

#3

レーザーダイオードの保護

APPLICATION NOTE

レーザーダイオードの保護について

By Doug Hodgson and Bill Olsen

序章

研究者には2つのタイプがあると言われていています-レーザーダイオードを捨ててしまいたいと思う研究者と実際に捨ててしまう研究者です。

それは誇張であるかもしれませんが、今日の実験室の改善がレーザーダイオードにこれまで以上に大きな脅威をもたらすことは確かに真実です。

さらに、レーザーダイオードへの保護は一般的に誤解されており、実装が不十分なことがよくあります。レーザー損傷がイライラし、時間がかかり、多くの場合コストがかかることについて異議を唱える人はほとんどいません。

幸いなことに、レーザーによる損傷は適切な予防措置を講じることで回避できます。

このアプリケーションノートでは、レーザー損傷のメカニズムを検証し、レーザーダイオードを保護するための予防措置と手順の概要を説明します。

特定のアクションの要約チェックリストは、このアプリケーションノートの最後に記載されています。これらの推奨事項に従い、チェックリストを使用してレーザー損傷のリスクを最小限にすることを強くお勧めします。

レーザー損傷の物理

理想的な条件下では、レーザーダイオードは、寿命が100,000時間を超える優れた信頼性を実証できます。

ただし、静電気放電、過剰な電流レベル、電流スパイク、または過渡現象には非常に敏感です。

損傷の症状には、出力電力の低下、しきい値電流のシフト、ビーム発散の変化、以前に達成したスポットサイズへの焦点合わせの困難、および最終的には点灯しないことが含まれます（LEDのような出力のみ）。

半導体注入レーザーは、さまざまなメカニズムによって損傷を受ける可能性があります。

ウェーハ成長手順、デバイス製造、および動作条件を含む多くの要因が、どのメカニズムが支配的かを決定します。

ただし、このアプリケーションノートの主な関心事は、破局的なファセットダメージ（CFD）と、電氣的過渡現象または取り扱いおよび動作条件に関連するその他のメカニズムに起因する潜在的なダメージです。

CFDを理解するには、一般的な5 mWレーザーダイオードの発光領域のサイズが約 $2 \mu\text{m} \times 4 \mu\text{m}$ であると考えてください。これは、 $625 \text{ W} / \text{mm}^2$ の通常の光パワー密度に相当します。

レーザー出力端面での光エネルギー密度が $104 \text{ W} / \text{mm}^2$ を超えると、損傷が発生する可能性があります。これはかなり大きいように見えるかもしれませんが

「誤差範囲」—表面吸収効果が考慮されるまで。

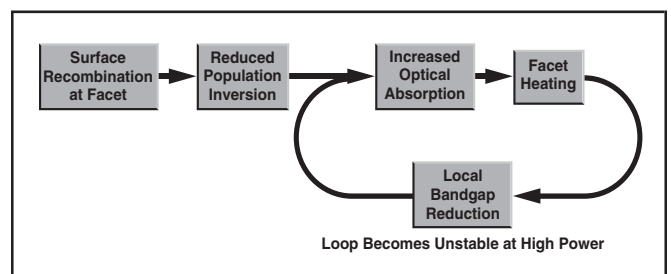


Figure 1. レーザーファセットでの熱暴走は、破局的なファセット損傷をもたらします。

活性領域の励起部分では、利得は損失よりも大きく、材料は発振波長に対して透明です。

ただし、ファセット表面では、非放射再結合により、活性領域の材料が吸収されます。

高エネルギー密度では、温度は通常よりも速く上昇します。この温度上昇により、表面での吸収が大きくなり、温度がさらに高くなります。この熱暴走により、ミラーのファセットおよびまたはファセットのコーティングが融解し、レーザー内部に大きな結晶欠陥が生じ、表面にピットができます。（図2）

一般的なレーザーダイオードの立ち上がり時間は80 psの範囲です。

ミラーの損傷は、レーザー劣化の最も急速な形態であり、レーザーミラーの破壊は事実上瞬間的です。したがって、レーザーダイオードは、短時間の電氣的過渡現象や静電放電（ESD）、DC過電流などの高速オーバーシュートイベントに非常に敏感です。

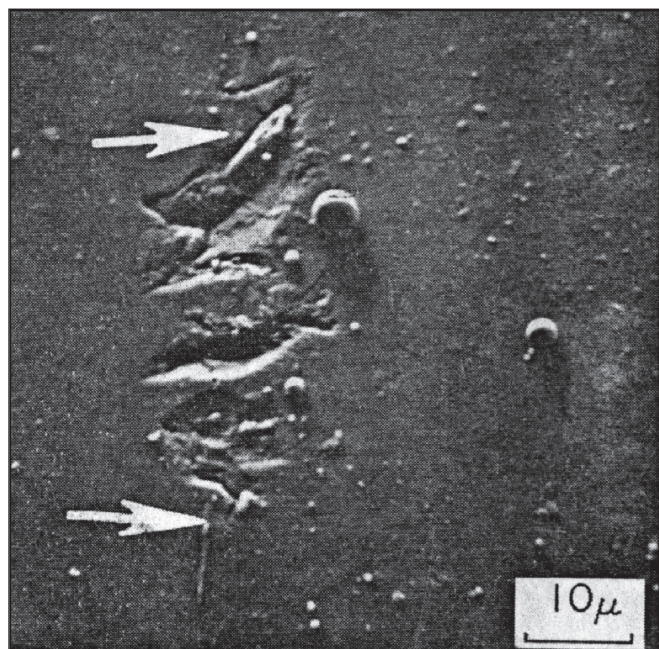


Figure 2. 壊滅的な損傷を受けたレーザーファセットのSEM写真。割れ目（ピット）と液滴を示しています。矢印は、 p - n 接合の位置を示しています。（参照6）

今日の実験室のほとんどの過渡現象は、高周波スペクトルのエネルギーを伝達します。レーザーダイオードはこれらの周波数で非常に応答性が高いため、エネルギー成分が比較的少ない過渡現象によって簡単に損傷を受けます。

最悪の場合、British Telecom Research Laboratoriesで最初に収集されたデータは、壊滅的な損傷を引き起こすには小さすぎる高周波トランジェントが潜在的な損傷をもたらし、実際の作業条件下で早期故障につながる可能性があることを示しました。

この方法で損傷したレーザーは、長い寿命を必要とするアプリケーションでは明らかに重大な問題です。（このアプリケーションノートで説明されている保護戦略の多くは、高周波過渡エネルギーの防止と減衰に焦点を当てていることに気付くでしょう。）

レーザー保護戦略

レーザーダイオード保護と電氣的過渡効果の継続的な研究により、電氣的過渡現象の性質（および結合メカニズム）について多くのことが学ばれました。

これらの研究の結果は、レーザー損傷、ESD、およびEMIの分野のレーザー製造業者および専門家からの情報と組み合わせられて、「多層レーザーダイオード保護」の概念につながりました。これらの層、またはレベルを図3に示します。

4層レーザー保護戦略

LEVEL	Description	Damage mechanism
I	計装（電流源、温度コントローラー）	過電流、過熱、電力線のサージとスパイク（過渡）
II	システムのセットアップ（ケーブルとマウント、適切な接地、シールド）	放射電氣過渡現象
III	ラボ環境、電力線調整、その他の機器	重度の高速トランジェント
IV	レーザーのパッケージング、取り扱い、人との接触	静電放電（ESD）、異物混入

これらのレベルは、主要な関心領域を強調するために作成されました。後述するように、これらの保護レベルは、保護対象の損傷メカニズムによって編成されています。これらの保護レベルの順序は、相対的な重要性を意味するものではありません。実際、人体接触ESD（レベルIV）は、間違いなくレーザーの早期故障の最大の原因です。

次のセクションでは、4つのレベルの保護について詳しく説明します。

徹底したレーザー保護を確保し、レーザーダイオードの損傷のリスクを最小限に抑えるには、すべての保護レベルを慎重に実装する必要があります。保護における単一の「弱いリンク」は、他のレベルで行われた時間と投資を無効にする可能性があります。少なくとも、各セクションの終わりに表示される要約に精通してください。便宜上、特定のアクションアイテムのチェックリストがこのドキュメントの最後に記載されています。

レベル レーザー制御計装

レーザーダイオードの制御に使用する機器は、適切な保護トポロジとACライン過渡抑制を使用して設計する必要があります。少なくとも、ドライブの計装には以下が必要です。

- 1) 駆動電流の独立した調整可能な制限を含める。
- 2) ダイオード接合の逆バイアスを防ぐ。
- 3) AC電源ラインからの電氣的な過渡スパイクを抑制する。
- 4) 電源、ACラインからの過渡電流を防止する。

TEモジュールを使用する場合は、電流制限を設けて少なくともTEモジュールの損傷を防ぐ必要があります。ファームウェアの温度制限と適切な制御アルゴリズム（熱発振を防ぐ）も推奨されます。

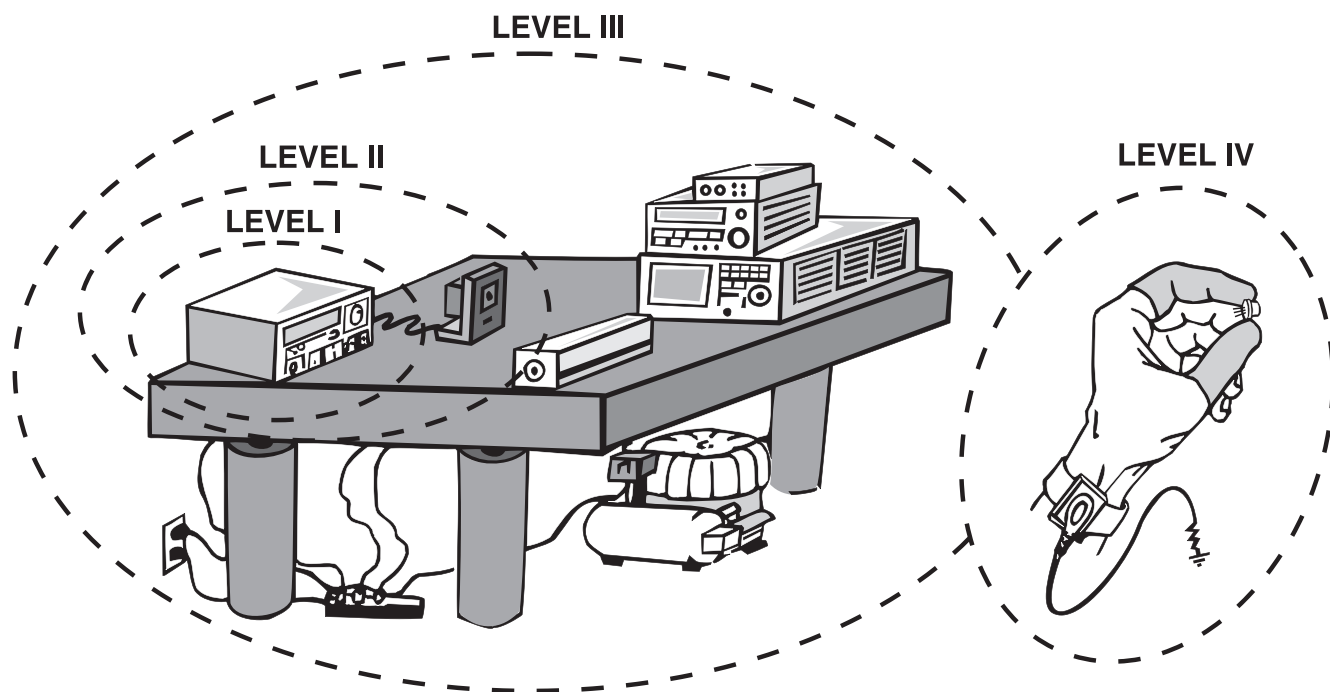


Figure 3. 複数レベルのレーザーダイオード保護。損傷に対する適切な防御を確保するには、すべてのレベルを完全に実施する必要があります。



ニーズに合った適切な機器を選択するために時間と労力を少し投資するだけで、長期的には時間、お金、フラストレーションを簡単に節約できます。

以下のセクションでは、レーザー制御機器を選択する際に探す必要がある機能の一部を説明します。

LD電流源

半導体レーザーは本質的に電流デバイスであるため、レーザーダイオードの駆動には真の電流源が推奨されます。

典型的な電圧源（ベンチ電源）は、電源投入時に電圧を慎重に制御しますが、電流は制御されません。実際、電圧源の出力に静電容量が頻繁に現れ、電圧を「堅く」保ちます。

残念ながら、これにより、負荷の変化に合わせて電流がすばやく変化し、レーザーが危険にさらされます。

要するに、電圧源は、真の電流源と同じレベルの制御を提供することはできません。

電流を直接制御することにより、広範囲のインピーダンスにわたってレーザーダイオードを正確に線形制御できます。電圧源とは異なり、回路がコンプライアンス電圧制限に達しても電流は増加しません。

残念ながら、電流制御には独自の設計課題がないわけではありません。フィードバックループで電流を直接制御する場合、入力ステップに応じて出力のオーバードライブを避けるために、ループ応答を制御する必要があります。

適切なレベルのレーザー保護を提供するには、常に電流源ループを完全に制御する必要があります。以下に説明する回路は、これらの制御を提供します。

必要なトポロジを提供するために、レーザードライバーのテストが完了していることを確認してください。

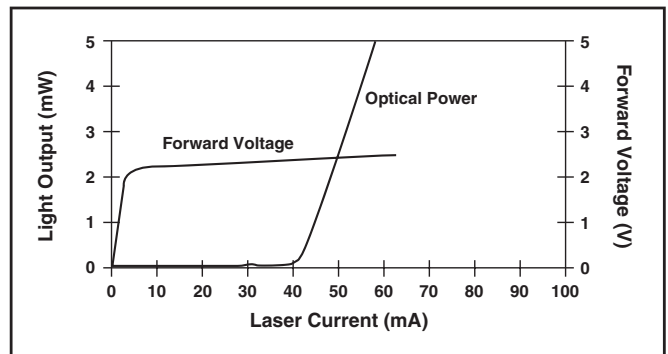


Figure 4. Optical output power and voltage vs. drive current of a typical laser diode. A laser diode is inherently a current device, and voltage supplies offer little control at best.

短絡出力

選択したレーザードライバーは、レーザーが動作していない間、出力リードを同じ電位に維持する必要があります。

ILX電流源には出力に短絡リレーがあり、レーザーリードを同じ電位に保ちます。

出力がオンになるまで、短絡リレーは閉じたままです。リレーは、機器の電源がオフの場合でも短絡保護を提供します。

この「短絡出力」は、レーザーが機器に接続されている間、ESD損傷に対する安全性を提供します。

一部のレーザー計測では、出力短絡にFETを使用していることに注意してください。

これらのトランジスタは、機器の電源が入っているときにのみアクティブになります。

そのような場合、レーザーの接続中または設置中に機器の電源を入れて（そして現在の出力をオフのままにしてください）ください。

スロースタート

ターンオン過渡現象から保護するために、レーザーダイオードドライバーは、オーバードンプされたターンオン応答を保証するスロースタート回路を備えている必要があります。

すべてのILX Lightwave高精度電流源は、ターンオン中に短絡回路を徐々に開き、電流をレーザーにゆっくりと供給します。

制御回路が完全にアクティブになり、すべての回路トランジエントが「消滅」するまで、出力から電流が保持されます。

機器の電源投入時の過渡現象を防ぐには、最低100ミリ秒より長い起動時間で十分です。

ただし、米国連邦政府は、個人の安全のためにレーザーシステムに最低2秒のターンオン遅延を含めることを要求しています。

(CDRH US21 CFR 1040.10)。

これを、起動が遅い保護戦略と混同しないでください。レーザードライバーには両方の機能が含まれている必要があります。

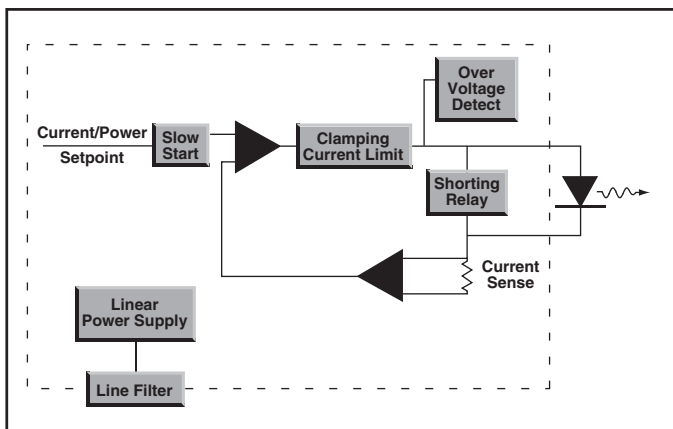


Figure 5. 典型的なILX Lightwave高精度電流源トポロジーの機能ブロック図。レーザー保護機能に注意してください。

電流制限

レーザーダイオードは過剰な駆動電流に敏感であるため、独立した電流制限機能の必要性は非常に重要です。偶発的な過剰駆動電流は、レーザーの瞬間的な過熱を引き起こし、ミラーのファセットおよび/またはファセットのコーティングを溶かします。

残念ながら、電流制限はレーザードライバーのメーカーによって実装が不十分なことがよくあります。

一部の製品とは異なり、ILX Lightwave電流源は排他的なクランプ制限を提供します。

これは、セットポイント電流の過剰調整に対する保護を提供するだけでなく、アナログ変調および定電力動作中の駆動電流も制限します。

(図6)

電流制限の実装により、DC以外の動作モードでの有効性が決まります。

ほとんどのリミットポロジでは、制御ループは実際に線形制御から非線形制御に切り替わり、制限内外に移動します。

制限回路の時間応答に応じて、ある程度の過渡現象が予想されます。

ILX Lightwaveで開発された独自の回路トポロジーは、定電流動作でのこの過渡現象を排除します。

電流制限を動作電流のすぐ上に設定します。

ILX光波電流制限は、より高い駆動電流が必要になった場合、レーザーの動作中でも調整できます。

制限は、レーザーの製造元が提供する指定された最大電流定格を下回ってください。

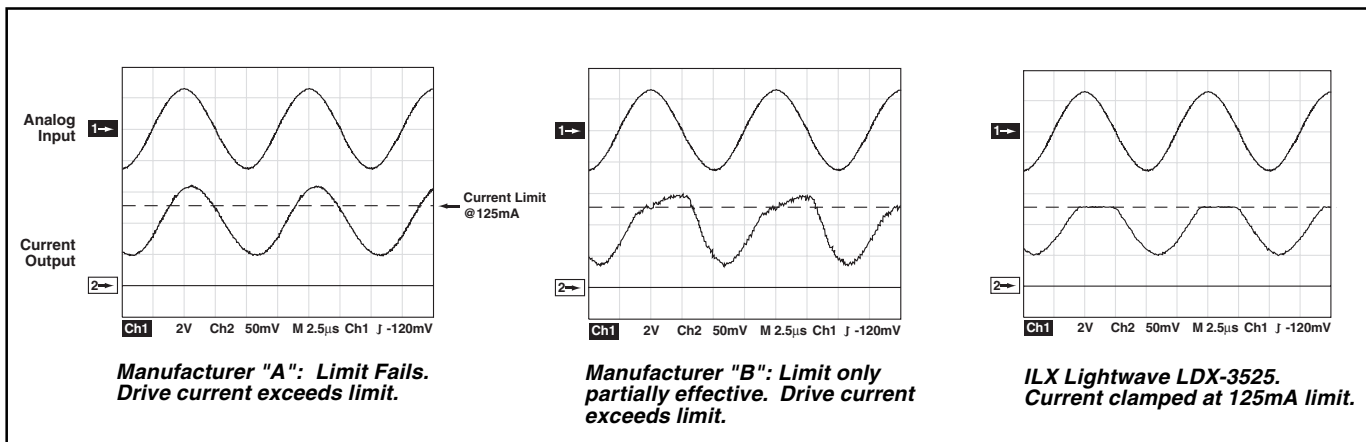


Figure 6. レーザーダイオードドライバーは、オーバードライブを防ぐためにクランプ制限トポロジを使用する必要があります。

(信号1：アナログ変調入力。信号2：機器の出力電流。ILXLightwaveテクニカルノート #TN-3525-3より) o

過電圧保護

単純な電流源が高インピーダンス負荷を駆動するように強制されると、その電流制御ループが飽和し、必要な（設定された）電流まで駆動できなくなります。

さらに、インピーダンスが突然低下すると、制御ループは出力電流を短絡限界まで駆動します。ループフィードバックが制御回路を調整し、駆動電圧を下げるまで、レーザーはオーバードライブされます。

簡単ではありますが、このオーバードライブは一般にレーザーを損傷するのに十分です。

レーザードライバーは、制御ループが飽和した場合に出力段をオフにすることにより、この状態から保護する必要があります。

通常、レーザーダイオードのインピーダンスはゆっくりと変化するため、保護電源を切る前にこの状態に注意しておくことが便利です。

そのため、ILX Lightwave精度の電流源は、2段階の過電圧インジケータを使用して設計されています。最初の段階は、上部制御範囲に近づいたことを示します。制御ループが飽和状態になると、第2ステージは出力を遮断して過電流からレーザーを保護します。

この2ステージトリガーはレーザーを保護し、ループのコンプライアンス電圧に到達した場合に有用な指標を提供します。

電力線の過渡抑制

ACラインの過渡現象は、今日の研究所でいつ何時でも起こりうる現象になりました。

これらのトランジェントは、さまざまなソースから発生します。

高電圧サージ（照明や劣悪な電力調整が原因）は、レーザーダイオードのユーザーにとって常に問題でした。

さらに、スイッチング電源を使用するコンピューターやその他の電子機器の普及により、電子高速過渡現象（EFT）がますます普及しています。

（「レベルIV、ラボ環境」を参照）

レーザーまたは駆動ケーブルに直接放射される過渡現象を防止できる計装はありません。

それでも、ドライバーは電源入力段に到達する過渡現象を抑制し、機器を介した直接結合を防止する必要があります。

通常、適切な抑制を実現するために、入力フィルタの組み合わせが使用されます。

極端な絶縁トランスは最高の過渡抑制を提供しますが、コストとサイズにより標準的な電流源では不可能です。

通常、電流源は整流回路の単純な容量性フィルターを使用します。



ILX Lightwave instrument designs are subjected to rigorous transient tests. Tests include suppression of 1000V fast-transients and power line surges. (See ILX Lightwave Technical Standard #LDC-00196.)

さらに、入力ライン調整フィルターを使用することもできます。

ILX Lightwaveでは、これらのフィルターのさまざまな組み合わせをテストしました。

容量フィルターは、特別に設計された二重シールドの電源トランスと組み合わせて使用すると最適に機能することがわかりました。

ライン過渡発生器を使用した電流源のテストでは、このフィルターの組み合わせにより、レーザーダイオード出力での出力過渡が大幅に減少しました。

(ILX Lightwave技術標準#LDC-00196を参照)、レーザーダイオードドライバーの過渡抑制の測定)

(ILX Lightwave技術標準#LDC-00196を参照)、レーザーダイオードドライバーの過渡抑制を保証。)

定電力動作

一部の電流源は、一定の光パワーモードを提供します。フォトダイオードフィードバックを使用してレーザーへの出力を制御する場合、モニタフォトダイオードが適切に接続されるように注意する必要があります。多くのレーザーダイオードパッケージには、レーザーのアノードまたはカソードのいずれかに内部接続された内部フォトダイオードが含まれています。

多くのレーザーダイオードパッケージには、レーザーのアノードまたはカソードのいずれかに内部接続された内部フォトダイオードが含まれています。図7は、ILX光波電流源を備えたレーザーダイオードとフォトダイオードのさまざまな構成の推奨される接続とシールドを示しています。

逆バイアスを使用する場合（光伝導モード）、バイアス電源の電圧は、フィードバック入力のコモンモード電圧が指定された最大値を超えないようにする必要があります。

一般的なフォトダイオードとレーザーピンを備えたレーザーパッケージでは、逆フォトダイオードバイアスを使用しないでください。

(ほとんどのILX Lightwaveコントローラーは、調整可能なフォトダイオードバイアスを提供します。)

低い動作温度では、定格駆動電流を超えていなくても、一部のレーザーダイオードは過剰な出力パワーを生成できます。

レーザードライバー電流制限に加え出力制限を設定することをお勧めします。

ただし、精度は検出器の結合効率と直線性に依存するため、電力制限に過度に依存しないでください。

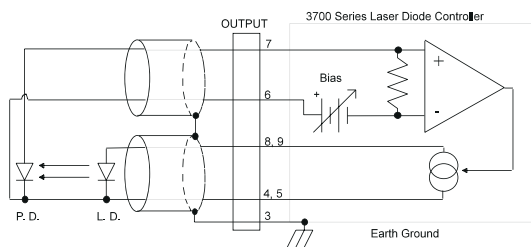
レーザーダイオードドライバーの選択

レーザードライバーを選択するときは、上記の機能が含まれていることを確認してください。

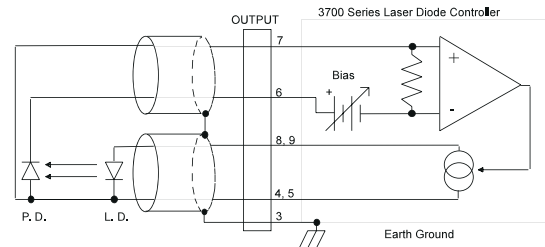
これらの機能は通常、すべてのユーザーに適用されます。さらに、レーザーの動作電流に見合った最大電流レベルの駆動機器を選択します。

(言い換えれば、低出力レーザーの駆動には高出力電流源を使用しないでください。一部のタイプの過渡抑制を含む特定のパラメーターは、機器の最大電流に比例します。)

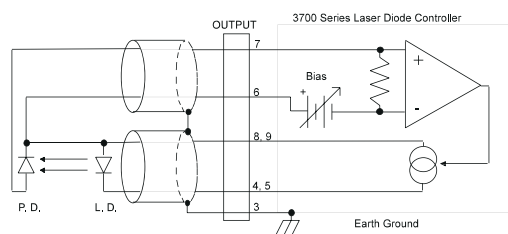
さらに、レーザーをDC（連続波）モードで実行する場合は、低帯域幅モードを提供する電流源を選択してください。



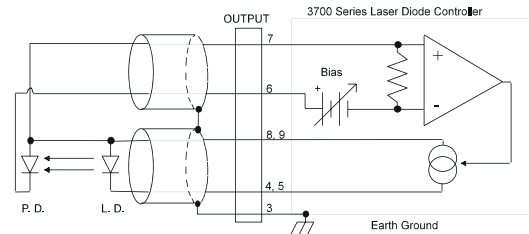
Common Laser Cathode / Photodiode Cathode



Common Laser Cathode / Photodiode Anode



Common Laser Anode / Photodiode Cathode



Common Laser Anode / Photodiode Anode

Figure 7. レーザーダイオードとフォトダイオードをILX高精度電流源またはコントローラーに接続するために使用できる構成。

低帯域幅モードが選択されている場合、ILX光波電流源は出力段フィルターを作動させ、より遅い制御ループ帯域幅を使用します。これにより、出力のノイズとトランジェントの大きさがさらに減少します。

高精度の電流源はレーザー保護計画の一部にすぎないことに注意することが重要です。すべての条件から保護できる機器はありません。

装置自体は、接続前にレーザーに発生したESD関連の損傷、またはレーザーに直接またはケーブルを介して放射される過渡現象から保護できません（以下の「システムのセットアップ」を参照）。

ただし、ILX Lightwaveの高精度電流源とコントローラーは、上記の損傷メカニズムに対する最先端のレーザー保護を提供します。ILX光波電流源機能には、二重シールドトランス、電力線フィルター、クランプ電流制限、低速起動トポロジ、およびその他の保護トポロジが含まれます。さらに、電力線の過渡現象を抑制する電流源の能力は、IEC 801-4およびIEC 801-5の過渡電流波形規格に対して測定されます。

私たち自身の比較テストと研究者との議論は、レーザーダイオードを駆動するために市販されているいくつかの製品が、レーザー保護の主張がなされた場合でも、意図した目的に明らかに適さないことを示しています。

レーザーダイオードを保護する能力について、レーザードライバーを徹底的に評価することを強くお勧めします。

温度調節器

レーザー保護を検討する際、ほとんどの研究者は温度制御について考えない傾向がありますが、波長、しきい値電流、効率など、多くの重要なレーザーダイオードパラメータは、ジャンクション温度に大きく依存しています。

したがって、多くのアプリケーションでは、非常に安定した温度制御が望まれます。

動作温度は、レーザーダイオードの寿命にも大きく影響します。

概算として、寿命はケース温度が30°C上昇するごとに1桁減少します(図8)。

通常、アプリケーションとレーザーの種類に応じて、できるだけ低い温度でレーザーを動作させることが望ましいです。

シンプルなパッシブヒートシンクを使用して、低出力レーザーダイオードから熱を奪うことができます。

通常、高出力レーザーダイオードアレイには水冷が必要です。

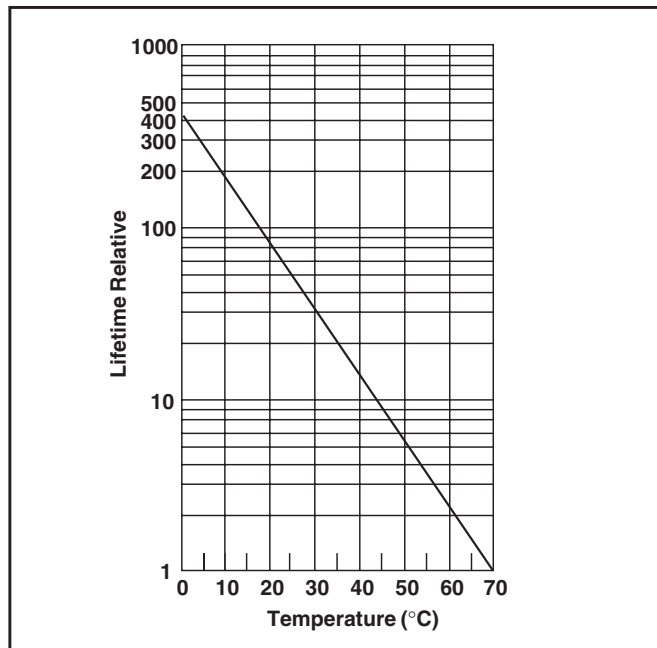


Figure 8. レーザーの寿命は、動作温度が高くなると劇的に短くなります。相対寿命は70°Cを基準としています。(参照22)

アプリケーションが高度な安定性を必要とする場合、ペルチェまたはサーモエレクトリックを駆動する温度制御機器は、積極的に熱を除去するモジュールを使用する必要があります。

詳細については、ILX Lightwaveの温度制御アプリケーションノートを参照してください。(参考文献を参照してください。)

温度コントローラーを使用する場合は、その電流制限をTEモジュールの最大定格より下に設定してください。発振を避けるには、機器のフィードバックループのゲインを熱負荷に一致するように設定します。

ゲインを設定する場所がわからない場合は、低ゲインから始めて、大幅なオーバーシュートなしで迅速な整定時間を達成するまでゲインを徐々に増やします。

(「ハイブリッドスマートインテグレーター」アルゴリズムを備えたILX Lightwave温度コントローラーは、この状態を最小限に抑えます。)

最近、TEモジュールを備えたいくつかの市販のレーザーマウントを評価しました。これらのレーザーマウントは、指定された低温定格で短時間以上レーザーを保持することができません。

発生した熱を放散するのにヒートシンクが適切でない場合、熱電モジュールの動作効率が低下し、大きな温度ドリフトが発生する可能性があります。

これはイライラするだけでなく、レーザーも危険にさらします。

実際に使用する前に、レーザー負荷なしで(または「ダミー」負荷で)マウントをテストすることをお勧めします。

ILX Lightwaveヒートシンクは、通常の条件下で特定の低温を無期限に保持するためにテストされています。

温度制限が高い温度コントローラー(またはサーミスタ抵抗制限)を選択し、動作条件のすぐ上に制限を設定します。これは、上記の熱暴走状態から保護するのに役立ちます。

LEVEL II

システムセットアップ

(取り付け、ケーブル、およびGND接地)

適切なドライバーを選択することは、レーザーを保護するために不可欠です。しかし、機器自体は、レーザーに直接放射される過渡現象やシステムのケーブルを介して放射される過渡現象から保護することはできません。これらの脅威から保護するには、システムのセットアップ中に相互接続を慎重に検討する必要があります。

ここでは、ドライバーまたはコントローラーに加えて、ダイオードマウントとケーブル接続を含むように「システムセットアップ」を定義します。

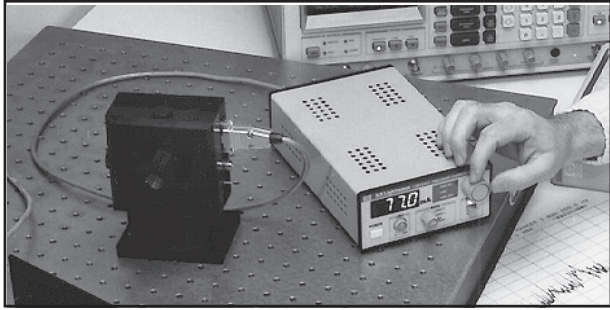
また、システムに接続されている他のテスト機器（バイアスTネットワークを介した関数発生器、熱電冷却器、またはオシロスコープなどの監視機器）も含まれます。

システムを構築するとき、最も弱いリンクがシステムの相対的な強度を決定することに注意してください。

これは、放射ノイズ感受性に関して特に当てはまります。

推奨事項の概要— Level I

- 電圧源を使用してレーザーを駆動しないでください。少なくとも、短絡出力、スロースタート、独立したクランプ電流制限、過電圧保護、実証済みの過渡抑制を備えた電流源を選択してください。
- レーザーの動作電流に見合った最大電流レベルの駆動機器を選択します。（特定のパラメーターは、電力線過渡抑制のレベルを含む、機器の最大電流に 比例します。）
- レーザーの製造元の推奨事項に従って（または製造元が最大電流を指定していない場合は、予想される動作電流をわずかに超えるように）電流制限を適切なレベルに設定します。LD電源が提供する場合は、電力制限も使用します。
- 用途とレーザーの種類に応じて、レーザーを可能な限り低い温度で操作してください。レーザーマウントが、熱暴走なしにレーザーで発生した熱を放散できることを確認してください。



残念ながら、「理想的な」システム接続はさまざまなテスト設定やユーザーのニーズに応じて変化し、システム設定では頻繁に変更または「微調整」が必要になります。

このセクションは、レーザーのセットアップで最もよく発生する問題を調査することにより、お客様の状況に最適なものを決定するのに役立ちます。

電氣的過渡現象を分離して除去するには、まずこれらの過渡現象がどのように発生するかを理解する必要があります。

単純なモデルから始めるのが最善です。この目的のために、放射された過渡現象はノイズ信号と見なすことができます。

このモデルの要素は、1) ノイズ源、2) 結合メカニズム、3) 受信機です (図9)。

典型的なノイズ源には、トランス、蛍光灯、FMラジオ局、スイッチング電源、高速データ通信チャンネル、雷、電動位置決め装置、その他の周辺機器が含まれます。

私たちの場合の受信機はレーザーダイオードです。

結合メカニズムは、通常、認識するのが最も難しい要素です。3つの要素すべてが識別されると、通常、修正が明らかになります。

多くの場合、実験室での過渡結合のすべての要素を識別することに関連するコストは非現実的です。しかし、最も一般的なタイプの過渡現象を防止および排除するための予防措置を講じることができます。

接地

システムの接地については、システムの各要素と一緒に説明しますが、接地を完全に理解すると、マウント、ケーブル、およびその他のテスト機器に関する以下の説明が増えます。

接地の用語

用語のレビューなしでは、「グラウンディング」の議論を完全に行うことはできません。

「グラウンド」という言葉、またはより具体的には「グラウンドノード」の使用方法に注意してください。

ウェブスターの辞書は「地表」と定義されています。または電気機器と地面の間の導線。」

興味深いことに、地面の別の定義は次のとおりです。基礎または基礎（基礎）で基本原則を指導します。」

これらの定義は、通常、電子システムの「グラウンド」の議論に関連する混乱の典型です。

アースの最初の定義は「アース」で明確に説明でき、このノードまたは電位への接続はすべて特定の記号で識別されます。

この「アース」は常にアース電位です。

グラウンドの2番目の定義は、ゼロ電圧プレーンを推測します。（電子回路のリファレンスです）この基準面は、アースに接続する必要はありません（場合によっては接続しないでください）。

さらに問題を難しくにするのは、システムまたはセットアップの電子機器の台数に応じて、グラウンド基準面が複数存在する場合がある事です。

このような基準面については、「グラウンド」という言葉とともに特定の説明を推奨します。

「アナロググラウンド」や「デジタルグラウンド」などの記述子は、機能を明確に識別します。

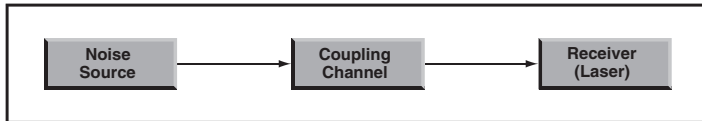


Figure 9. 典型的なノイズ経路。問題を生成するには、3つの要素すべてが必要です。

「ノード」という言葉は単一のポイントを指し、この単一のポイントへの接続を観察する必要があります。回路図のシステムアースノードは、間違いなくシステムで最も重要な（最も刺激的ではありませんが）ノードです。実際には、システムグラウンドを単一のポイントとして実装することはほとんどありません。より高い精度の要求が必要な場合、接地ノードが必要とする注意の量は増加します。

バスワイヤとPCボードのトレースには小さいながらもかなりの抵抗があるため、グラウンドトレースに沿って電圧が変化することに注意してください。

通常、これはレーザーに深刻な脅威をもたらすことはありませんが、システムに不要なエラーやドリフトを引き起こす可能性があります。

接地に関する考慮事項

グラウンディングは簡単な概念ですが、実際には複雑になります（誤解されます）。

ほとんどの混乱は、システム要素が2つの理由で接地されているという事実から生じます。

- 1) レーザーが動作する電圧電位を決定する（アースおよびその他の電子機器に関して）。
- 2) デバイス電流のリターンパスの提供。

システムアースを接続するときは、これら2つの機能を念頭に置いてください。

接地システムの最初の目的は、接地用ダイオードを参照することです。

これは時々定義されます。多くの場合、ヒートシンクの要件によって、アース電位接続が行われる場所が決まります。（マウントは通常接地されています。）

別の例は、アノードがケースに接続された変調レーザーです。この構成では、変調源（つまり、マイクロ波発生器）がアノードをグラウンドに接続します。

アノードはアース電位になっているため、電子システムの他のノードをアースに接続しないでください。

（それ以外の場合、ダイオードと電流検出素子が短絡または悪化する可能性があります。）

ILX Lightwaveで行われたテストでは、「接地」位置がシステムに結合される過渡現象の大きさに大きく影響することが示されています。

システムを接地するときは、接地ループを避けてください。（12ページのサイドバーを参照）単一ポイントの接地ノード（物理接続ポイントは1つのみ）が最適なソリューションです。

残念ながら、これは通常実用的ではありません。複数の接地が避けられない場合、ループ内の接地電流に注意する必要があります。

接地電位を通常とは異なる場所に配置することを選択した場合は、ポストイットメモなどのリマインダーを使用してください。

そうしないと、誤って自分自身とレーザーの両方に感電の危険をもたらす可能性があります。

“Ground loop”とは ?

...これはおそらく、システム設計において最も質問は少ないが最も頻繁に検討される質問の1つです。「グラウンドループ」という用語は、理解が不十分なセットアップの問題を説明しようとするときによく使用されますが、これは単に混乱を招くだけです。

要するに、グラウンドループは、電気導体の閉じた経路、つまりループです。ループと交差する電界は、ループ内に電流を誘導します。(ループの電位がシステム基準面の電位であるという事実は、電界にほとんど差を生じさせません。)より具体的には、グラウンドループは、電気システム内のさまざまなグラウンドポイントの特定の接続によって作成される導体ループです。単一のノードに多数の接続がある回路は、ループを作成します。ループが大きいほど、ループに結合できるノイズエネルギーが多くなります。さらに、ノイズが地面に結合すると、システム内のどこでも簡単に結合できます。

ほとんどの回路の信号グラウンドノードは、通常、最も多くの接続があります。これにより、大きな導体ループが発生する可能性が高くなります。接地ノードには、システムの一部となることを意図していない他の機器への共通接続もあります。これらの導体に誤って接続すると、ループや誘導ノイズの可能性が増えます。

当然のことながら、電子システムではグラウンドループがよく発生します。グラウンドループの問題に対する最善の解決策は、単にループを解除することです。残念ながら、最も難しい部分はグラウンドループを識別することです。ループが避けられない場合は、ループ領域を減らすことをお勧めします。

「共通グラウンド」の2番目の機能は、システム電流の流れに電流リターンパスを提供することです。これは通常、「貧しい地盤」に関連する問題が発生する場所です。レーザーリターンパスを他の回路のリターンとしても使用しないでください。

ILXマウントとケーブルを標準構成で使用している場合でも、グラウンドリターンパスに焦点を当て、セットアップの簡単な回路図をスケッチすることを強くお勧めします。この回路図は、接続の前に重要なグラウンド接続と潜在的なノイズの問題を特定するのに役立つツールであり、システム干渉のトラブルシューティング中に成果を上げる場合もあります。

回路図は、システム内の電圧基準面を定義し、電流リターンパスを識別するのに役立ちます。

理想的には、各ワイヤは、関連する直列抵抗とインダクタンスで識別される必要があります。回路図には、過渡的な結合に影響する可能性のある物理的なセットアップのワイヤ長やその他の詳細も含める必要があります。

接地不良のテストセットアップの概略図を図10aに示します。この回路図のレビューは、いくつかのシステム接続の問題を指摘しています。接続を図10bに示すように変更すると、放射される過渡現象に対する耐性が大きくなり、グラウンドループによって引き起こされる可能性のある問題が回避されます。

接地接続の実際の実装は、競合する要件間の妥協点になります。

一方では、グラウンドループ（および代替の電流リターンパス）を避ける必要があります。

一方、高速トランジェントを排出するには、低インダクタンスの高周波グラウンドが必要です*。

特定のアプリケーションとラボ環境により、システム構成の選択が決まります。

主に高周波ノイズに関心がある場合は、低インダクタンスの複数グラウンド接続が必要です。

低周波ノイズ（50/60 Hz）がシステムに結合している場合は、単一ポイントのアース接続と分離されたシステム要素が望ましい場合があります。

ほとんどのシステムでは、両方のノイズ源が存在します。

これらの場合、グラウンド接続を慎重に制御すると、良好な高周波グラウンド接続を維持しながらリターンパスが減少します。

独自の評価を通じて、接地戦略が実装と有効性の両方で計装メーカー間で異なることを学びました。メーカーが推奨する手順に精通するのが賢明です。

ILX光波電流源は、さまざまなレーザー構成とシステムに対応するためにフローティング出力を採用しています。

また、これにより、ライン過渡損傷の可能性が減り、グラウンドループの回避に役立ちます。

***高周波接地をテストする簡単な方法は、接地経路に沿ったさまざまな点で接地に手を置くことです。**

システムの動作にほとんどまたはまったく変化がない場合は、高周波グラウンドが十分であると想定できます。地面に触れると変化が生じる（ノイズが増える）場合、高周波接地システムが改善される可能性があります。

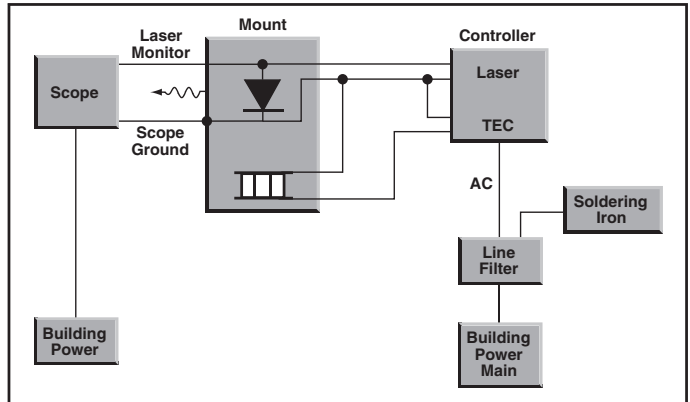


Figure 10a. 貧弱なシステム設定の概略図。レーザー機器とオシロスコープによって形成される大きなグラウンドループに注意してください。

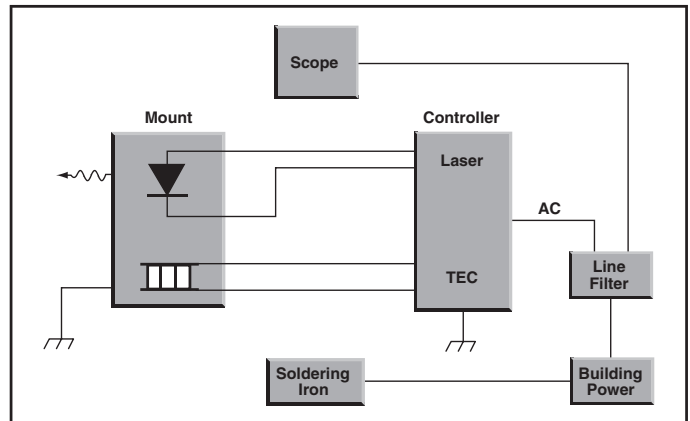


Figure 10b. 絶縁レーザーを使用した理想的なシステム設定。グラウンドループはなくなりました。

可能であれば、レーザーダイオードを接地に対して浮かせたままにするのが最善です。（図10b）それでも、一部のテスト状況では、レーザーダイオードを接地する必要があります。

これらの場合、少なくともグラウンドループの面積とインピーダンスを可能な限り減らすようにしてください。

コントローラーをダイオードに近づけておくと役立ちます。マウントとコントローラーの両方から適切な（低インダクタンスの）アースに接続することも役立ちます。

レーザーマウント

レーザーダイオードマウントは、レーザーダイオードにフィクスチャー（通常はヒートシンク）を提供する一見無害なタスクを実行します。ただし、レーザーの安全な環境を確保するには、特定の考慮事項を作成する必要があります。

レーザーダイオードマウントを選択または製造する際には、まずダイオードパッケージを検討する必要があります。（多くの特別な種類に加えて）2つの主要なパッケージスタイルがあります。

CAN型のレーザーパッケージは、多くの場合、自由空間（非ファイバー結合）アプリケーションで使用されます（図11）。

レーザーのパッケージ（CAN）は通常、レーザーのアノードまたはカソードのいずれかに接続されます。

マウント構成は、ケース（およびダイオード）がアースを基準とするかどうかを決定します。

CAN型レーザー用のILXマウントを使用すると、レーザーパッケージを絶縁または接地することができます。

マウントが絶縁されておらず、ケースが「接地されている」場合、「マウントと接地」の接続は非常に良好なRF接地（非常に低いインダクタンス）である必要があります。

電源ラインアース（ACプラグの丸い突起）への直接接続が最低限必要です。

理想的には、マウントを直接（金属棒を介して）アースに接続し、幅の広い編組線を使用してインダクタンスを減らし、ケーブルの長さをできる限り短くする必要があります。

通常、DIL（デュアルインライン）またはButterflyパッケージに収められているファイバーピグテールテレコムレーザーも非常に一般的です。

これらのパッケージでは、ケースは通常レーザー（通常はアノード）に接続されています。多くの場合、これらのレーザーは高周波で変調され、パッケージは接地する必要があります。

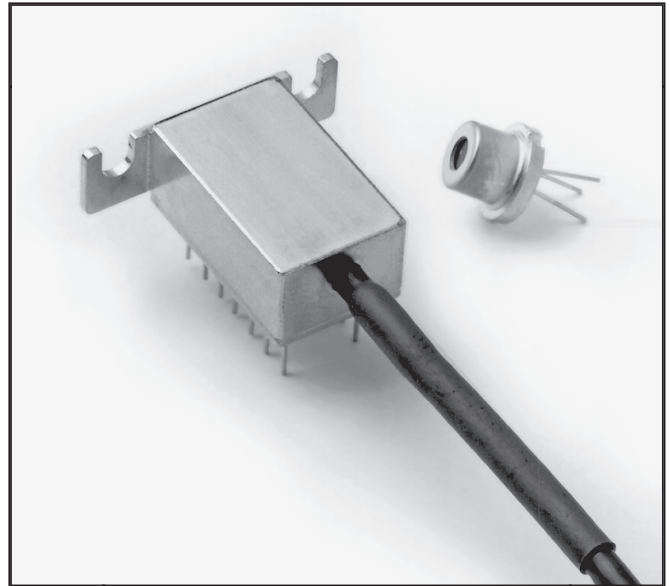


Figure 11. ファイバーピグテール付きデュアルインライン（左）およびウィンドウカンレーザーパッケージが一般的に使用されます。

これらの状況では、接地されたレーザーについて上記のガイドラインに従ってください。さらに、他の機器（関数発生器やオシロスコープなど）の接地は、グラウンドループの面積を減らすために、できる限りマウントの近くに設置する必要があります。ダイオードマウントと同じ電源グラウンドで不要な機器を使用しないでください。

パッケージ化されていないレーザーダイ、または上記のタイプ以外のパッケージスタイルを使用する場合、特別な取り付けの制約を理解することが重要です。

ただし、上記の接地ガイドラインが一般的に適用されます。

レーザーマウントが高周波ノイズを抑制することも重要です。マウントのグラウンドが不十分な場合、または放射環境が極端に厳しい場合、マウント自体がアンテナとして機能し、放射信号を拾い、レーザーダイオードのケースノードに電流を誘導します。

通常、地上配置に注意を払えば、これらの問題は改善されます。

放射線源を特定できる場合は、接地シールド（導電性金属のシートまたはスクリーン）を放射線源とマウントの間に配置して、電界強度を下げるができます。

残念ながら、レーザーマウントで一般的な熱電冷却モジュールは、ケース接続（ヒートシンク）とレーザーの間のコンデンサーとして機能します。温度制御機器のノイズは、この静電容量を介して結合できます。この問題を回避するには、低ノイズのフィルター処理済みTEコントローラーを選択してください。

また、低周波（50/60 Hz）ノイズが問題になる場合、1つの原因が磁気結合である可能性があることに注意してください。

変圧器が近くにある場合、変圧器の磁場を通るケーブルには誘導電流が流れます。

通常のシールドは磁場に影響を与えないため、磁気結合を減らすことは困難です。

磁場を減衰させるには、高透磁率の金属を使用する必要があります。

これらは高価な場合があります。より費用効果の高い代替手段は、変圧器または磁場の発生源をシールドすることです。

ケーブルとシールド

ほとんどのレーザーダイオードは逆電流に対する耐性が非常に低いため、ほとんどのユーザーは、レーザーダイオードを電流源に接続する際に適切な極性を慎重に観察します。

（極性について質問がある場合、LEDは安価な極性テスターを作成し、極性が正しい場合に点灯します。）

他の、それほど明白ではないケーブル配線の危険性も同様に悲惨なものですが、見落とされがちです。

接続不良

断続的なケーブル接続、端子接続はレーザーに脅威を与えます。

レーザードライバーは、これがより高いインピーダンス負荷としての中断であると見なし、より強く駆動しようとします。

レーザーダイオードを接続する前に、ドライバー出力がオフになっていることを確認してください。

機器の出力をオンにする前に、すべてのケーブルを固定し、ケーブル接続とはんだ接合が堅牢であることを確認してください。

作業エリアにケーブルを掛けないでください。電流源ケーブルをベンチまたは光学テーブルに固定して、ぶつからないようにします（ただし、電流源ケーブルをラボ内の他の機器ケーブルと「束ねない」でください）。

外部のスイッチまたはリレーを使用して、現在のソースを複数の負荷に「多重化」しようとしないでください。

ツイストペアケーブル

このタイプのワイヤは電子機器でかなり一般的であり、長いケーブル配線で好まれます。

ツイストペアは、信号導体に誘導的に結合される低周波ノイズの低減に役立ちます。（これは、ワイヤをねじるとループ面積が効果的に減少するため、結合方程式の誘導項が減少するためです。）あいにく、ツイストペアが容量結合ノイズに影響を与えるためには、平衡ラインレシーバが必要です。

これはレーザーダイオードの用途には当てはまらないため、ツイストペアケーブルは信号線に容量結合されるノイズを低減しません。シールドも必要です。

ケーブルシールド

実験室での過渡現象の研究により、過渡現象の特性によっては、ケーブルにシールドが含まれている場合でも、通電ケーブルに驚くほど大量のエネルギーを直接結合できることが示されています。多くの場合、シールドは存在しますが、シールドの不適切な終端によりその効果は制限されます。ケーブルシールドは、誤解されることが多い懸念事項ですが、レーザー損傷のリスクを最小限に抑える上で不可欠です。

ケーブルのシールドは、低インピーダンスパスを介してアースへの電界を排出し、内部ワイヤからのエネルギーの放射を制限します。さらに重要なことは、ラボ内の他の電界がワイヤに結合することも防ぐことです。

シールドされていないケーブルが過渡的な結合メカニズムとしてどのように機能するかを説明するには、バーベルモデルが役立ちます(図12)。ここでは、ダイオードマウントとレーザードライバが適切にシールドされていることを前提としています。

優れたケーブルシールドが「バーベル」を完成させ、ファラデーケージのドライブエレクトロニクス、レーザーダイオード、レーザー接続ワイヤを囲みます。

シールドが破損すると、「リーク」が発生し、システムにRFエネルギーが流入します。そのため、ケーブルシールドを適切に終端することが重要です。

シールドを電流を通す導体として使用しないでください。

むしろ、シールドの両端を低インダクタンスのアースに終端します。

これによりグラウンドループが設定され、かなりの低周波(50/60 Hz)ノイズが観察される場合、数百ピコファラッドコンデンサを介して一方の端(できればマウント)をアースに接続してください。

これにより、低周波ノイズのループが切断され、接地への高周波接続が維持され、放射過渡現象が排出されます。

理想的には、シールド自体は、できるだけ多くのカバーを備えた編組である必要があります(ケーブルの柔軟性と直径の実際的な制約内)。

金属箔シールドを使用できますが、箔の継ぎ目から高周波エネルギーが漏れる傾向があり、過渡現象に対して効果的ではありません。

ILX社ケーブル

適切なケーブルは、システムのセットアップとシステムのノイズ環境の両方に依存します。

もちろん、これらの要因はアプリケーションによって大きく異なります。ILXでの実験室でのテストの結果に基づいて、外側シールドを編組した独自のツイストペアケーブルを作成しました。このケーブルは、ほとんどの過渡ノイズ信号の可能な限り最良の除去を提供するように設計されています。

1996年2月以降、このタイプのケーブルはILX Lightwaveから標準電流源ケーブルとして入手できます。すべての状況は異なりますが、このケーブルは最も広い実験室条件で最高の保護を提供すると考えています。詳細については、ILX Lightwaveの担当者にお問い合わせください。

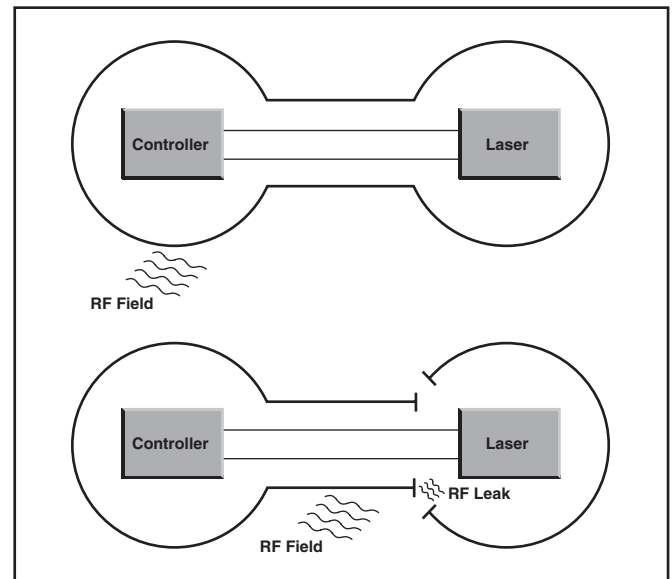


Figure 12. 「バーベル」モデルで表されるシステムシールド。シールドの破損により、過渡現象が「漏れる」可能性があります。(参照10、11)

LEVEL III 研究室の環境

電力線の過渡現象によってレーザーが損傷するかどうかは、過渡現象の大きさ、過渡現象の時間的品質、レーザーの感度など、いくつかの要因に依存します。

これらの要因は、特定のレーザーおよび実験室環境の詳細によって異なります。

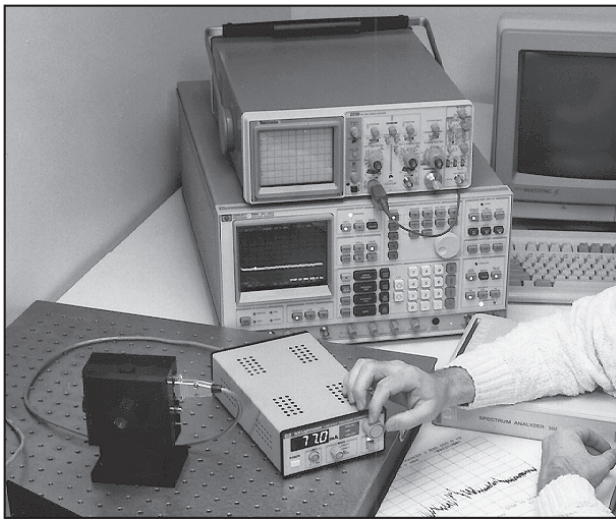
電氣的過渡現象の量と大きさを最小限に抑えるためにラボ環境を計画することを強くお勧めします。

トランジェントのすべての原因を除去することは実用的ではないことを認識しています。ただし、ラボのレイアウトと組織には、実際には非常に簡単に実装できる重要な意味があります。

疑わしい場合は、常に最も保守的なアプローチを取ることが最善です。

推奨事項の概要— Level II

- 接地は複雑な問題であり、アプリケーションに依存します。
接地ノードの用語と機能をよく理解してください。
ダイオードワイヤを他の電流のリターンパスとして使用しないでください。グラウンドループを避けます。ILX機器を使用するときは、アースに対してレーザーダイオードを浮かせたままにするのが最善です。
- 適切にシールドされたケーブルを使用して、放射トランジェントの結合を減らします。（1996年2月現在、ILX Lightwaveの標準電流源ケーブルは、独自の編組シールドツイストペアです。詳細については、ILX Lightwaveの担当者にお問い合わせください。）適切なケーブル終端を使用します。
- レーザーダイオードへのすべてのケーブルがしっかりと固定されていることを確認してください。電流源ケーブルを実験室の他のケーブルと「束ねない」でください。



電気的高速過渡現象

過渡抑制技術は、従来、実験室の近く（または実験室に入る電力線の近く）での落雷による過渡現象に焦点を合わせてきました。

普及している2番目のクラスのライントランジェントは、電気的高速トランジェント（EFT）です。

EFTは非常に高速な過渡現象（通常は数十ナノ秒の持続時間）であり、高周波成分のために放射して他の機器に結合する傾向があります。（サイドバー、18ページを参照）

ほとんどのラボでは、EFTは大きな電力線サージ電流を必要とする機器（はんだごて、ほとんどのモーターおよびコンプレッサー機器など）によって引き起こされます。

スイッチング電源で設計された機器（実質的にすべてのコンピューター）もEFTを生成します。

繰り返しになりますが、EFTは通常、雷または電力サージよりもはるかに高速であり、サージ過渡現象と比較して、ラボ全体に放射する傾向が大きくなります。

前述のように、計装は最大の過渡抑制を実用的に設計する必要があり、適切な接地と適切にシールドされたケーブルの使用は放射過渡の抑制に役立ちます。

最高の防御策を施したとしても高周波過渡現象が見つかる可能性があります

EFTスパイクの発生源を可能な限り隔離することを強くお勧めします。

放射過渡

レーザーダイオードは、すべてのソースとEFTを含むすべてのタイプの電磁干渉（EMI）に敏感です。

あるレーザーメーカーが指摘しているように、「高周波EMIを放出する機器の近くで発生する可能性のある誘導電圧によって、レーザーチップが損傷または破壊される可能性があります。

蛍光灯やその他のEMI放射源の近くでレーザーチップを使用しないでください。」（参照4）

電源または産業用負荷が回線上で切り替えられる環境では、高レベルの放射EMI過渡現象が発生する場合があります。

ガスレーザーおよびエキシマレーザーの高電圧電源は、大量のEMIを生成することで有名です。

このタイプの干渉は、ソースが別の実験室にある場合でも問題になる可能性があります。

理想的には、EMIの発生源とレーザーダイオードの物理的な分離を最大化するために、実験室のレイアウトを計画する必要があります。

繰り返しますが、ケーブルは適切にシールドし、ドライブの計装とレーザーにしっかりと接続する必要があります。

また、レーザーケーブルを他の機器ケーブルからできるだけ離すことをお勧めします。

機器の電源コードとケーブルをレーザー駆動ケーブルと「束ねる」ことは避けてください。そうしないと、他の機器からのノイズや過渡現象がレーザーケーブルに直接放射されやすくなります。

Radiated Transients: どの様に結合されるか?

結合メカニズムは、エネルギーがノイズ源から受信回路に伝達される経路です。カップリングメカニズムの最も明白な例は、テレビアンテナです。

残念ながら、カップリングは常に望ましいとは限りません。この例としては、レーザーダイオードの動作中に隣人のブレンダーや掃除機をノイズを拾うことがあります。

ノイズが空間を伝わり、受信側の導体に結合する物理法則は、James Clerk Maxwell (1831-1879) によって説明されました。

私たちの目的のために、単純化された説明はMaxwellによって記述されたメカニズムの概要を提供します。

1つのメカニズムには、放射源からの電界を受信導体に結合することが含まれます。これは、ノイズ源とレシーバー間の容量としてモデル化できます。受信機に存在するエネルギーの量は、結合容量と受信機のアースへの容量に依存します。これにより、インピーダンス分割回路が設定されます。このタイプのカップリングでは、静電容量に影響するパラメーター（つまり、導体の面積と分離）がカップリングに影響します。（Ref.8、p.30）

より高い周波数では、電界が最も支配的な結合メカニズムです。

これらのフィールドを効果的に封じ込めるには、グランドで終端された金属シールドを使用します。

（対象のノイズ周波数でグランド終端が低インピーダンスでなければならないことに注意してください。）

容量性結合を減らす他の方法は、導体の分離です。これにより結合モデルの容量性項が減少します。

過渡現象が受信導体に結合される2番目のメカニズムは、磁場によるものです。

これは、ノイズ源と受信導体間の相互インダクタンスとしてモデル化できます。

この場合、相互インダクタンスは、誘導電界強度、媒体の磁気特性、およびレシーバーの伝導ループの面積に依存します。（参照8、37ページ）

誘導結合は、低周波数（特に50/60 Hz）で最も一般的です。このノイズ結合は、磁場を封じ込めるか、ループ領域を縮小することによってのみ低減できます。

ほとんどの金属は磁場強度にほとんど影響を与えないため、磁気場を効果的に封じ込めるには、高透磁率の特別な（より高価な）材料を使用する必要があります。

受信導体のループ領域を最小化することは、誘導結合を低減するためのより費用効果の高い方法です。

AC電源ラインの分離

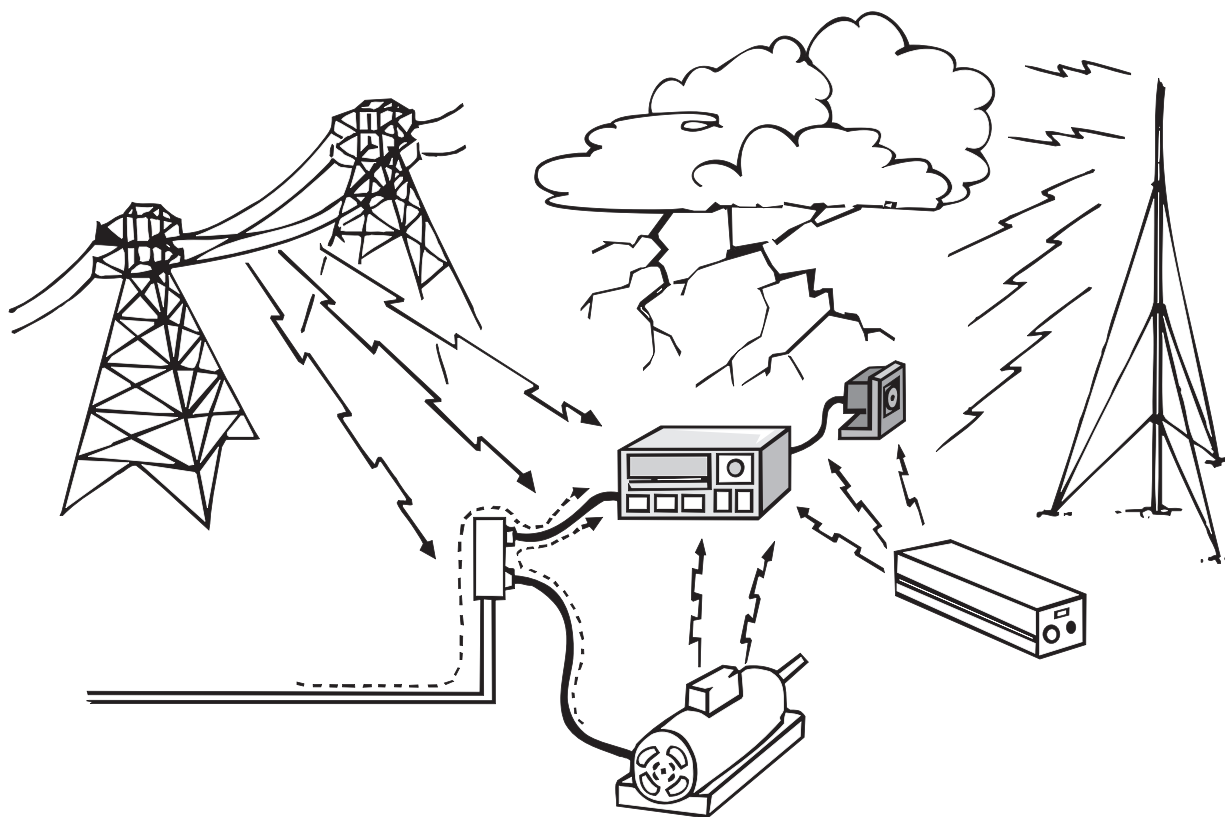
ほとんどのメーカーは、電流源に適切な過渡抑制が含まれていると主張しています。残念ながら、それらの過渡仕様は入力過渡または他のテスト条件のレベルを示していません。

ILXでは、IEC標準の1000 V過渡電流に対する過渡減衰の電流源をテストし、お客様にできるだけ多くの情報を提供するよう努めています。

(IEC規格委員会は、標準的なサージとEFTのプロファイルとレベルを定義して、典型的なラボ環境をモデル化しました。これらの規格を使用して、すべての機器に適用される繰り返し可能な試験規格を定義しました。)

ILX Lightwaveで行われたテストは、私たちの知る限り、レーザーダイオードに関するサージおよびEFTラインノイズに関するこれまでで最も広範囲なテストです。(詳細については、ILX技術標準 LDC-00196「レーザーダイオードドライバーの過渡抑制の測定」をリクエストしてください。)

他のメーカーの製品と比較して、ILX光波電流源は過渡フィードスルーが非常に低くなっています(表1)。



ベンチ電源やその他のレーザーなどの一見無害な実験装置でも、高レベルのEMIを生成する可能性があります。適切な予防措置を講じてください。

ほとんどの場合、適切な接地を使用すると、ILX電流源が優れた過渡抑制を提供します。ただし、非常に厳しいライントランジェントが問題である場合、適切に設計された電流源で絶縁トランスを使用する場合など、複数段階の保護に代わるものではありません。

研究所内または研究所の近くで産業用負荷を切り替える場合は、絶縁トランスおよび/またはサージ抑制電源タップを使用してください。Extreme Isolation Transformer (EIT) が過渡的なフィードスルーに対する最良の保護を提供することがわかりました。

さらに、実験用電源、はんだごて、またはレーザー電流源と同じ電源タップでスイッチング電源を使用するその他の電子機器の使用は避けてください。

(「サージ抑制」電源タップは多くの場合、ACメインを機器から分離するように設計されていますが、機器を互いに分離するのに必ずしも効果的ではありません。)

そのような機器で共通のラインを使用する必要がある場合は、レーザードライバーを別のサージプロテクターで分離し、これらの機器をレーザーおよび通電ケーブルからできるだけ離してください。

LEVEL IV

取扱いと人間の接触

適切な取り扱いは、おそらくレーザー保護の最も見落とされている側面です。

しかし、レーザーダイオードの慎重な保管、輸送、取り付けは、最適なレーザー寿命を確保する上で重要です。

静電放電

レーザーダイオードは、ほとんどの半導体デバイスと同様に、偶発的な静電放電 (ESD) によって簡単に損傷または破壊される可能性があります。実際、ESDはレーザーダイオードの早期故障の主な原因の1つであることが示唆されています。

あるレーザーメーカーが述べたように、「ほとんどの研究者は、適切な静電気対策を講じていないことに気付く前に、少なくとも1つまたは2つのレーザーを破壊します。」

推奨事項の概要 — Level III

- EMIの発生源とレーザーダイオードの物理的な分離を最大化するための実験室を計画します。レーザーケーブルを他の機器ケーブルから可能な限り離し、電源コードとケーブルを束ねないでください。
- ラボ内またはラボの近くで産業用負荷を切り替える場合は、絶縁トランスやサージ抑制電源ストリップをレーザー電流源とともに使用してください。
- 実験用電源、はんだごて、またはその他の電子機器で一般的なラインを使用する場合は、独自のサージプロテクターでレーザー電流ドライバーを分離してください。レーザー電流源と同じサージプロテクター電源タップでこのようなデバイスを使用しないでください。



レーザーダイオードは、皮膚を通して感じるには小さすぎる電圧によって損傷を受ける可能性があるため、研究室のESDは正確に特定するのが難しい場合があります。

人間の皮膚は3000V以上にしか敏感ではありませんが、市販のInGaAsPおよびAlGaAsレーザーダイオードは1200Vという低いESD電圧によって損傷を受ける可能性があるという経験的証拠があります。(図13)

静電気の火花を聞いたり感じたりしないからといって、危険なESD放電がないと思込まないでください。

すべての半導体デバイスと同様に、ESDはレーザーダイオードの潜在的な損傷の可能性があります。

言い換えれば、ESDは、すぐに症状を引き起こすことなく、単にデバイスを弱める可能性があります。静電放電は、光キャビティの外側の領域でP-N接合を破壊します。

通常の使用で、これらの欠陥は時間とともにレーザーキャビティに伝播します。結果として生じるパフォーマンスの低下は、最初の損傷が発生してからずっと後に現れることがあります。(参照5)

この「潜在的な障害」が最終的に発生すると、他の原因に起因する可能性があります。ユーザーは無視しますが、ESDの問題は未確認のままです。

ESD制御プログラムに従う際の適切な規律は軽視できません。静電気のない環境が必須です。

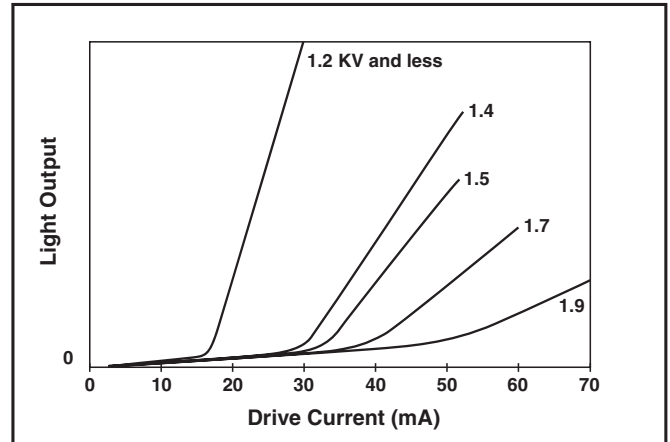


Figure 13. さまざまな電圧での逆バイアスESDストレス後のInGaAsPレーザーの順方向L/I特性。1400 Vでの突然の故障開始に注意してください(参照7)。

すべての潜在的なESDリスクの排除は理論的には簡単ですが、達成が難しい場合があります。レーザーダイオード(またはその他の静電気に弱いデバイス)が定期的に処理される施設では、独立した認定コンサルタントによるESD監査が推奨されます。(参照16)

ただし、一般的に、常に従わなければならない4つの基本的な「ゴールデンルール」があります。

1. 保護されていないデバイスを扱う際は、蓄積された電荷を安全に接地に排出するよう設計された保護リストストラップを着用してください。1MΩの直列抵抗を備えた安全で快適なストラップを選択してください。適切に接地されたピンセット、はんだごて、その他のツールも同様です。
2. 保護されていないレーザーは、認定された静電気拡散性の作業面にのみ配置してください。
3. レーザーを輸送、保管、または使用しないときは、レーザーを導電性のシールド材で完全に囲んでください。使用しないときはピンを導電性フォームに挿入してショートさせます。レーザーに取り付けられ、ピンを自動的に短絡するスプリング状のシャントデバイスを強くお勧めします。(参照17)

4. デバイスは誘導的に帯電する可能性が有る為、すべての電荷生成材料を保護されていないデバイスから少なくとも12インチ離してください。

問題のある地域では、帯電防止床カバーとイオン化された送風機も推奨されます。

電荷生成に耐性のある材料で作られた衣服を着用してください。（綿が最適で、ウールは許容でき、合成繊維は貧弱です。）

静電気防止製品は、時間の経過とともに劣化する可能性があるため、効果について定期的に検査する必要があります。

静電破壊はレーザーダイオードがしばらく使用されるまで現れない場合があるため、ESD損傷に対する予防措置を講じることは特に重要です。

その他の取り扱い上の注意

通常、TOパッケージのウィンドウは非常に薄い（通常は約 $\frac{1}{4}$ mm）。レーザーダイオードをマウントソケットに挿入するときに、窓を押さないでください。帯電防止手袋または指サックを着用し、パッケージの底面を押してデバイスを所定の位置に押し込みます。

使用しないときは、輸送用コンテナにレーザーダイオードを保管してください。これは、ESDからの保護に役立つだけでなく、埃や汚れをレーザーウィンドウに寄せ付けないようにします。ウィンドウが汚れた場合は、試薬グレードのアセトンまたはプロパノールで湿らせたレンズティッシュで清掃します。（参照2）

オープンヒートシンクレーザーダイオードを取り扱うときは、レーザーチップ上の機械的な接触やファセットの汚染を避けるために、細心の注意を払ってください。ファセットから粒子を取り除くには、穏やかな乾燥窒素ガス流を使用します。

ピンセットでデバイスを取り扱い、皮膚の油による汚染を避けます。

これらのタイプのレーザーをヒートシンクに取り付けるときは、グリースがクリープし、最終的にレーザーを汚染する可能性があるため、熱伝導グリースを使用しないでください。

（熱伝導グリースは、密封されたパッケージで許容されます。）ファセットがオイルベースの物質で汚染された場合は、製造業者のクリーニングに関する推奨事項に従ってください。

光ファイバーをレーザーに結合しようとする場合は注意してください。レーザーがファセットに接触すると損傷する可能性があります。

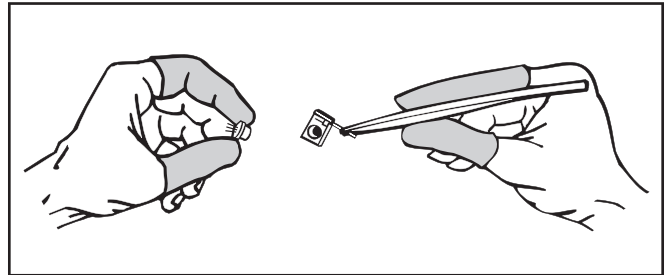


Figure 14. レーザーダイオードを取り扱うときは、帯電防止手袋または指サックを着用してください。開いているヒートシンクレーザーの側面には触れないでください。（参照2）

ほとんどのメーカーは、はんだ付けの最大温度と時間（通常は250~300°Cで10秒未満）を含むはんだ付けの詳細な手順を提供します。

レーザーダイオードのピンでレーザーダイオードを運んだり、扱ったりしないでください。多くのレーザーパッケージのピンは、ガラスシールでケースから絶縁されています。レーザーを取り付けるときは、ピンを曲げすぎてシールが破損しないように注意してください。

まとめ

レーザーダイオードは、静電気放電と電流スパイク（過渡）に対して非常に敏感です。損傷により、出力電力の低下、しきい値電流のシフト、ビーム発散の変化、最終的にはレーザーの失敗（LEDのような出力のみ）が発生する可能性があります。

このアプリケーションノートでは、レーザーダイオードを保護するための予防措置と手順の概要を説明しています。特定のアクションの要約チェックリストは次のとおりです。これらの推奨事項に従い、チェックリストを使用してレーザー損傷のリスクを最小限にすることを強くお勧めします。

ILXでは、安全で成功したレーザーダイオードの使用をお勧めします。ご質問がある場合は、ILX担当者にお問い合わせください。

推奨事項の概要 — Level IV

- ESDは、レーザーの早期故障の主な原因です。
少なくとも、静電気防止用リストストラップ（1MΩ抵抗で接地）、接地はんだごて、および接地作業場を使用してください。イオン化された送風機と帯電防止床カバーも推奨されます。
- レーザーを輸送または保管するときは、必ずレーザーダイオードのリード線を短絡してください。（ILX電流源出力は、使用されていない場合、自動的に短絡されます。）
保護されていないレーザーは静電気拡散性の作業面にのみ配置し、すべての電荷生成材料をレーザーから遠ざけてください。
- レーザーダイオードの取り扱いには注意してください。帯電防止手袋を着し、メーカーの推奨に従ってレーザーを清掃します。

Laser Protection Checklist

レーザーダイオードを完全に保護し、損傷のリスクを最小限に抑えるには、次のすべての予防措置を講じる必要があります。

LEVEL I 電源供給装置

- 電圧源を使用してレーザーを駆動しないでください。少なくとも、短絡出力、スロースタート、独立したクランプ電流制限、過電圧保護、実証済みの過渡抑制を備えた電流源を選択してください。
- レーザーの動作電流に見合った最大電流レベルの駆動機器を選択します。（特定のパラメーターは、電力線過渡抑制のレベルを含む、機器の最大電流に比例します。）
- 電流制限を予想される動作電流のすぐ上に設定します。装置電源供給が提供する場合は、電力制限も使用します。
- 用途とレーザーの種類に応じて、レーザーを可能な限り低い温度で操作してください。レーザーマウントが、熱暴走を起こすことなく、レーザーによって生成された熱を放散できることを確認してください。

LEVEL II システム・セットアップ

- 接地は複雑な問題であり、アプリケーションに依存します。言及された用語の用語と機能に精通してください。ダイオードワイヤを他の電流のリターンパスとして使用しないでください。グラウンドループを避けます。ILX機器を使用するときは、アースに対してレーザーダイオードを浮かせてままにするのが最善です。
- 適切にシールドされたケーブルを使用して、放射トランジェントの結合を減らします。（1996年2月以降、ILXの標準電流源ケーブルは、独自の編組シールドツイストペアです。詳細については、ILX担当者にお問い合わせください。）適切なケーブル終端を使用してください。
- レーザーダイオードへのすべてのケーブルがしっかりと固定されていることを確認してください。電流源ケーブルを実験室の他のケーブルと「束ねない」でください。

LEVEL III 研究室内環境

- EMIの発生源とレーザーダイオードの物理的な分離を最大化するために、実験室を最適化します。レーザーケーブルを他の機器ケーブルから可能な限り離してください。
- ラボ内またはラボの近くで産業用負荷を切り替える場合は、絶縁トランスやサージ抑制電源ストリップをレーザー電流源とともに使用してください。
- 実験用電源、はんだごて、またはその他の電子機器で共通ラインを使用する場合は、独自のサージ保護装置でレーザー電流ドライバーを分離してください。レーザー電流源と同じサージプロテクターの電源タップでこのようなデバイスを使用しないでください。

LEVEL IV 取扱い及び静電気 (ESD)対策

- ESDは、レーザーの早期故障の主な原因と考えられています。少なくとも、静電気防止用リストストラップ（1MΩ抵抗で接地）を接地したはんだごて、および接地した作業場を使用してください。イオン化された送風機と帯電防止床カバーも推奨されます。
- レーザーを輸送または保管するときは、必ずレーザーダイオードのリード線を短絡してください。（ILX電流源の出力は、使用しない場合は自動的に短絡されます。）静電気拡散性の作業面にのみ保護されていないレーザーを配置し、すべての電荷生成物質をレーザーから遠ざけます。
- レーザーダイオードの取り扱いには注意してください。帯電防止手袋を着用し、メーカーの推奨に従ってレーザーを清掃します。

References:

1. Heterostructure Lasers, Volume 1&2. H. Casey and M. Panish.
2. Laser Diode Operator's Manual & Technical Notes. 1994, SDL Inc.
3. 1993 Product Guide. 1993, Lasertron Corporation.
4. 95-96 Laser Diode Data Book. 1995, Rohm Corporation
5. S. P. Sim, M. J. Robertson, R.G. Plumb, "Catastrophic and latent damage in GaAlAs lasers caused by electrical transients," Journal of Applied Physics, 55, 3950-5 (June, 1984).
6. D. A. Shaw, P.R. Thornton, "Catastrophic Degradation in GaAs Laser Diodes," Solid State Electronics, 13, 919-24 (1970).
7. L. F. DeChiaro, B. A. Unger, "Degradation in InGaAsP Semiconductor Lasers Resulting from Human Model ESD," 1991 EOS/ESD Symposium Proceedings.
8. Noise Reduction Techniques In Electronic Systems. H. Ott., 1976, John Wiley & Sons.
9. Controlling Radiated Emissions by Design. M. Mardiguian, 1992, Van Nostrand Reinhold.
10. E. F. Vance, F. M. Tesche, "Shielding Topology in Lightning Transient Control," NASA Conference Publication 2128 FAA-RD-80-30.
11. D. L. Sweeney, M. Sweeney, "Mitigating Excessive Emissions," ITEM '89
12. D. Gerke, B. Kimmel, "Grounding: Facts and Fallacies," EDN Supplement, 39, 2, 91-100. (January 20, 1994).
13. D. Gerke, B. Kimmel, "Cables and Connectors: How to Stop the EMI Leaks," EDN Supplement, 39, 2, 71-77 (January 20, 1994).
14. W. G. Olsen, D. J. Hodgson, B. Bowen, "Measuring Transient Suppression of Laser Diode Drivers," Technical Standard TS-00196, 1995 ILX Lightwave Corp.
15. D. E. Frank, "ESD phenomenon and effect on electronic parts," Douglas Paper 7072, McDonnell Douglas Corp., April, 1981.
16. R. Peirce, "ESD Liability Analysis," ESD Technical Services," August, 1995
17. D. Cronin, "CRO-BAR: A New Technique for ESD Protection," EMC Test & Design, January, 1993.
18. J. R. Huntsman, D.M. Yenni, Jr., "Test Methods for Static Control Products," 1982 3M Static & Electromagnetic Control Division.
19. D. M. Yenni, Jr., J. R. Huntsman, "Quality Through Static Damage Prevention," 1981 3M Static & Electromagnetic Control Division.
20. D. Stanisich, B. Bowen, "Laser Diode Protection Strategies," 1988 ILX Lightwave Corp.
21. D. J. Hodgson, "Clamping Limit of an LDX-3525 Precision Current Source," Technical Note, 1995 ILX Lightwave Corp.
22. Physics of Semiconductor Laser Devices., G. Thompson, John Wiley & Sons, 1980, 28-29.

For more information about temperature control, request the following ILX Lightwave Applications Notes:

ILX Application Notes #1, "Controlling Temperatures of Diode Lasers and Detectors Thermoelectrically."

ILX Application Notes #2, "Selecting and Using Thermistors for Temperature Control."

ILX Application Notes #4, "Thermistor Calibration and the Steinhart-Hart Equation."

Special Thanks to Roger Peirce, President of ESD Technical Services, Langhorne, PA. (215) 364-1050. Formerly a research scientist at AT&T Bell Laboratories, Roger is an expert in the area of ESD prevention.

© Copyright ILX Lightwave Corp., 1996.

For additional copies, please contact your ILX Lightwave representative.

The following publications are available for download on at www.ilxlightwave.com.

White Papers

- A Standard for Measuring Transient Suppression of Laser Diode Drivers
- Degree of Polarization vs. Poincaré Sphere Coverage
- Improving Splice Loss Measurement Repeatability

Technical Notes

- Attenuation Accuracy in the 7900 Fiber Optic Test System
- Automatic Wavelength Compensation of Photodiode Power Measurements Using the OMM-6810B Optical Multimeter
- Bandwidth of OMM-6810B Optical Multimeter Analog Output
- Broadband Noise Measurements for Laser Diode Current Sources
- Clamping Limit of a LDX-3525 Precision Current Source
- Control Capability of the LDC-3916371 Fine Temperature Resolution Module
- Current Draw of the LDC-3926 16-Channel High Power Laser Diode Controller
- Determining the Polarization Dependent Response of the FPM-8210 Power Meter
- Four-Wire TEC Voltage Measurement with the LDT-5900 Series Temperature Controllers
- Guide to Selecting a Bias-T Laser Diode Mount
- High Power Linearity of the OMM-6810B and OMH-6780/6790/6795B Detector Heads
- Large-Signal Frequency Response of the 3916338 Current Source Module
- Laser Wavelength Measuring Using a Colored Glass Filter
- Long-Term Output Drift of a LDX-3620 Ultra Low-Noise Laser Diode Current Source
- Long-Term Output Stability of a LDX-3525 Precision Current Source
- Long-Term Stability of an MPS-8033/55 ASE Source
- LRS-9424 Heat Sink Temperature Stability When Chamber Door Opens
- Measurement of 4-Wire Voltage Sense on an LDC-3916 Laser Diode Controller
- Measuring the Power and Wavelength of Pulsed Sources Using the OMM-6810B Optical Multimeter
- Measuring the Sensitivity of the OMH-6709B Optical Measurement Head
- Measuring the Wavelength of Noisy Sources Using the OMM-6810B Optical Multimeter
- Output Current Accuracy of a LDX-3525 Precision Current Source
- Pin Assignment for CC-305 and CC-505 Cables
- Power and Wavelength Stability of the 79800 DFB Source Module
- Power and Wavelength Stability of the MPS-8000 Series Fiber Optic Sources
- Repeatability of Wavelength and Power Measurements Using the OMM-6810B Optical Multimeter
- Stability of the OMM-6810B Optical Multimeter and OMH-6727B InGaAs Power/Wavehead
- Switching Transient of the 79800D Optical Source Shutter
- Temperature Controlled Mini-DIL Mount
- Temperature Stability Using the LDT-5948
- Thermal Performance of an LDM-4616 Laser Diode Mount
- Triboelectric Effects in High Precision Temperature Measurements
- Tuning the LDP-3840 for Optimum Pulse Response
- Typical Long-Term Temperature Stability of a LDT-5412 Low-Cost TEC
- Typical Long-Term Temperature Stability of a LDT-5525 TEC

- Typical Output Drift of a LDX-3412 Loc-Cost Precision Current Source
- Typical Output Noise of a LDX-3412 Precision Current Source
- Typical Output Stability of the LDC-3724B
- Typical Output Stability of a LDX-3100 Board-Level Current Source
- Typical Pulse Overshoot of the LDP-3840/03 Precision Pulse Current Source
- Typical Temperature Stability of a LDT-5412 Low-Cost Temperature Controller
- Using Three-Wire RTDs with the LDT-5900 Series Temperature Controllers
- Voltage Drop Across High Current Laser Interconnect Cable
- Voltage Drop Across High Current TEC Interconnect Cable
- Voltage Limit Protection of an LDC-3916 Laser Diode Controller
- Wavelength Accuracy of the 79800 DFB Source Module

Application Notes

- App Note 1: Controlling Temperatures of Diode Lasers and Detectors Thermoelectrically
- App Note 2: Selecting and Using Thermistors for Temperature Control
- App Note 3: Protecting Your Laser Diode
- App Note 4: Thermistor Calibration and the Steinhart-Hart Equation
- App Note 5: An Overview of Laser Diode Characteristics
- App Note 6: Choosing the Right Laser Diode Mount for Your Application
- App Note 8: Mode Hopping in Semiconductor Lasers
- App Note 10: Optimize Testing for Threshold Calculation Repeatability
- App Note 11: Pulsing a Laser Diode
- App Note 12: The Differences between Threshold Current Calculation Methods
- App Note 13: Testing Bond Quality by Measuring Thermal Resistance of Laser Diodes
- App Note 14: Optimizing TEC Drive Current
- App Note 17: AD590 and LM335 Sensor Calibration
- App Note 18: Basic Test Methods for Passive Fiber Optic Components
- App Note 20: PID Control Loops in Thermoelectric Temperature Controllers
- App Note 21: High Performance Temperature Control in Laser Diode Test Applications

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 59771-6310
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

