シリコンフォトダイオードの内部量子効率と応答非直線性の関連性に関する実験的検証

Experimental validation on the relationship between internal quantum efficiency and nonlinear behavior of silicon photodiodes

産総研 計量標準総合センター °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、7桁超の広い光パワー範囲や可視光から近赤外の波長範囲で応答を示す光センサである。このSi PDを用いて絶対的な光パワー計測を実施するには、光の入射波長に対するSi PDの応答度(A/W)を校正する必要がある。ところが、その校正時の光パワーは数十□Wレベルに限定されており、広い光パワーに対して同様の応答度かどうかは不明である。理想的なSi PDは、広い光パワーに対しても応答度が同じ、つまり応答直線性を示すが、ほとんどのSi PDは、ある入射パワーから応答が増加する非直線性（スーパリニアリティ）を示す。この非直線性は、Siバルク内やSi PDの表面でのSi PDの内部量子効率の低下が原因である。これまでの研究では、このスーパリニアリティの実験的評価や、その結果とSi PDの内部量子効率に基づく理論モデルとの比較・検討が実施されてきた[1,2]。今回、このSi PDの内部量子効率とスーパーリニアリティの関連性に関する実験的評価と、その考察を実施した。

ある市販のSi PDに対して、可視光から近赤外の波長範囲のレーザを用いて、応答非直線性を取得した結果を図1に示す。図1は、Nonlinearityが0の時、応答が直線であることを示している。図1より、ある入射パワーから応答が増加するスーパリニアリティと、その波長依存性が示されている。スーパリニアリティの最大値は、波長405 nmで1%弱、980 nmで6%であった。次に、このSi PDの絶対応答度と反射率を測定し、内部量子効率を実験的に評価した結果を図2に示す。図2より、内部量子効率の損失は、波長405 nmで70%程度、980 nmで9%となった。スーパーリニアリティと内部量子効率の値を比較すると、405 nmでは1桁以上の差があるのに対して、980 nmでは比較的同程度の値であることがわかった。講演では、Si PDの応答非直線性と内部量子効率の測定の詳細、これらの比較検討結果について討論する。

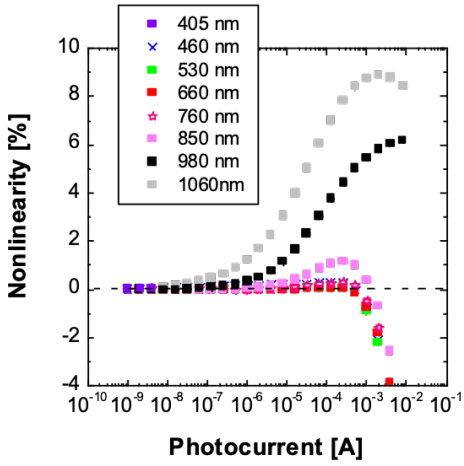

図1　Si PD の応答非直線性

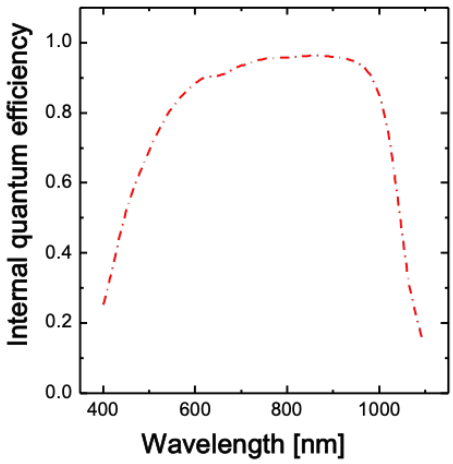

図2　Si PD の内部量子効率

[1] M. Tanabe et al, Applied Optics Vol. 54, pp. 10705-10710 (2015).

[2] M. Tanabe et al Applied Optics, Vol. 55, pp. 3084-3089 (2016).

© 2019年 応用物理学会