

硫黄を過飽和ドーピングしたSi単結晶の赤外吸収と光電気伝導利得

Mid-infrared optical absorption and photoconductive gain
of silicon supersaturated with sulfur

甲南大理工, ○(M1)早瀬弘基, 長尾克紀, 中井達也, 細見勇登, 内藤宗幸, 青木珠緒, 梅津郁朗

Fac. of Sci. and Eng. Konan Univ. ○Hiroki Hayase, Katsuki Nagao, Tatsuya Nakai, Yuto Hosomi,
Muneyuki Naito, Tamao Aoki, Ikurou Umezu

E-mail: m1621009@s.konan-u.ac.jp

I 背景・目的

硫黄をイオン打ち込みしたシリコン単結晶基板に対してパルスレーザーメルティング (PLM) を行うことによって硫黄が過飽和ドーピングされた単結晶シリコンを作成することが可能である。この方法で作成された試料はバンドギャップエネルギー以下の中赤外領域で光吸収帯が出現し、シリコンのバンドギャップ内に形成された中間バンドによるものである可能性が指摘されている。しかし電気伝導機構との相関は明らかになっておらず、未だにその証拠はない。また硫黄を過飽和ドーピングしたシリコンの赤外波長の光での性能指数は 0.05 以下であるとの報告があり [1]、高効率デバイスは実現されていない。本研究では光吸収スペクトルと光伝導スペクトルを比較することによって中間バンド形成の可能性を議論するとともに、性能指数を見積もり、赤外光受光デバイスとしての可能性を検討した。

II 実験

ドーズ量 1×10^{16} ions/cm² の硫黄イオンを 95keV でイオン打ち込みした p 型 Si ウェハにレーザーフルエンス 0.4、0.6、0.8、1.2 J/cm² で PLM を行い、約 200nm の過飽和ドーピング層を持つ試料を作成した。この試料に 920、1120、1380nm の光を照射し、光電流の印加電圧依存性から電子の寿命 τ を求め、この τ から性能指数を求めた。

III 結果・考察

本研究で使用した試料では 0.6eV 付近にピークを持つ光吸収帯が存在するが、この吸収帯に対応した光電気伝導は観測されなかった。このことからバンドギャップエネルギー以下の光吸収の大部分はキャリア生成に寄与していないと考えられる。シリコンの価電子帯が最低エネルギーを持つ波数においては Δ_1 よりも約 0.5eV 高いエネルギーに Δ_2 が存在しドーピングによってフェルミエネルギーが上昇すると Δ_1 から Δ_2 に遷移することが知られている。光電気伝導が観測されなかったことから 0.6eV 付近の吸収帯はこの遷移による光吸収である可能性が高い。

赤外の光吸収の大部分は光電気伝導に寄与しないものの、この試料はバンドギャップエネルギー以下の光照射で光電流を生じる。1380nm の光を照射したときの光電流の印加電圧依存性を図 1 に示す。光電流は電圧に比例せず、1.2 J/cm² では 0.2V 以上で光電流が飽和している。図 2 は性能指数のフルエンス依存性を示す。単結晶シリコンの性能指数は赤外域では 0 に近いが、測定した試料では 0.05 程度であり現在報告されている値に近い [1]。しかし今回測定したサンプルの電極間の距離が 4mm と比較的長いこと電極間距離をさらに短くすることで性能指数のさらなる増加が見込まれる。

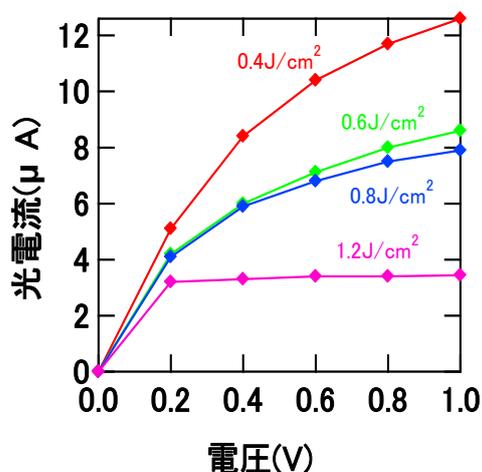


図 1

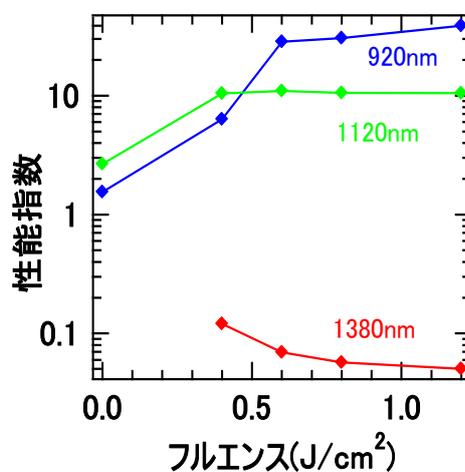


図 2

[1] J. T. Sullivan et al., J. Appl. Phys. 114, 103701 (2013)