

## DPP アニールで作製した Si-赤外受光素子を用いた温度計

## A thermometer using Si infrared photodetector fabricated by DPP annealing

日亜化学工業(株)<sup>1</sup>, ドレスト光子研究起点<sup>2</sup>, 〇川添 忠<sup>1</sup>, 門脇拓也<sup>1</sup>, 大津元一<sup>2</sup>, 佐野 雅彦<sup>1</sup>, 向井孝志<sup>1</sup>Nichia Corp<sup>1</sup>, RODreP<sup>2</sup>, 〇T. Kawazoe<sup>1</sup>, T. Kadowaki<sup>1</sup>, M. Ohtsu<sup>2</sup>, M. Sano<sup>1</sup>, T. Mukai<sup>1</sup>

E-mail: tadashi.kawazoe@nichia.co.jp

間接遷移型半導体であるシリコン(Si)をドレスト光子フォノン(DPP)アニールすることによって、ドーパントイオンが再配列する。この結果 Si 中の電子はフォノン散乱の影響を強く受けるようになり、発光材料としての性質を発現する。そして、この変化を LED 等に利用する研究開発が行われている[1-5]。DPP アニールされた Si-pn 接合素子は本来の吸収端波長よりも長波側に受光感度が広がり、赤外領域受光素子を実現する。その帯域は 1.3~2 μm 付近まで広がっている[6]。これは環境の黒体放射光に対しても応答することを意味し、温度計としての動作が期待できる。本発表では DPP アニールした Si-pn 接合素子に対し IV 特性の温度依存性を計測したので報告する。

波長:1.3 μm、光パワー:160mW のレーザー光を Si-pn 接合素子に照射し、注入順方向電流:150mA の条件で DPP アニールを行った。その後、素子温度を変化させつつ IV 計測を行なった(Fig.1.左、Fig.2.左)。これらの結果から素子の微分抵抗値を求め、その温度依存性をプロットした(Fig.1.右、Fig.2.右)。

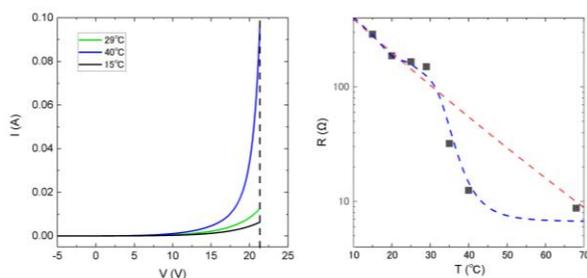


Fig.1. DPP アニール後の IV 特性の温度依存性と微分抵抗値の温度依存性(負性抵抗無)。

負性抵抗が現れていない素子では電圧 21.3V の時の微分抵抗値(Fig.1 左図の垂直方向破線)、負性抵抗が現れる素子では電流 22mA の時の微分抵抗値(Fig.2 左図の水平方向破線)を温度の指標に採用した。得られた微分抵抗値は全体としてはサーミスタと同様の温度特性を持ち、Steinhart-Hart equation に従った(Fig.1.Fig.2.の右図中赤破線)。しかしながら、素子温度 25°C を境に温度が高い側と低い側両方に抵抗値の落ち込みが見られた。この実験結果を説明するために以

下のような素子抵抗のモデルを用いて実験結果のフィッティングを行った。

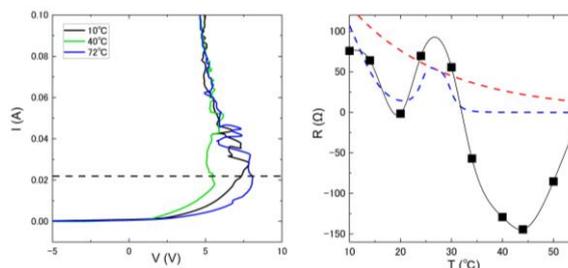


Fig.2. DPP アニール後の IV 特性の温度依存性と微分抵抗値の温度依存性(負性抵抗有)。

まず  $R_{\text{全体}} = 1 / (1/R_{\text{サーミスタ}} + 1/R_{\text{赤外受光部}})$  であるとして、赤外受光部の抵抗値はヒーターもしくは環境の黒体放射光で生成されたキャリアによって決定されると考えた。この光量はステファン・ボルツマンの法則に従い、放射対象温度(環境温度)を 25°C(環境温度)であるとして、フィッティングした結果が青破線(Fig.1.Fig.2.中の右図)である。このモデルにより負性抵抗のない(光増幅が起きない)素子では実験結果をよく再現する結果を得た。一方、負性抵抗有りの素子では光増幅を考慮する必要があると思われる。すなわち、これらの結果は実験に用いた素子の温度依存性は単なる温度ではなく、温度差に起因した赤外放射で動作している可能性を示している。加えてサーミスタと比較し大きな温度依存性を持ち、高感度であることが分かった

[1] T. Kawazoe & M. Ohtsu, Appl. Phys. A, 115, 127-133, (2014).

[2] T. Kawazoe, et al., Appl. Phys. B-Lasers and Optics, 98, 5-11 (2010). also 107, 659-663 (2012).

[3] H. Tanaka, et al., Appl. Phys. B-Lasers and Optics, 108, 51-56 (2012).

[4] Y. Tanaka, and K. Kobayashi, J. Microscopy 229 228-232(2008).

[5] 川添忠、橋本和信、杉浦聡、大津 元一、2017年第78回秋季応用物理学会、福岡 講演番号 7a-A405-5.

[6] 門脇他、春応用物理学会、本セッション (2021).