーパント濃度および DPP アニール条件の最適化することで、より長波長の赤外光受光を目指す。

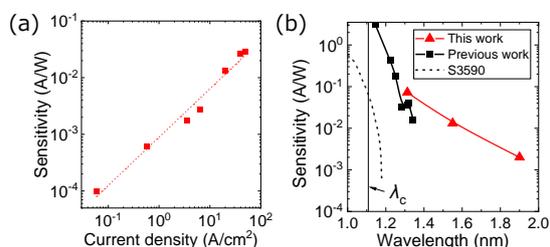


Fig.2 (a) Relationship between current density and sensitivity at a wavelength of 1.55 μm . (b) Relationship between wavelength and sensitivity.

【参考文献】

- [1] H. Tanaka, T. Kawazoe, and M. Ohtsu, *Appl. Phys. B*, **108** (2012) pp.51-56
 [2] 門脇拓也, 川添忠, 大津元一, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会(2020年3月), 14p-B309-16