ディテクタの応答非直線性とピコアンメータの非直線領域

渡邊 良一、猪狩 真一、周 泓、武田 俊輔 産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 評価・標準チーム 研究背景·目的 リニアリティ比 /⁽ⁿ⁾の算出による応答非直線性の評価 装置性能の改善と校正手順の高度化により、基準太陽電池デバイス校正の支配 ● 積分球にLEDの発光を入射し、その光量を制御してディテクタの出力を計測する。 的な不確かさ要因をスペクトルミスマッチ補正係数(MMF)に落とし込めた。 MMFの不確かさは、分光放射計校正用光源の不確かさと、校正用光源とソ ディテクら ミュレータの強度差による分光放射計の応答非直線性が主要因である。 本研究の目的は、高速型グレーティング分光放射計の内蔵する各種デ USB パソコ ピコアン ティング分光放射計の内蔵する各種ディテクタの 応答直線性を積分球光源法で評価し、それらの適合性を確認することである。 ND 74M ND ZANS -D I_{AF} 分光器の分担波長 ディテクタ 積分球 ſĊ **r**AB $I_A + I_B$ ① UV分光器:250 nm-390 nm 光電子增倍管 (PMT) LED B ソーフ メータ LED A ② UV-VIS分光器: 391 nm-570 nm Siフォトダイオード A型 ③ VIS分光器:571 nm-750 nm Siフォトダイオード B型 図1 積分球光源法によるリニアリティ比測定図 ④ NIR分光器:751 nm-960 nm Siフォトダイオード B型 先行研究 o Shin, Seongchong Park, Ki-Lyong Jeong, Seung-Nam Park and Dong-Hoon Lee, curacy measurement of linearity of optical detectors based on flux addition of LEDs in an integrating sphere InGaAs PINフォトダイオード A型 ⑤ IR1分光器:961 nm-1580 nm High-accuracy measu Metrologia, Volume 5 surement of linearity of optical of 51, Number 1, pp. 25-32, (2014). ⑥ IR2分光器:1581 nm-2500 nm InGaAs PINフォトダイオード B型 積分球光源法と重畳法を併用し、均一光照射による安定な評価が可能である。 リニアリティ比パのは、重畳法を応用したリニアリティ評価指標である。 LEDA、LED_Bを点灯した時のディテクタ電流を/A、/B LEDAとLED_Bの両方 を点灯した時のディテクタ電流を/ABとしてリニアリティ比 rABを算出する。 理想的なリニアリティ比は1であり、1から外れた領域が応答非直線領域である。 NIR分光器 ディテクタSi B型 リニアリティ比 LED中心波長890 nm Siフォトダイオードの非直線性の評価 リニアリティ比 Si_B リニアリティ比 測定レンジ20 #A リニアリティ比 ^{リニアリティ比} SLB リニアリティ比 測定レンジ20 nA リニアリティ比 Si_B リニアリティ比 測定レンジ200 nA Si B リニアリティ比 測定レンジ2 nA • .004 1.002 002 .004 .002 • . . 0.998 表2 標準電球及びソーラシミュレータ 993 測定時のディテクタ電流 LED中心波長890 nm 0.996 0.996 雷流(A 調準管球 電流() 0.99 1.E-07 1.E-10 1.E-09 1.E-07 1.E-06 1.E-11 1.E-10 1.E-09 1.E-08 1.E-08 inn v 12 1075.49 (pA) 149.90(pA) 図2 Si B型 リニアリティ比 測定レンジ20 nA 図3 Si B型 リニアリティ比 測定レンジ200 nA 図4 Si B型 リニアリティ比 測定レンジ2 nA 図5 Si_B型 リニアリティ比 測定レンジ20 µA ディテクタ電流1.2 nAのリニアリティ比が測定レンジ20 nAと200 nAで異なる。測定レンジ2 nA、200 nA、20 Si_B型 応答非直線性 LED中心波長 μAで、リニアリティ比の増加・減少する特異点(応答非直線領域)が存在する。 *** 1.004 シュミュレータ 表1 Si_B型のリニアリティ比が増加・減少する特異点 ピコアンメータは 2 nAと20 nA, 200 nAと2 // A, 20 // A 測定 レンジ(A) リニアリティ比 の特異点(A) 特異点/ 測定レンジ と200 µ Aとニレンジごとにゲインを切り換える。リニア ゲイン切換 リティ比の特異点と各測定レンジの比を取ると、2 nA、 ゲイン1 2 n 12 p(1.2E-11) 6.0E-03 0.99 200 nA、20 μAレンジでは6.0E-03、20 nA、2 μAレン 20 n 12 p(1.2E-11) 6.0E-04 ジ では6.0E-04と、規則性が有る。このことから、ピコア 0.99 200 n 1.2 n(1.2E-09) 6.0E-03 ゲイン2 ンメータ自身のゲインの入出力特性に非直線領域が存 電流(A 1.2 n(1.2E-09) 6.0E-04 2μ 在する可能性を見出した。 1 E-09 1 E-08 1 E-07 1 E-06 サイン3 20 µ 0.12 µ (1.2E-07) 6.0E-03 図6 Si_B 型の低電流稼働領域で観測される応答非直線性 −タの非直線領域の測定 ピコアン測定値/入力電流とリニアリティ比換算 測定レンジ200 nA コアンメ ビコアン測定値/入力電流
 リニアリティ比換算 ピコアン測定値/入力電流 測定レンジ20 n/ ピコアン測定値/入力電流 測定レンジ200 n/ 1.008 1.006 1.004 1.002 1.002 1 0.998 1.008 1.006 1.004 1.002 デンタル 維持BOX 製作施算 .008 .006 .004 ハンカ電波 憲法価/人力電流 .004 • DC電源 ... 1 0.998 0.996 0.994 0.992 .002 V 1).998).996).994 ā a). 11 0.99 ļ 1 5 Ϋ́τ. A 0.99 0.99 10 入力電流(nA) 入力電源 図10 ピコアン測定値/入力電流 測定レンジ200 nA 図8 ピコアン測定値/入力電流 測定レンジ20 nA 図9 ピコアン測定値/入力電流 測定レンジ200 nA リニアリティ比は、1/2の入力電流を基準とした式であるこ 図7 ピコアンメータ 非直線測定回路図 測定レンジ200 nレンジでは、0.2 nA~1.2 nAの範囲で(ピコアンメー とから、測定結果の任意入力電流の(ピコアンメータ測定 タの測定値/入力電流)が1以下に減少していく。この点が、Si_Bのリ デジタルマルチメータをDC電源の出 値/入力電流)の値と、その1/2の入力電流時の(ピコアン カに接続し、供給電圧を基準とする ニアリティ比(か)の測定で示した表1のリニアリティ比の特異点1.2 ータ測定値/入力電流)の値の比(リニアリティ比換算)を nAと一致する。 方法。 入力電流は DC 電源供給 電圧 グラフ化すると、Si_Bのリニアリティ比換算のグラフは図10 /基準抵抗値100 MΩと仮定。 となり、図3のSi_Bでの結果と高近似な曲線を描く。 ① ピコアンメータの非直線領域の存在を確定できSiフォトダイオードで観測された応答非直線性がデバイスの特性ではなく、ピコアンメータの特性に よるものであることを明らかにできた。

② ピコアンメータの非直線領域は、0.1 nA以下の電流領域にあるため、この問題を解決する測定にはフェムトピコアンメータの適用が必要である。
③ ピコンアンメータトフェムトピコアンメータによる測定は思ったがにより、評価は思ったがかの単体が設ますにまた。

③ ピコンアンメータとフェムトピコアンメータによる測定結果の比較により、評価結果の最終的な妥当性検証を行う予定である。