

# レーザーダイオードの特性評価とその課題

## 光・電流・電圧(L-I-V)テストとは

光・電流・電圧(L-I-V)掃引テストは、レーザーダイオード(LD)の動作特性を特定する基本測定です。通常、「レーザー・ダイオード・モジュール」は、レーザーダイオードとフォトディテクター(PD)で構成されています。PDは光出力をモニターし、レーザーパワーを制御するためのフィードバックを提供します。製造を経由して市場に投入される前に「性能リニアリティー」の検証によってレーザーダイオードの品質/性能を特定することは重要なプロセスです。

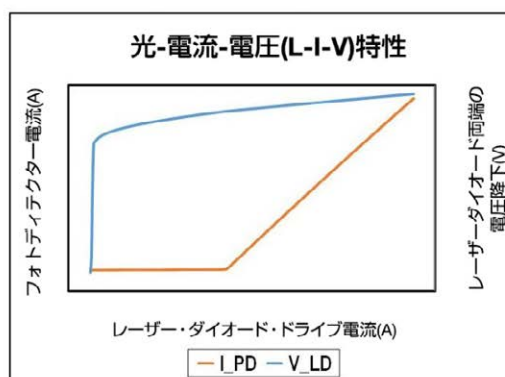
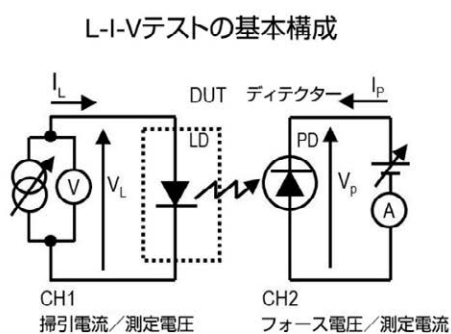


図1：L-I-Vとその特性評価の構成

L-I-Vテストでは、 $\mu\text{A}$ からmAまでの掃引電流をレーザーダイオードに印加します。その結果生じる発光レーザーの輝度を、フォトディテクターを用いて測定します。フォトディテクターの出力は、入力電流値と比較されます。発光レーザーの輝度は、測定されたフォトディテクター電流に基づいて計算されます。さらに、レーザーダイオード両端の電圧降下も同時に測定します。以上から想像

できるように、この測定には、2つの個別デバイス（レーザーダイオードとフォトディテクター）に接続する複数の測定器が必要になります（図1）。正確な結果を取得するために、複数の測定器は互いに同期する必要があります。

## L-I-V特性を評価する理由

光・電流・電圧(L-I-V)特性評価は、レーザーの動作ポイントを特定するために使用されます。すなわち、この評価では、定格光パワーでのドライブ電流と、レーザーが発光し始めるスレッシュホールド電流を特定します。

光・電流・電圧曲線測定的主要な目的の1つは、掃引電流範囲にわたってレーザーダイオードの「キック」現象（急峻なツイスト）を捕捉することです。理想的には、光出力パワーは公称動作範囲全体でドライブ電流入力に正比例するはずですが、

しかし、想定外のステップ、不連続、特性の非線形性によって、不要なモードホッピングや高調波歪みが、アナログファイバー光リンクにわたって送信されるアナログ信号に生じます（図2参照）。よって、製品の歩留まりを改善するためには、モジュール特性評価によってこのような不要な現象をできるだけ早期に捕捉することが重要になります。

光・電流・電圧テストによって、ドライブ電流と光出力パワーの関係のリニアリティを検証できます。これは、製造の早い段階で不良デバイスを検出するのに役立ちます。



光・電流・電圧テストは、ドライブ電流と光出力パワーの関係のリニアリティを検証するものです。

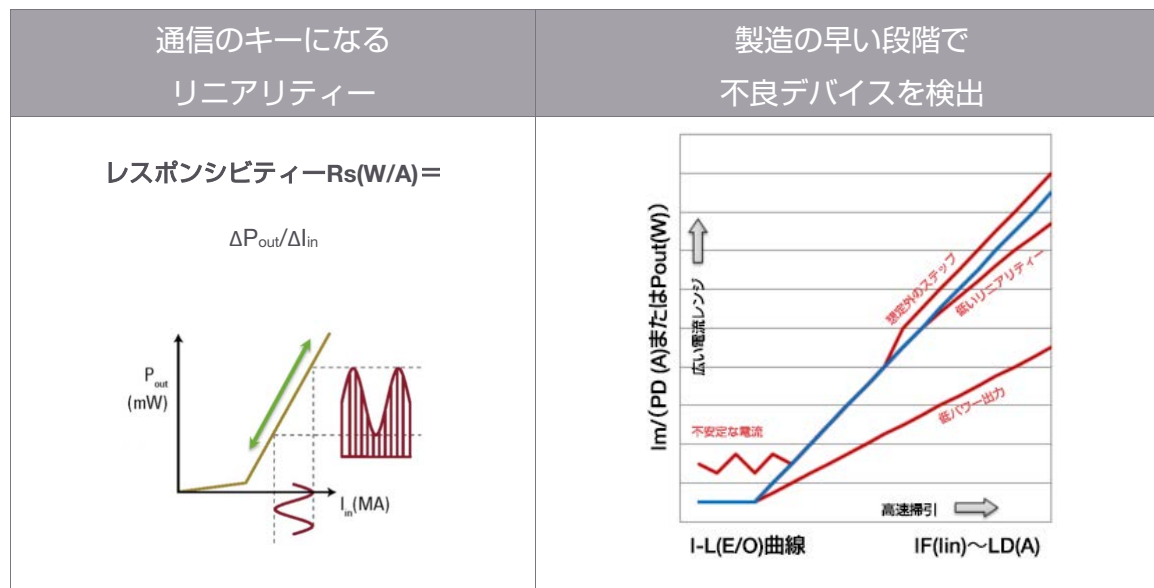


図2：ドライブ電流と出力パワーのリニアリティ

## スロープ効率

光・電流・電圧特性評価の1次導関数は一般的にスロープ効率として表されるもので、これも使用されます。スロープ効率によって「キンク」現象が増幅されるからです。スロープ効率曲線によって、光・電流特性からは発見できない微小な異常を発見できます(図3の左側のグラフを参照)。何らかの異常がある場合、「キンク」現象はスロープ効率曲線上のピークとして容易に特定できます(図3の右側のグラフを参照)。

しかし、測定ノイズが過剰な環境で光・電流特性評価を実行した場合には、スロープ効率上のノイズも大幅に増大して、特性上の「キンク」現象が埋もれてしまいます。よって、測定を実行する光・電流・電圧テストシステムは「キンク」を検出できるくらい十分にノイズが低いことが非常に重要です。ノイズが高くなると、測定によるデバイス不良の検出が非常に困難になります。

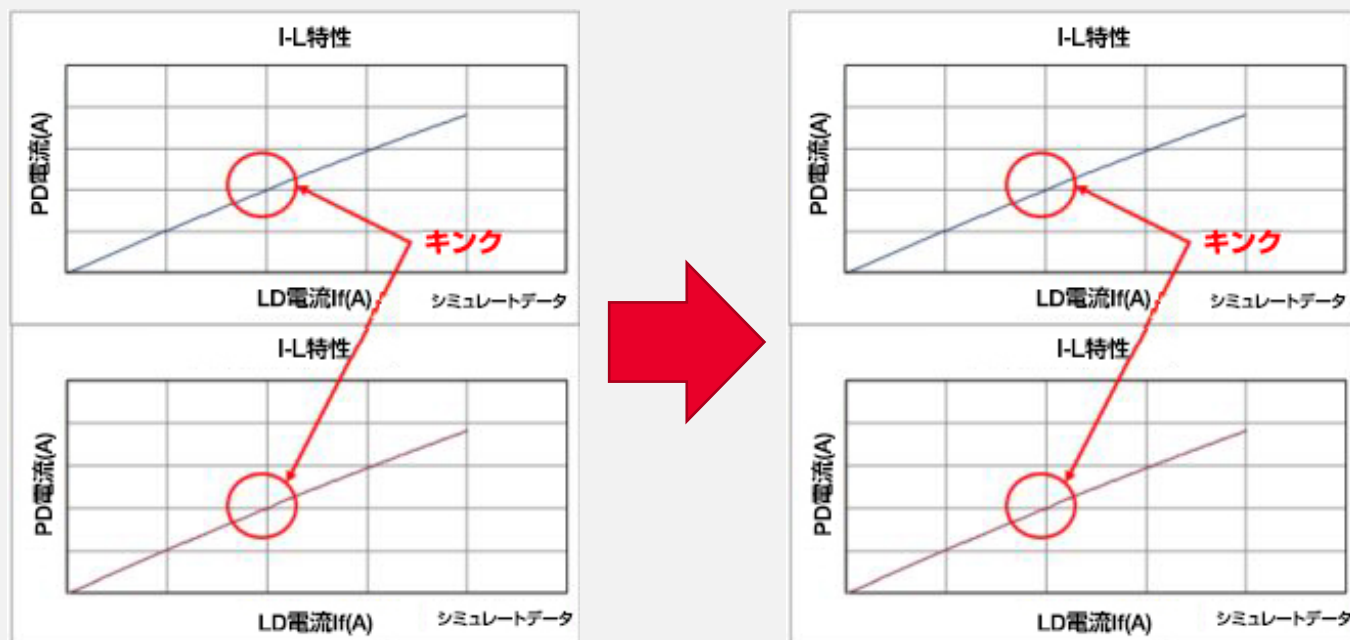


図3：L-I-V曲線から導かれるスロープ効率による、「キンク」現象の捕捉

## L-I-V特性評価の課題

前述したように、光 - 電流 - 電圧特性を測定する主要な目的は、ドライブ電流入力に対する光出力パワーのリニアリティを検証することと、公称動作範囲にわたって「キンク」現象を捕捉することです。

リニアリティを正確に検証する課題はいくつかあります。

1. ドライブ電流入力は広いレンジ全体を掃引する必要があります。通常は $\mu\text{A}$ からA未満の範囲なので、5桁のダイナミックレンジが必要になります。
2. あらゆるキンク現象を見落とさないように、掃引電流ステップは十分に小さくする必要があります。通常、リニアリティを検証するには1掃引当たり1,000ポイント以上が必要です。
3. 適切な測定確度と分解能を実現するために、アパーチャタイムは十分に長い必要があります。

しかし、上記の要素を満たして正確に光 - 電流 - 電圧特性評価を実行するには、長いテスト時間が必要になります。スループットが特に製造では重要なので、テスト速度は、光 - 電流 - 電圧テストにとって最も重要な要素の1つです。特性評価に長時間かかると、自己発熱の問題も発生する場合があります。

レーザーダイオードの特性評価には温度が強い影響を及ぼします。スレッショルド電流は温度に伴って大幅に変動し、レーザー効率も温度の上昇に伴って低下します。よって、測定時間をできるだけ短くして、自己発熱が測定結果に影響を及ぼすのを回避することが重要です。そうしないと、ドライブ電流が増加したときに、蓄積された熱が特性に対して非常に強い影響を及ぼします。

Keysight B2900Aシリーズ SMU (ソース/メジャメント・ユニット) は高速な掃引測定速度を備えていて、電圧/電流掃引測定が必要な製造テストに最適なソリューションです。L-I-V特性評価の要件に対応できる以下のような仕様を備えています。

### LIV測定の課題を解決するB2900A SMUの主要な仕様

- |  |
|--|
| 1. 製造テストに対応できる高速な測定速度  |
| 2. 最大 $\pm 210\text{ V}$ および $\pm 3\text{ A(DC)}/\pm 10.5\text{ A}$ (パルスド) のレンジによる広いカバレッジで、さまざまなデバイスをテスト可能 |
| 3. $10\text{ fA}/100\text{ nV}$ (6- $\frac{1}{2}$ 桁) の測定分解能により、優れた電源/測定性能を実現                               |
| 4. 短時間でベンチトップテスト、デバッグ、特性評価が可能  |

## SMUによる測定効率の向上

従来の別のタイプの測定器よりも優れた、SMUの利点について紹介します。

図4の左側の例を参照してください。従来のベンチトップ測定器を使用した場合、被試験デバイス(DUT)の複数ポイントで、電圧と電流の両方に対してフォースと測定の機能が 필요합니다。異なる測定器のセットアップと接続は非常に複雑になる可能性があります。電源、電流源、電圧計などをセットアップする必要があります。

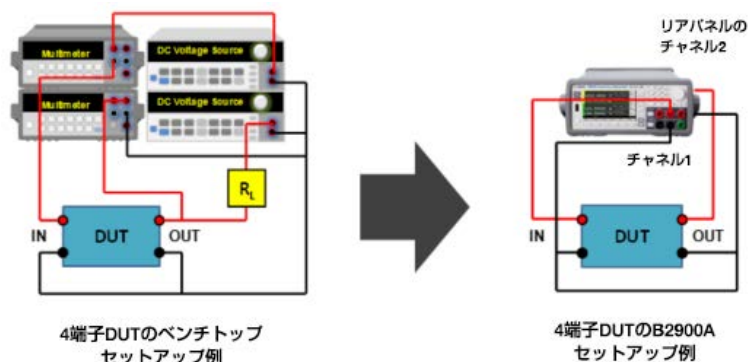


図4：従来の測定器のセットアップ対SMU

## プレジジョンSMUと従来のSMUの結果比較

ここまでL-I-Vテストの測定の課題について説明しました。ここでは、従来のSMUと比較したときのB2900A プレジジョンSMUの性能を説明します。図5の右側は、実環境におけるB2900Aと従来のSMUの掃引速度の比較です。レーザーダイオードの電圧降下は標準半導体ダイオードと同様で、多くの場合、電気特性評価中に測定されます。これらの測定は、Keysight B2900Aと別の従来のSMUを使用して同じ条件で実行しました。

ドライブ電流の掃引範囲は0 Aから300 mAで、掃引ポイントは2,500です。レーザーダイオード両端の電圧降下は20  $\mu$ sのアパーチャタイムで測定し、デバイスを保護するために3.5 Vのリミットを設定しました。測定結果は互いに十分な相関があります。

このテストによれば、Keysight B2900Aでは200 msec以内に測定が終了しています。しかし、従来のSMUでは、B2900AシリーズSMUと同じ測定条件で、380 msecもかかっています。

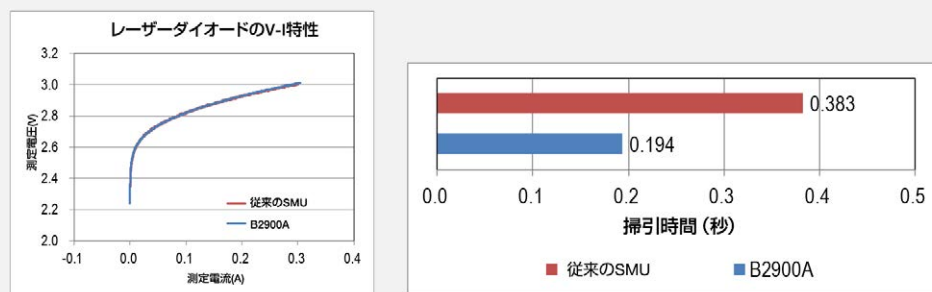


図5：N2900A対従来のSMUの掃引測定速度の比較

以下の図6に、各SMUが掃引測定を実行して、結果をGPIB接続を介して転送するまでにかかる最高速度を示します。図のように、1秒でKeysight B2900Aシリーズ SMUが測定できる回数は、従来のSMUの2倍以上です。

### 1秒当たりの掃引動作の最大測定速度 (ソース/メジャーからGPIBまで(50 Hz))

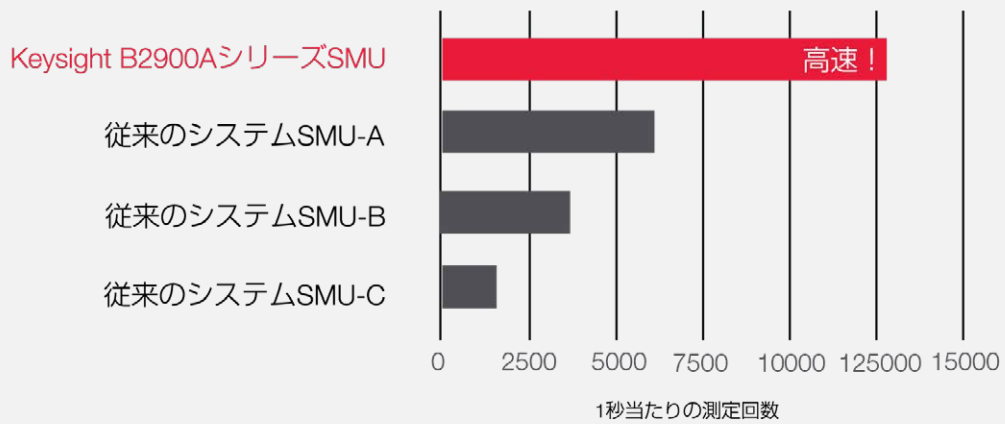
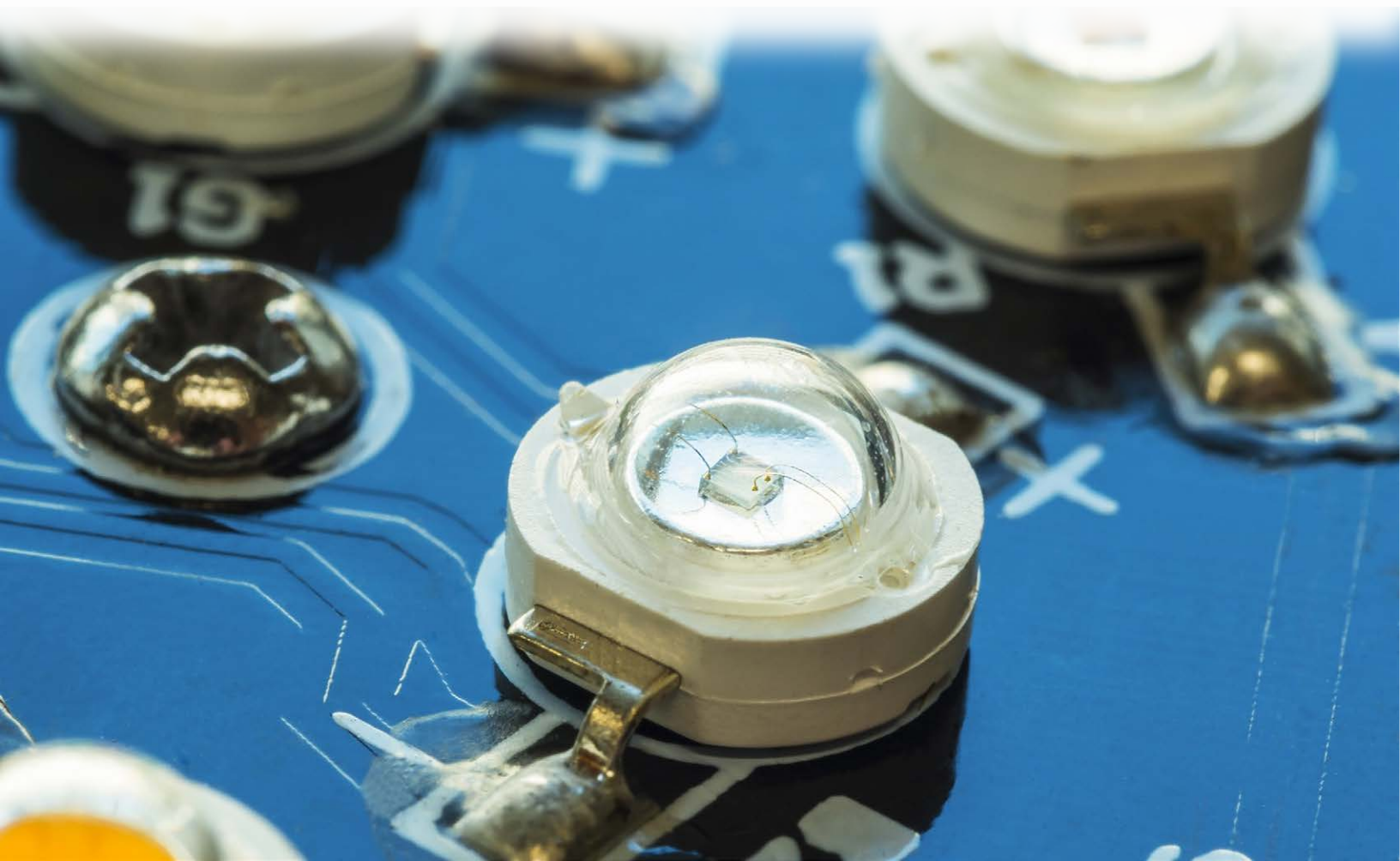


図6：B2900A対従来のSMUの測定速度の比較



## 低ノイズフロアによる正確かつ安定したテスト結果

測定の電気ノイズによって、測定結果の確度／分解能が大幅に劣化する可能性があります。以下の図7は、従来のSMUとKeysight B2902Aの両方を使用したときの、フォトダイオードの順バイアス特性評価の測定結果です。ダイオード両端の電圧降下の掃引範囲は0 Vから2 Vまでで、掃引ポイントは2,500です。電流測定は20  $\mu\text{sec}$ のアパーチャータイムで実行され、測定時間を最小化するために10 mAの固定測定レンジを使用して動作させました。

この結果から、電流-電圧測定実行時のB2902Aのノイズフロアは従来のSMUの10分の1未満であることが容易にわかります。光-電流-電圧測定では、レーザーダイオードの光出力パワーは、フォトダイオード電流測定を介して測定する必要があります。

レンジの変更には余分な時間が必要になるため、固定測定レンジを使用すれば測定時間を最小化できます。これにより、測定中に自己発熱がレーザーダイオード特性評価に影響を及ぼすことも回避できます。

よって、測定器は高い測定分解能のみならず、低ノイズフロアを備えていることが重要になります。これにより、短時間で正確かつ安定したテスト結果を取得することができます。

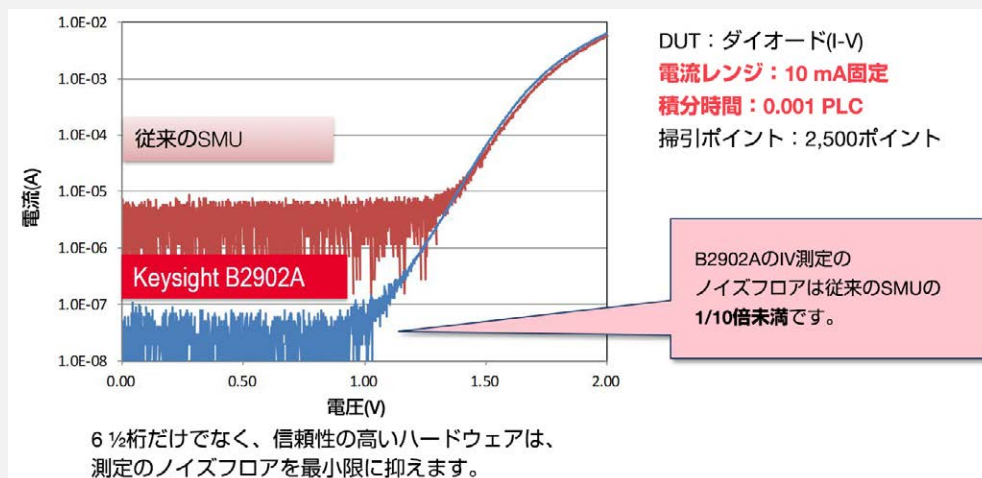


図7 : B2900Aおよび従来のSMUのノイズフロア

## レーザーダイオードのLIVテストセットアップ

図8は、レーザーダイオードの光・電流・電圧特性評価向けの一般的なベンチトップ・テスト・システムのセットアップです。多くのレーザー・ダイオード・パッケージには、背面モニター・フォト・ダイオードが組み込まれていて、これはレーザーダイオード回路向けのフィードバックソースとして使用されています。

光出力パワーは、外部フォトディテクターを使用して積分球を介してレーザーダイオードの前面で測定する必要があります。よって、テストシステムでは、レーザーダイオード、背面モニター・フォト・ダイオード、外部フォトダイオードに各々対応する3チャンネルのSMUが必要になります。



### まとめ

この技術記事では、レーザーダイオードのLIVテストと、製造の早い段階で不良を検出するL-I-Vテストの重要性について説明しました。このテストの測定の課題についても説明しています。このような課題には、広いドライブ電流レンジ、細かな掃引電流ステップ、測定速度などがあります。さらに、高精度SMUと従来のSMUのテスト結果の相異を整理しました。高速な測定速度、広い電流レンジ、低ノイズフロア、高速な解析ツールを備えた適切なSMUを使用すれば、短い測定時間で正確かつ安定した結果を取得できます。キーサイトのプレジジョンSMUの詳細については、次のページをご覧ください：[www.keysight.co.jp/find/smu](http://www.keysight.co.jp/find/smu)

## 詳細情報：[www.keysight.co.jp](http://www.keysight.co.jp)

キーサイト・テクノロジー株式会社  
本社 〒192-8550 東京都八王子市高倉町9-1

### 計測お客様窓口

受付時間 9:00-12:00 / 13:00-18:00 (土・日・祭日を除く)

TEL：0120-421-345 (042-656-7832) | Email：[contact\\_japan@keysight.com](mailto:contact_japan@keysight.com)

