

シリコンフォトダイオードの応答非直線性の抑制と理論予測

Theoretical prediction and suppression of nonlinear behavior of silicon photodiode

産総研 計測標準 °田辺稔, 座間達也, 部洋司

AIST NMIJ °Minoru Tanabe, Tatsuya Zama, and Hiroshi Shitomi

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

シリコンフォトダイオード(Si PD)は、広範な光パワーレベルや波長範囲での絶対値測定が可能な光検出器の一つであるため、測光・放射測定で一般に用いられている。しかし、そのような広いパワーレベルや波長範囲で精密な光測定を実施するには、入射光の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、光電流数十 μA 程度の領域で、応答が増加する非直線性（スーパーニアリティ）や、応答が減少する非直線性（飽和）を示すことがある。スーパーニアリティは、Si PDの空乏層外で発生したキャリアが、Siバルク内やSi表面で再結合されずに光電流となって検出される現象であり、空乏層外での発生キャリア数に左右される。また、飽和は、Si PDの内部で生じるシリーズ抵抗が原因であり、発生光電流に起因する現象である。我々は、これまでに、あるSi PDの応答非直線性の実測と理論モデルの比較による定量的な解析から、応答非直線性の発生要因を明らかにした [1,2]。本研究では、微小パワーから数mA超の広いパワーで精密な光測定を実現することを目的として、これまでの定量的な解析結果に基づいた応答非直線性の抑制手法の開発と妥当性検証を行った。

これまでの研究結果から、Si PDに逆バイアスを印加して空乏層を広げ、バルク内でのキャリアの再結合ロスを減少させることで、スーパーニアリティを抑制できると予測できる。また、飽和の抑制については、Si PDに逆バイアスを印加して、実効的なシリーズ抵抗を減少させ、飽和光電流レベルを上昇させることができる。そこで、あるSi PDに対して760 nmでの応答非直線性の逆バイアス印加依存特性の測定を実施した。図1は、逆バイアス0 V, 30 V, 70 Vを印加した時の応答非直線性の実測結果である。図1の結果から、逆バイアス0 Vでは、最大1.5%のスーパーニアリティが見られ、光電流50 μA 近傍で飽和が発生した。一方、70 Vの条件では、逆バイアス印加によって、2 mA超まで飽和光電流レベルが上昇し、スーパーニアリティを0.5%未満のレベルに抑制できた。さらに、スーパーニアリティの理論モデル[1]に基づく計算結果を図1に線で示す。実測と理論計算の結果に良好な一致が得られ、逆バイアス印加によるスーパーニアリティ抑制の効果を予測可能であることが分かった。これらの結果は、微小パワーから数mA超の広いパワーで応答非直線性が補整できることや印加逆バイアスの最適化などの精密な光測定を実現する基盤技術として応用可能である。

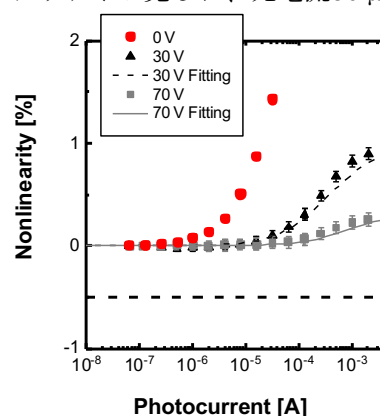


図1 760 nmでの応答非直線性の逆バイアス印加依存特性と理論モデルとの比較

[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).