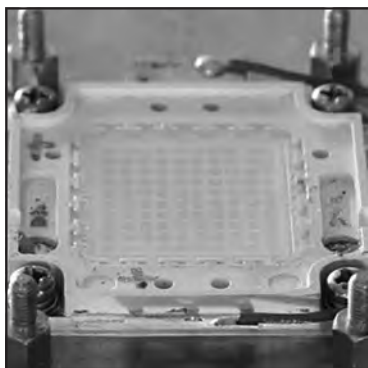


新連載



超低雑音&高精度 200W級4 A定電流源の製作

第1回 低雑音と高精度をめざすためのキ一部分品選定

魚田 隆/魚田 慧 Takashi Uota/Kei Uota

製作する超低ノイズ電流源

● 製作の経緯…太陽電池測定に使う背景バイアス光のLED駆動用

太陽電池の内部等価回路を推測するために、DCバイアス光を当てて短絡時インピーダンスを測定したいのですが、そのときは光電流の雑音が大なる障害になります。詳しくは、2022年6月号「連載FFTアナライザ第13回(最終回)」を参照ください。

光源を低雑音化するためLED化したところ、駆動電源の雑音がLED光に現れるため、超低雑音の定電流回路が必要になりました。

● 要求…直流振幅に対して雑音が-120 dBの電流源が欲しい

測定する試作太陽電池セルの短絡電流 $J_{sc} = 10 \text{ mA}$ 、短絡時インピーダンスがおおよそ $10 \text{ k}\Omega$ と仮定して、バイアス光雑音の要求仕様を考えてみます。

インピーダンス測定時の外部注入信号を $10 \text{ mV}_{\text{RMS}}$ とすると、測定電流は $1 \mu\text{A}$ です。S/Nを40 dBを確保するためには、雑音電流は $10 \text{ nA}_{\text{RMS}}$ 以下が必要です。つまり、照射光による光電流がDC 10 mA 時に、雑音成分は $10 \text{ nA}_{\text{RMS}}$ 以下と6桁比が要求水準です。広帯域では不可能な水準です(解析時に帯域制限する)。

しかも、この要求雑音レベルは、測定したい短絡時インピーダンスに依存します。上記の試算では $10 \text{ k}\Omega$ と仮定しましたが、実測値からは $10 \text{ k} \sim 100 \text{ k}\Omega$ の範囲と思われるため、もう1桁厳しくなりそうです。

測定したい短絡電流がバイアス光から発生し、かつ光雑音がLED光に比例するならば、LED駆動電流に6桁比(120 dB)のS/Nが要求されます。このLED駆動電流源を製作しよう、という課題です。

● 変調機能はもたせないかわりに高安定を目指す

DCバイアス光は変調を想定せず、完全直流光とします。太陽電池の評価時には刺激光も必要ですが、

DCバイアス光より小振幅であるかわりに1 MHz近い帯域が必要です。完全直流光の駆動とは相いれないので、分離すべきです。DC性能と広帯域性能の両立は困難で、どっちつかずの性能となる恐れが大です。

分離の理由はもう1つ、刺激光LEDは太陽電池の吸収波長に応じた単色光で評価したほうが都合がよいこともあります。

● 応用のポテンシャル…最大200 W、40 A程度はOK

本連載で製作する直流電流源は、安定度 $10 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以内を目指して重要部品を仕様数値ごとに評価していきます。読者諸氏の参考になれば幸いです。

本稿で製作する定電流源の主たる用途は先述の通りパワーLED駆動ですが、CWレーザー・ダイオードの駆動、物理実験の精密磁場発生用の電磁石駆動など、電圧と電流の変更で、定電流源の応用範囲は広いでしょう。

本機の基本回路のまま、定数や部品の変更で最大200 W出力(40V5A ~ 5V40A)までは容易に対応できると思います。変更部品については適宜述べます。電圧は最大40 Vまで変更不要で対応できるはずですが、電流は、40 Aまでとりだすとすると、直列制御トランジスタや検出抵抗などの変更が必要です。

部品検討時はRSコンポーネンツなどでの参考価格も示しますが、本稿執筆時の価格です。

今回の要求仕様

● 出力電流4 Aで電圧範囲29 ~ 33 V

駆動対象のLED OSW4XAHEE1E(OptoSupply)の仕様を抜粋して表1、図1に示します。ほかのメーカーからも同等の34V3.5A定格品が2000円以下で販売されています。

発光エリアは約2 cm角、この範囲にチップLEDを10行×10列並べてあり、定格は34V6Aの200 Wです。これを4 Aで駆動する計画です。

製作する定電流源の4 A出力時の電圧範囲は29 ~