

#11

レーザーダイオードのパルス駆動

APPLICATION NOTE

レーザーダイオードのパルス駆動

By Doug Hodgson, Kent Noonan, Bill Olsen, and Thad Orosz

初めに

比較的高いピーク出力と効率的な動作により、パルスレーザーダイオード (=パルスLD) は、固体レーザーポンピングやレンジファインディングなどのアプリケーションに最適です。これらのより高いピーク出力は、パルスレーザーダイオードが通常比較的低いデューティサイクルで動作するという事実によって可能になり、そして平均電力を低く抑えられます。その結果、パルスLDは大きな熱を発生しません。一方、CWレーザーダイオード (=CW LD) は、パルスLDよりも多くの熱を処理するように設計されています。これは、連続波動作中にデバイスの熱抵抗により接合部温度が大幅に上昇するという事実に基づいています。

そのため、CWレーザーダイオードは通常、ヒートシンクパッケージに適切にマウントするか、熱電冷却する必要があります。

レーザーダイオードのパルス化は、その品質と熱効率をテストするための強力な分析ツールとなります。この記事では、レーザーダイオードをパルス電流で駆動してテストする方法について説明します。

次に、レーザーダイオードのパルス発生に対し問題になるいくつかの要因を提示し、それらを克服または回避する方法を提案します。

また、ILX LDP-3811パルス電流源を使用して一般的なパルスLDを駆動する簡単な実験例を示します。

ここでは、ダイオードのパルス化に関する問題が脚色されています。

最後に、LDP-3811の典型的なアプリケーションについて説明します。

CWレーザーダイオードをパルス化する理由?

低デューティサイクルでCWレーザーダイオードをパルス化する機能は、ダイオードの評価に非常に役立ちます。アプリケーションは、大きく2つの領域に分類されます。最初は、パッケージ化されたLDの可否テストです。2つ目はデバイスの特性評価です。どちらのアプリケーションも、レーザーダイオードをパルス方式で駆動しても大きな熱は発生しないという事実を利用しています。結果、最小限の熱影響化でのテストと特性評価を行うことができます。

パッケージ前試験

このタイプのアプリケーションでは、半導体製造プロセス後のウェーハまたはバーレベルのテストに低デューティサイクルパルスを使用できます。単一ポイントの光測定またはL / I曲線 (光出力と駆動電流) を実行し、処理後にウェーハを「プレスクリーニング」できます。その後、高価なダイシングおよびパッケージング操作の前に欠陥のあるウェーハを除去し、製造プロセスの歩留まりと性能を確立できます。

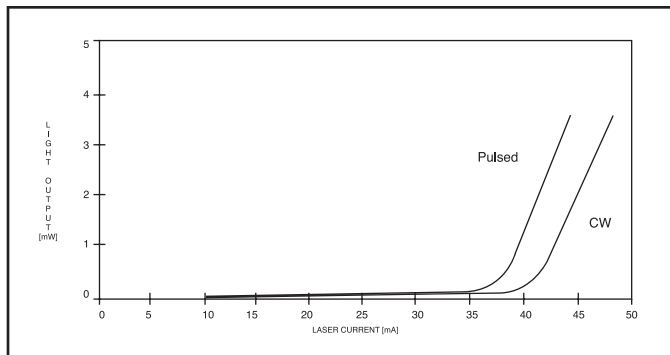


図1：典型的なレーザーダイオードのパルスおよびCW L / I曲線。

特性試験

パルステストの2番目の領域は、パッケージ化されたデバイスの特性評価です。レーザーダイオードの特性評価に関する業界のドキュメントの多くは、パルステストおよびCWテストを推奨しています。(そのようなドキュメントの1つは、Bell Communications Researchから発行された「光電子デバイスの信頼性保証プラクティス」というタイトルのテクニカルアドバイザリーTA-TSY-000983です。)

出力電力、波長、しきい値電流などの温度に敏感なパラメータは、パルス動作とCW動作を比較することで評価できます。

典型的なレーザーのL / I曲線を図1に示します。

これらの曲線は、連続波動作と低デューティサイクルパルスモードで示されています。（パルス曲線と比較して）CW曲線のしきい値電流の増加とスロープ効率のわずかな減少は、主にデバイスの熱抵抗による接合部温度の上昇の結果です。（パルスL/I曲線に使用されるパルス幅は、通常100～500nsで、デューティサイクルは1%未満です。したがって、加熱効果はわずかです。）

パルス対CW L/I曲線を使用して、ダイ/パッケージ間の熱伝達から品質を検証することもできます。

CW動作下での等価ジャンクション温度上昇を計算することにより、温度係数を決定できます。このテスト方法は、温度サイクル試験よりもはるかに短時間で行えます。

また、CW曲線とパルスL/I曲線の異常に大きな差は、レーザーダイの取り付け不良または接合部の漏れを示している可能性があります、多くの場合、レーザー品質の低下を示しています。

これらのテストアプリケーションでは、絶対精度が重要です。CW動作時の性能との相関が必要なため、パルス駆動振幅は正確でなければなりません。他のテストアプリケーションと同様に、再現性も非常に重要です。

パルスLD駆動時の問題

パルス試験では、正確で再現可能な結果を得るためにさらに注意が必要です。

繰返し速度が上がると、CWテストのセットアップでは発生しない追加のノイズ（および時間依存性）が発生します。

次の段落では、関心のある分野をリストし、従えば、成功した安全なレーザーダイオードテストを達成するのに役立つ推奨事項を提供します。

インピーダンス整合

レーザーダイオードを高速でパルス化する場合、電源ケーブル配線が大きな懸念になります。たとえば10nsの立ち上がり時間を実現するには、ケーブルの帯域幅が100MHzを超える必要があります。これらの周波数では、伝送線路理論を使用してシステムの性能が決定されます。（伝送線路理論に関する多くの書籍があります。参考文献1にリストされています。）高速パルスを適切に発振するための基本的な考慮事項は、パルスLD駆動時に適切に制御されたインピーダンスを維持することです。きれいなパルス波形を維持するには、ダイオードへのケーブルを適切に終端する必要があります。LD駆動系の各部分のインピーダンスが異なる場合、接合部での信号の反射により電力出力の損失が発生します。これらの反射により、伝送ライン上に定在波パターンが作成され、パルスにリングングが現れることがあります。この場合、レーザーの歪み、さらには損傷が発生する可能性があります。

ILX LDP-3811電流源の出力段は、標準の50Ω伝送ラインを駆動するように設計されています。LDP-3811は電流源であるため、負荷の不整合による反射はソースインピーダンスに吸収されず、むしろ反射されます。

上記のように、これにより伝送ラインに定在波パターンが発生し、パルスリングングが発生します。レーザーダイオードのダイナミックインピーダンスは通常50Ωよりもはるかに小さいため、マッチングネットワークを使用する必要があります。

最も簡単な形式では、これは抵抗（ダイオードと直列）であり、その値は50Ωとダイオードの動的インピーダンスの差に等しくなります。経験則として、47Ωの抵抗が適切な開始値です。

（下記の「動的抵抗」セクションを参照してください。）

ダイオードに大きな無効成分がある場合、または浮遊無効要素が存在する場合は、追加の整合が必要になる場合があります。

賢明なマッチングには、マイクロ波スミスチャートのテクニックが推奨されます。参照1と2の両方が、このトピックの適切な議論を提供します。

動的抵抗

レーザーダイオードのインピーダンスは複雑ですが、いくつかの簡単な仮定を立てることができます。その性質上、それは非線形です。一致は特定の条件に適用されます。

駆動電源投入、レーザーダイオードは高インピーダンスを示し、その後急激に低インピーダンスに変化します。

この現象は、パルスの立ち上がり時に異常を引き起こす傾向があります。伝送ラインに整合する必要があるのは、低インピーダンス部分です。「オン」抵抗 (R_{on}) の典型的な値の範囲は、 $1/2\Omega$ から 20Ω です。

総負荷整合インピーダンスは 50Ω でなければなりません。したがって、上記のように ($50-R_{on}$) オームの終端抵抗をカソード (同軸中心導体) と直列に挿入する必要があります。

R_{on} の値は、曲線トレーサーまたはテストシステムからの I/V 曲線を使用して簡単に決定できます。または、電圧二一の上の2点を手動で測定することで決定できます。 $R_{on} = (V1-V2) / (I1-I2)$ 。

もちろん、電圧、周波数、または温度によって大幅に変化する抵抗を持つレーザーの場合、除去するのが非常に難しいある程度の不整合と収差があります。

終端抵抗の電力定格にも対処する必要があります。

フル出力では、LDP-3811パルス電流源は12.5Wを供給でき、その大部分は負荷整合抵抗に供給されます。この抵抗の電力定格は、システムによって供給されることが予想されるデューティサイクルでの最大電流を処理するのに十分でなければなりません。

また、抵抗は低インダクタンスである必要があるため、巻線抵抗は使用しないでください。

低しきい値のレーザーを使用する多くのアプリケーションでは、小さなチップ抵抗器 (表面実装型) または金属膜が優れた結果をもたらします。

実装/LD固定

パルス化するレーザーダイオードの取り付けを検討する場合、2つの問題が重要になります。まず、ダイオードへのインピーダンスを制御する必要があります。これは通常、比較的短いリード線の 50Ω 伝送ケーブルを使用することで達成されます。次に、ダイオードに追加される容量を最小限に抑える必要があります。

ダイオードのアノードまたはカソードはケースに接続されることが多いため、これはパッケージの容量を考慮する場合に特に重要です。

LDP-3811電流源出力は、アノードを一定の電圧に保持します。したがって、電流がパルス化されると、カソードの電圧波形は方形波になります。

カソードがケースに接続されている場合 (さらに悪いことに、ケース、マウント、光学テーブル、およびアースに接続されている場合)、これらの構造間の寄生容量により、立ち上がり時間が遅くなり、信号が拾われず、再現性のある結果が得られません。

この静電容量の影響を最小限に抑えるには、レーザーに電氣的に接続された導電性表面をごくわずかに、通常はマウントに数平方インチの金属程度にすることが望ましいです。

もちろん、レーザー接続の一部の構成は、他の構成よりもこれに敏感です。

一般的に、以下を提供するマウントを持つことが望ましいです。

1. システムの他の部分からの電氣的絶縁
2. 最小インダクタンスな伝送ライン終端 (つまり、非常に短いリード線)
3. 良好な熱結合および/または制御
4. 優れた位置決めの再現性
5. テスト対象デバイスへの簡単なアクセス

電気的および熱的絶縁（熱電制御マウントの場合）は、プラスチックネジ（またはプラスチック製の肩ワッシャー付きの金属ネジ）を使用してアセンブリを一緒に保持することにより、しばしば対処されます。コストを正当化できる場合、酸化ベリリウム製の基板を使用すると、1つの材料で絶縁と熱結合を実現できます。

電源アース容量

優れた電源は、フローティング出力を備えています。これは、アースとは異なる電位の負荷に電源を接続できることを意味します。

DC電圧および電流供給の場合、これは内部回路の接地を接地から分離することにより実現されます。

パルス電源では、回路のグランドからアースへの容量結合（通常はトランスの巻線を介した）により、パルス出力が低下する可能性があります。これは、回路の接地がパルスの立ち上がり時間と同じ速度で接地に対して移動する必要がある場合に発生します。

トランスとシャシの浮遊容量により、パルス応答が低下します。ほとんどの場合、これを修正するためにテスト設定の構成を変更できます。

（電力線接続の絶縁トランスは、通常、これらの影響を減らすのに役立ちます。）

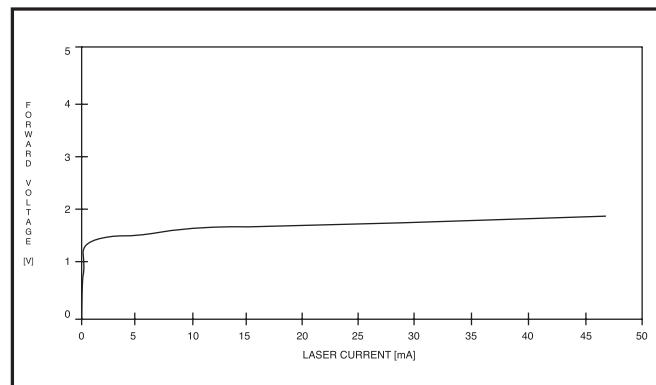


図2：典型的なレーザー電圧V/I曲線。

パルス電圧駆動の欠点

レーザーダイオードのテスト状況では、通常は利便性よりも正当な理由がないため、電圧源でダイオードをパルスすることは比較的一般的な方法です。ただし、レーザーダイオードは本質的に電流依存デバイスであるため、そのように駆動する必要があります。

図2は、レーザーダイオードの一般的なV/I曲線を示しています。デバイスの温度（およびそのV/I特性）が変化すると、電圧が一定に保たれていても、大きな電流変動（したがって、光出力の大きな変化）が生じる可能性があることがわかります。同様に、駆動電圧の非常に小さな変動は、電流と出力電力の劇的な変化に対応します。そのため、電圧源で正確なパルスを実現することははるかに困難です。

電圧源を使用してダイオードをパルス化する場合、ダイオード電流を決定するために経験的な測定が必要になります。

これらの測定は、さまざまなタイプのダイオードについて、または動的インピーダンスの大きな変動が予想される場合に繰り返す必要があります。

電圧パルスには、低インピーダンスのソースという欠点もあります。ほとんどの電圧源には、電流源よりも大きな瞬時電流能力があります。この機能は、パルス発生中の負荷への過渡電流を増加させます。回路が切断され、出力がオンの間に再接続された場合、過渡電流は特に大きくなる可能性があります。

ILX Lightwave LDP-3811電流源でレーザーダイオードを駆動する利点には、負荷に依存しない制御、直流測定、過渡保護、およびデバイスを損傷する可能性のあるオーバーシュートとスパイクの低減が含まれます。

同期データ収集

1つ以上のパラメータが必要なイベントの繰り返し測定を行う

特に、大量の同期データが必要な場合は、非常に退屈で時間がかかります。

ソースと測定機器の両方のリモート制御は、データ収集の自動化に役立ちます。

ILX Lightwave LDP-3811は、GPIB制御とトリガー入出力機能の両方を提供するという点でユニークです。

ホストコンピュータは、 **GPIB** インタフェースを使用して、コマンドを機器に送信して（テスト信号を配信）、別のリモートデバイスからソース機器でトリガーされたイベント（測定）を読み取ることができます。

パルスおよび **CW L / I** 曲線を生成するためのシンプルなシステムは、 **IBM** または **GPIB** インタフェースカードを備えた互換性のある **PC** 、 **GPIB** を備えた **LDP-3811** パルス電源、 **ILX LDM-4407** ダイオードマウント、較正済み検出器、関連する信号処理電子機器、および **HP 3457A** マルチメータ。

GPIB インタフェースにより、最大 **20m** 離れた距離にあるホストコンピュータからパルス電源およびその他の **GPIB** アドレス指定可能な機器をリモート制御できます。

合計 **15** 台のデバイスを同じ **GPIB** インタフェースバスに接続できます。 **LDP-3811** のすべてのフロントパネルコントロールは、インタフェースを介してアドレス指定できるため、迅速で簡単に柔軟なテストのセットアップと制御が可能です。

トリガーイン/アウト機能により、ソース信号と測定信号の同期が可能です。この目的のために、トリガー入力と出力接続の両方が存在します。

両方のトリガー信号は **TTL** レベルと互換性があります。「 **EXT TRIG** 」モードの場合、ダイオードパルスは「 **TRIG IN** 」ポートからの外部制御の下でトリガーされます。このポートは、外部イベントでダイオードへのパルスを同期するために使用されます。パルス幅は **3811** から設定されます。

「 **TRIG OUT** 」ポートは、電流源パルスから駆動されます。外部イベントをレーザー駆動パルスに同期させるために使用されます。

これは、ボックスカー統合やサンプルホールドホールドなどの高速光パルス測定時に役立ちます。トリガーの入力/出力遅延とジッターは、現在の出力パルスに対して指定されます。

これは、測定システムをセットアップして調整するとき重要です。これらの遅延は、光源パルスと結果の光パルス間の遅延と同様に考慮される必要があります。

実験

以下の実験の目的は、レーザーダイオードを駆動する際のパルス波形に対する不整合と浮遊リアクタンスの影響を示すことです。

テスト構成ごとに、ダイオードパルスとその結果の光出力が記録され、テスト設定の変更によって生じるパルス波形の変化が示されます。

光パルス応答は、 **L / I** 曲線の傾きによって駆動電流の変動を増幅します。

これらの実験で使用した基本的なテスト設定を図 **3** に示します。

セットアップには、 **ILX Lightwave LDP-3811** パルス電流供給、 **50Ω** 伝送ケーブル、 **Mitsubishi 4405** レーザーダイオード、 **ILX LDM-4412** 温度制御レーザーダイオードマウント、 **Newport 875** 高速 **PIN** 光検出器が含まれます。

前述の潜在的な問題のいくつかを説明するために、 **LDP-3811** からレーザーへのインタフェースの変更が行われ、その効果が文書化されました。

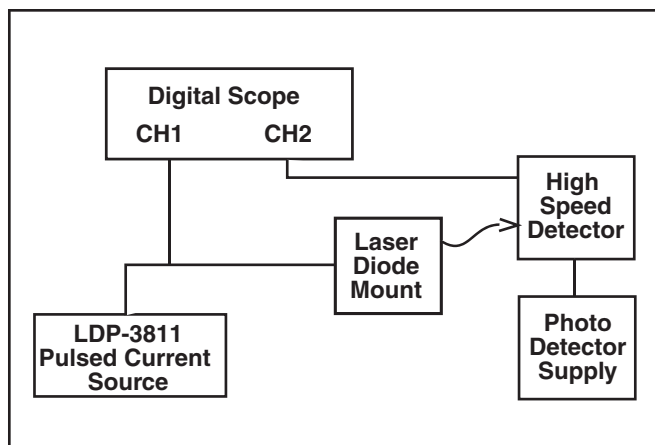


図3：実験テストのセットアップ。

このテスト設定で使用される機器は、 **ILX LDP-3811** パルス電流源、テクトロニクスデジタルスコープ、ニューポート高速検出器、および **ILX** カスタム **TO5** レーザーダイオードマウントです。

以下のすべてのオシロスコープトレースでは、上のチャンネルがチャンネル1、チャンネル2が光パルスであることを注意してください。

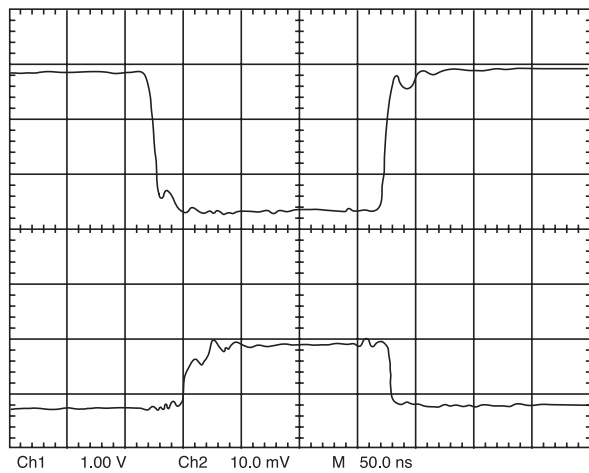


Figure 1A: 45 ohm load in series with laser diode (good load matching)

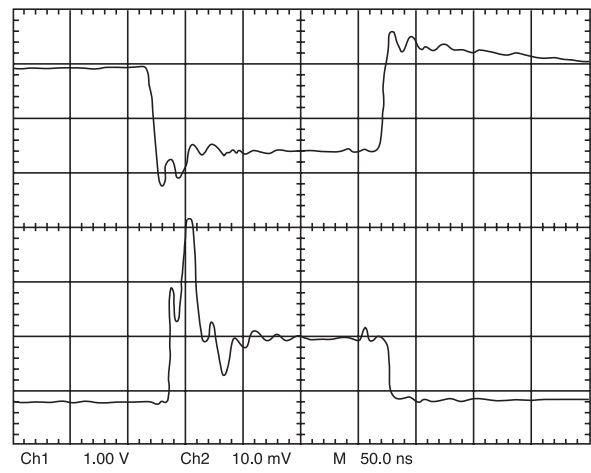


Figure 1B: 25 ohm load in series with laser diode (load mismatch)

実験1：最初の実験では、パルス波形に対する負荷の不整合の影響を示します。
 図1Aは、45Ωの直列抵抗を備えたダイオードのパルス応答を示しています。これにより、負荷での良好なインピーダンス整合が実現します。
 図1Bは、45Ω抵抗を25Ωに変更した場合の応答を示しています。これは、約2対1の不整合を表しています。ミスマッチにより、パルスが安定する前に入力トランジェントと追加のリングングが大幅に増加しました。

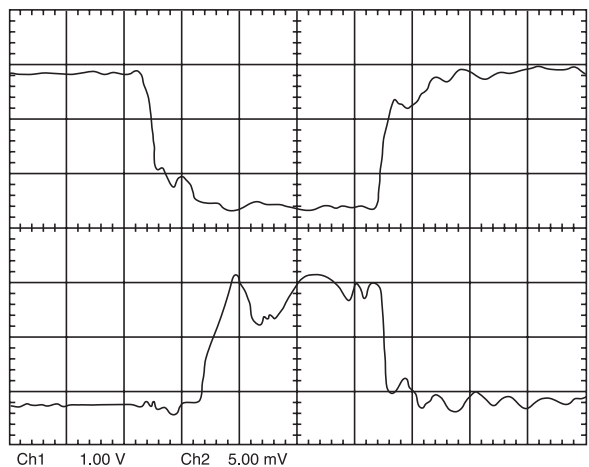


Figure 2A: Cathode connected to mount (added capacitance)

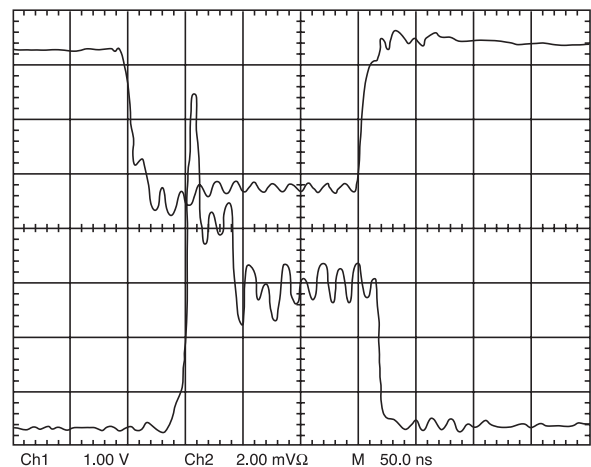


Figure 2B: 4" wire added to "good" cable (added inductance)

実験2：2番目の変更は、負荷に浮遊リアクタンスインピーダンスを追加することでした。
 図1Aに戻ってください。これは、良好な負荷整合（45Ω抵抗）を備えた標準応答を示しています。
 図2Aは、容量性リアクタンスを追加した場合の効果を示しています。このグラフでは、駆動ケーブルのカソードを光学テーブルに電気的に接続しました。
 図2Bは、誘導性リアクタンスの増加の影響を示しています。このグラフでは、4インチの28 AWGワイヤを、ダイオードマウントの50Ωケーブルのアノード側とカソード側の両方に追加しました。追加された誘導リアクタンスにより、電流スパイクが増加します。ミスマッチの結果として、大きなリングングも発生します。

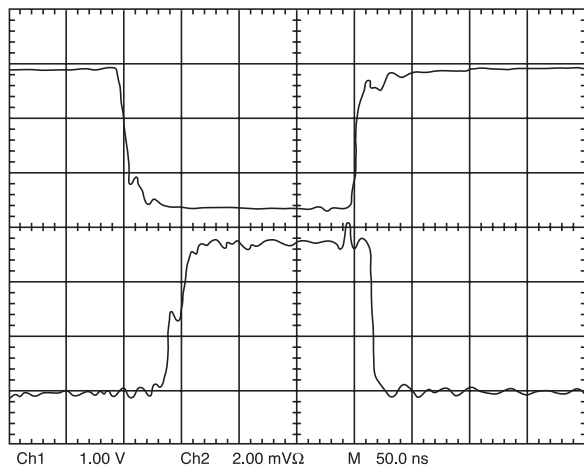


Figure 3A: 50 ohm load
(45 ohm load in series with laser diode)

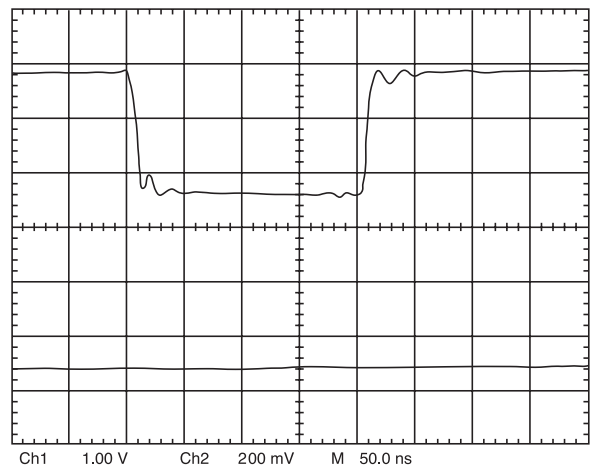


Figure 3B: 50 ohm resistive load only

実験3：純粋な抵抗負荷と非線形インピーダンスのダイオードの負荷の違いを示すために、2つの条件を記録しました。

図3Aでは、45Ω抵抗のダイオードが負荷として使用されました。

図3Bでは、50Ωカーボン抵抗器が負荷として使用されました。特にターンオン時には、波形にわずかな違いがあります。これは、ダイオードが最大のインピーダンス変化を通過する場所です。ターンオンとダイナミックインピーダンスはダイオードによって異なるため、50Ωの抵抗負荷とは駆動波形が大きく異なる場合、追加の負荷整合素子が必要になります。

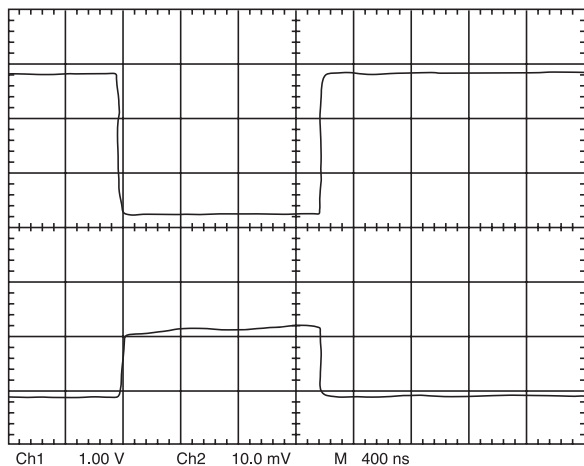


Figure 4A: Grounded anode

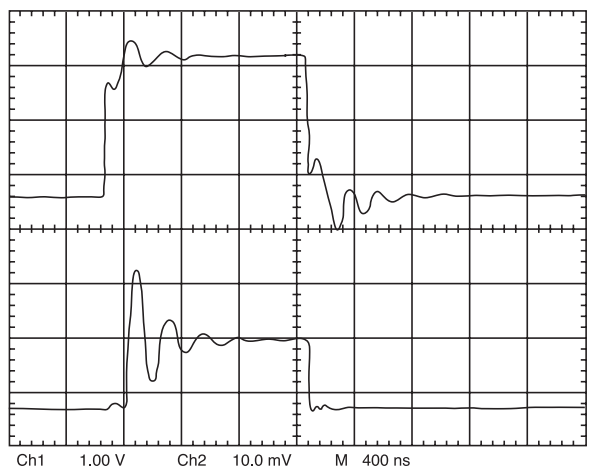


Figure 4B: Grounded cathode

実験4：この実験では、カソードを接地する効果を記録しました。

図4Aは、標準構成（ダイオードのアノードが接地されている場合）の応答です。

図4Bは、ダイオードのカソードが接地されている場合の応答です。リングングは、LDP-3811出力ステージで見られる容量性リアクタンスの追加によるものです。また、容量性リアクタンスが追加されるため、立ち上がり時間が大幅に低下します。

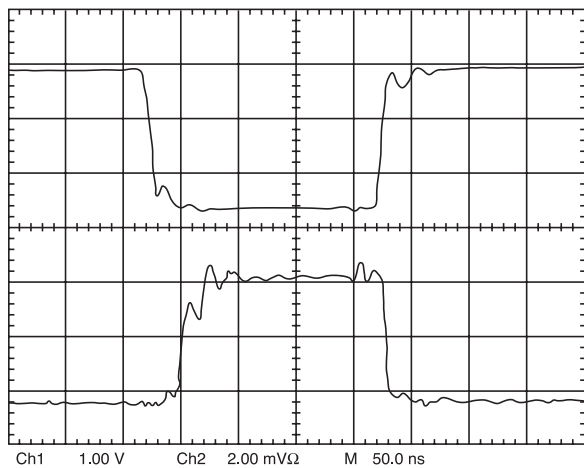


Figure 5A: Laser diode with LDP-3811 Pulsed Current Source

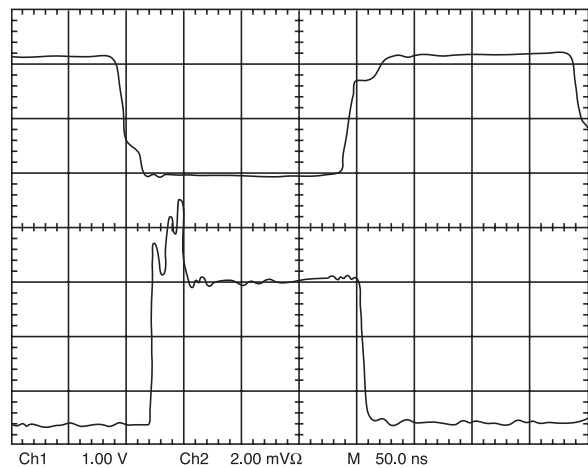


Figure 5B: Laser diode driven by a voltage source

実験5：5番目のテストでは、LDP 3811電流源とレーザーの駆動に使用される標準的な電圧源パルス発生器の違いを比較しました。両方のプロット負荷として、45Ω抵抗のあるダイオードを使用しました。図5Aは、LDP-3811電流源を使用した応答を示しています。同じ電流の電圧源でダイオードを駆動するために、必要な電圧振幅が計算されました。

図5Bは、電圧パルスに対する応答です。ターンオントランジェントの増加は、駆動波形では明らかではありませんが、光出力波形では明らかに見られます。これは、電圧源のサージ電流容量の増加によるものです。

結論

上記の実験は、この記事の冒頭で説明した問題の影響を実証するために設計されました。この情報は、クリーンな波形を生成するためのこれらの一般的な落とし穴を回避するためのガイドとして参考にして頂くものであります。また、この記事は、不規則で歪んだ波形がテスト構成に現れる場合の問題を特定するためのリファレンスとして使用できます。

デバイスの特性とパッケージングの漂遊リアクタンスのばらつきが大きいため、高速の立ち上がり時間が必要な場合は詳細に注意する必要があります。ただし、浮遊容量を減らして負荷インピーダンスを適切に一致させるように注意を払うと、ILX LDP-3811はパルス測定を簡素化し、アプリケーションのホストで一貫した再現性のあるデータを簡単に取得できます。

LDP-3811電流源を使用します。

ILX LightwaveのLDP-3811は、マイクロプロセッサベースの電流源であり、高精度パルスモードおよび安定したCWモードで動作できます。

さらに、LDP-3811は、GPIB制御とトリガー入出力機能の両方を提供するという点でユニークです。そのため、LDP-3811は、上記のようにCW対パルスL/I曲線を生成するのに最適です。

特に、テスト間で電流源を切り替える必要がないため、レーザーダイオードに有害な可能性のある動作と間違いを起こす可能性がありません。

パルス対CW L/Iデータを取得するには、ホストコンピュータを使用して、LDP-3811にパルスモードとCWモードの両方で動作するように命令できます（最大500mAまでの任意の振幅で、プログラムされたステップで）。

パルスモードでは、周波数とパルス幅もプログラム可能です。ホストコンピュータは、LDP-3811でトリガーされたダイオード電力の測定用にマルチメーターまたはデジタルオシロスコープを読み取るようにプログラムすることもできます（プログラムされた各電流ステップで）。

検出器の校正チャートは、検出器の電圧を光パワーに変換する際にアクセスできるようにファイルに保存できます。

いくつかの追加プログラミングにより、CW電流とパルス電流の両方に対してL/I曲線を生成し、画面に表示したり、周辺のプロットデバイスにプロットしたりできます。

前述のように、ILX LDP-3811を使用すると、ユーザーはパルス振幅、パルス幅（100nsから1ms）、および1 μ sから1ms以上のパルス繰り返し間隔を簡単に調整できます。この柔軟性により、LDP-3811は、レーザーダイオードを使用する製品の正確なドライブ仕様を特定しようとしているエンジニアの設計ツールとして非常に役立ちます。

References

1. Rizzi, Peter A. Microwave Engineering. Prentice-Hall, Inc., 1988.
2. Vendelin, George D. Design of Amplifiers and Oscillators by the S-parameter Method. John Wiley & Sons, Inc., 1982.

日本代理店
株式会社 日本レーザー Newport機器部
Tel: 03-5285-0853
E-mail: Newport_gr@japanlaser.co.jp
<https://www.newport-japan.jp/>



For application assistance or additional information on our products or services you can contact us at:

ILX Lightwave Corporation
31950 Frontage Road, Bozeman, MT 59715
Phone: 406-556-2481 • 800-459-9459 • Fax: 406-586-9405
Email: sales@ilxlightwave.com

To obtain contact information for our international distributors and product repair centers or for fast access to product information, technical support, LabVIEW[®] drivers, and our comprehensive library of technical and application information, visit our website at:

www.ilxlightwave.com

