

近赤外波長帯におけるシリコンフォトダイオードの応答非直線性

Nonlinear behavior of silicon photodiode in near-infrared region

産総研 計測標準 田辺稔

AIST NMLJ Minoru Tanabe

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

シリコンフォトダイオードは、ナノワットからミリワットの広い光パワーレベルや可視光から近赤外の波長範囲で精密な光測定が可能のため、光パワーメータ、照度計や輝度計、放射温度計などといった計測機器に利用されている。このような光測定で用いられるSi PDは、光の入射波長に対する応答度を校正することにより、放射束の絶対光パワーなどのほか、測光量や放射量を評価することができる。ところが、その校正時の光パワーは数十 μ Wレベルであるため、広い光パワーに拡張するには、応答の直線性を評価する必要がある。理想的なSi PDは応答出力が直線的であるが、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（スーパーニアリティ）を示す。スーパーニアリティは、バルク内やSi表面での再結合損失の割合が減ることにより光電流となって検出され、応答度が正味増加する現象である。これまでの研究では、Si PDの受光面積より小さなレーザビーム径での照射条件（アンダーフィル照射条件）における応答非直線性の波長依存性の評価や解析[1]や、可視光で、Si PDの受光面積より大きなレーザビーム径での照射条件（オーバーフィル照射条件）における応答非直線性の波長依存性の評価を実施した[2]。アンダーフィル照射条件では、可視光よりも近赤外の方が3,4倍大きなスーパーニアリティが発生している。よって、オーバーフィル照射条件でも大きなスーパーニアリティが予測される。特に、近赤外光におけるオーバーフィル照射は、放射温度計の評価に重要であるため、評価が必要である。

ある市販のSi PDに対して、波長760 nm, 850 nm, 915 nmのレーザを用いて、オーバーフィル照射条件における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の結果から、光電流が数十 μ A超において、応答度が増加するスーパーニアリティが観測され、その値が発生光電流（入射光パワー）とともに大きくなった。また、波長が長い方が、スーパーニアリティの値が大きくなる波長依存性も観測でき、アンダーフィル照射条件での評価と同様の結果となった。アンダーフィルと比較して、3,4倍程度大きなスーパーニアリティの値となった。発表では、これらの結果の原因について討論する。

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

[2] M. Tanabe et al, Applied Optics Vol. 57, pp. 3575-3580 (2018).

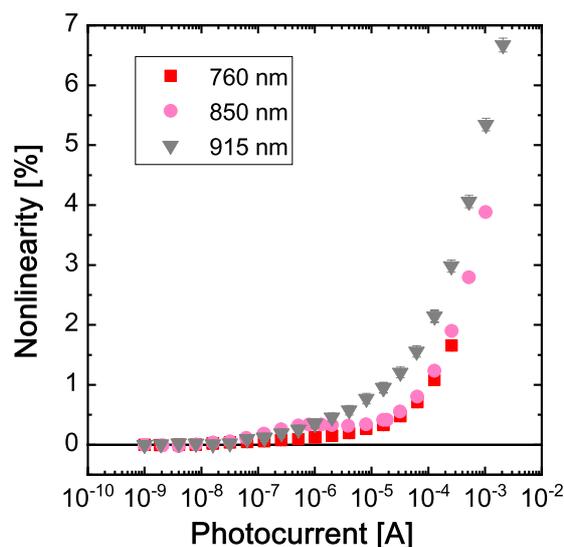


図1 Si PDの応答非直線性