

表面再結合電荷によるシリコンフォトダイオードの応答非直線性

Nonlinear behavior of Silicon Photodiodes due to surface recombination charge

産総研 計測標準 °田辺稔

AIST NMIJ °Minoru Tanabe

E-mail: tanabe-m@aist.go.jp

シリコンフォトダイオード(Si-PD)は、絶対光パワー計測、広範な光パワーや波長範囲での測定が可能な光検出器の一つである。しかし、そのような広いパワーや波長範囲で精密な光測定を実施するには、入射の光強度に対して応答出力が直線的であることが理想とされる。ところが、Si-PDの個体によっては、入射波長に対して応答が増加する非直線性（スーパーニアリティ）を示すことがある。スーパーニアリティは、Siバルク内やSi表面での再結合が過剰に発生したキャリアによって飽和し、その残りのキャリアが光電流となって検出される現象である。これまでの研究において、あるSi-PDの近赤外波長帯域での非直線性の実測を行い、その結果を理論モデルとの比較することで、Siバルク内での再結合ロスが主要因であることを明らかにした[1]。本研究では、Si表面での再結合が要因と予測される可視光でのSi-PDのスーパーニアリティの実測と理論による解析を実施した。

あるSi-PDに対して405~660 nmの可視光波長帯域での応答非直線性の波長依存特性の測定を実施した。実測の結果、波長405 nmにおいて最大1%程度のスーパーニアリティと、その波長依存性を観測した[2]。波長405 nmに対するSiの吸収長は0.1 μm であるため、Si表面での表面電荷が起因する再結合がスーパーニアリティの発生要因であると考えられる。そこで、これらの実測データを定量的に解析するため、1次元デバイスシミュレータPC1Dを用いた。PC1Dに表面再結合パラメータ（表面電荷数 N_{ss} と表面再結合速度 S_r ）を導入し、それらのパラメータを変化させた結果と実測結果との比較を図1に示す。図よりスーパーニアリティの形状や値は N_{ss} に、内部量子効率(QE)は N_{ss} と S_r に大きく依存することがわかった。また、 $N_{ss}=1.24\times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 、 $S_r=500 \text{ cm/s}$ の時、実測のピーク値が一致する結果となった。これらの表面再結合パラメータ値の妥当性を検証するため、内部量子効率の実測結果とPC1Dでの計算結果を比較したところ、良好な一致が得られた。よって、この表面再結合パラメータを導入することで、PC1Dを用いてSi-PDのスーパーニアリティや内部量子効率の予測することが可能となる。

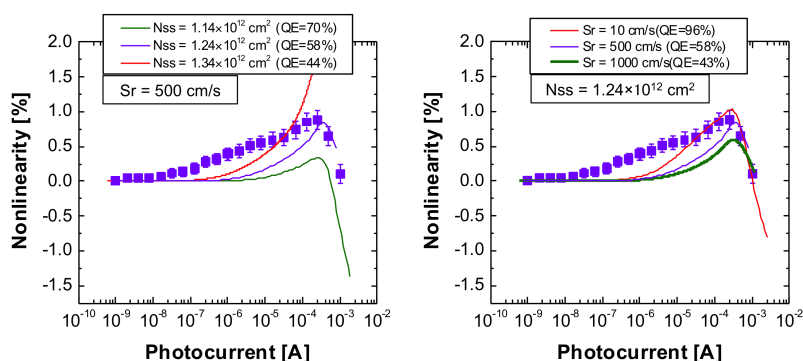


図1 PC1Dで表面再結合パラメータを変化させた計算結果と実測結果との比較

参考文献

- [1] M. Tanabe et al, Applied Optics Vol. 54, Issue 36, pp.10705-10710 (2015).
- [2] M. Tanabe et al, Applied Optics Vol. 55, Issue 11, pp. 3084-3089 (2016).