

### 概要

LDP-3830高精度パルス電流源は、LPB-386パルスボードでパルスを生成することにより、ほとんどのインピーダンスマッチングの問題を解決します。レーザーがLPB-386に取り付けられている場合、または10インチより短い低インピーダンスケーブルで接続されている場合、エラーのないパフォーマンスが期待できます。接続を長くするには、ほとんどの低インピーダンスケーブルを使用できますが、ダイオードの抵抗はケーブルの抵抗と一致する必要があります。

### インピーダンスとケーブル長

負荷（実装された）でのLDパルスは、LD駆動源でのパルスとは異なる場合があります。パルス形状の不一致は、LD駆動源と負荷の間の距離と、LD駆動源、接続ケーブル、および負荷のインピーダンスの組み合わせによって発生します。

ケーブルの片道伝搬遅延が、適用された信号の立ち上がり/立ち下がり時間の半分以上である場合（どちらか速い方）、伝送ラインインピーダンスの整合が必要です。

一般に、ほとんどの差動ケーブルの伝搬遅延は約1.5 ns / ftです。従って立ち上がり時間：1ナノ秒ごとに、2インチケーブル長を超える場合がインピーダンスの整合が必要になる目安です。

LDP-3830は10nsの立ち上がり時間が仕様値なので20インチを超えるケーブル長ではインピーダンス整合が必要です。

### ロードラインマッチング

適切なインピーダンス整合の最も重要な要件は、負荷のインピーダンスを伝送ラインのインピーダンスに整合させることです。LDP-3830は負荷インピーダンスを動的に調整するため、ソースマッチングは不要です。

負荷インピーダンスがケーブルインピーダンスと一致する場合、LPB-386パルスボードは、光源とレーザー間で一致したパルス形状を持ちます。

### パルスダイオード用の低インピーダンスケーブル

高周波信号伝送用に作られたほとんどのケーブルは、低電流用に設計されています。伝送ラインの一般的なインピーダンス標準は、50、75、100、300、600オームです。LDP-3830は20Vで最大5Aを供給でき、特性インピーダンスによりLDP-3830がコンプライアンス電圧を超えるため、ほとんどのシェルフケーブルを使用しても機能しません。ほとんどの場合、ケーブルはカスタムメイドでなければなりません。ケーブルを作成するには、2つの一般的な方法があります。

最も簡単なケーブルは、結合された銅箔伝送ラインです。ただし、このケーブルを負荷にインピーダンス整合させることはより困難です。このケーブルのインピーダンス ( $Z_0$ ) は、無損失の平行平板の場合、以下の式に近似します。

$$Z_0 = \frac{120\pi \cdot d}{\sqrt{\epsilon_r} \cdot w}$$

ここで  $\epsilon_r$  は絶縁体の比誘電率、 $w$  はプレートの幅、 $d$  はプレート間の間隔です。これらのケーブルは、ポリイミドテープまたはアクリルテープの両側に銅テープを配置することで作成できます。

5 mil Kapton® テープ (3M™ 5413) に取り付けられた ½ インチ幅の銅テープ (3M™ 1126) のアセンブリの特性インピーダンスは約4Ωです。

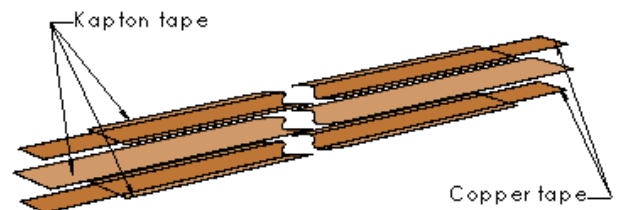


図1：結合銅箔伝送ラインの図。

# TECH NOTE

構築するのは難しいが、インピーダンスを簡単に変更できるもう1つのケーブル配線方法は、フラットリボンケーブルを使用することです。これらのケーブルは、導体間でインピーダンスが一貫するように一貫して製造されています。一般的なIDCリボンケーブルのインピーダンスは、約95~110Ωです。このインピーダンスは、隣接する導体でグラウンドに囲まれた信号（グラウンド/信号/グラウンド）に基づいています。パルスに使用する場合、このケーブルは差動構成（アノード+/カソード-）で使用されます。このケーブルが（G/A+/G/C-/G）構成で配線された場合、インピーダンスはリボンケーブルの2倍になります。有線（A+/C-）の場合、2本の信号線間の仮想グラウンドによりインピーダンスが低下します。これにより、リボンケーブルのインピーダンスの約1.6倍の差動インピーダンスになります。

インピーダンスをさらに下げるには、各導体のアノードとカソードを交互に使用したケーブル構成（A+/C-/A+/C-）。を継続する必要があります。これは、各信号ペア間に作成された仮想グラウンドにより、インピーダンスを低減する最も効果的な方法です。各導体間のわずかな不均衡により、ケーブルのインピーダンスは、導体の数を2倍にするたびに半分以下に減少します。5オームのインピーダンスケーブルを実現するには、少なくとも40本の導体を使用する必要があると推定されます。リボンケーブルを使用すると、インピーダンスの調整が追加の導体を追加または削除するのと同じくらい簡単になるという追加の利点があります。

図2~4は、さまざまな接続の例です。上の信号はLPB-386の電流モニターポートからの電気信号で、下の信号は検出された光信号です。

ケーブルインピーダンスの不整合は、電気応答の銅箔ケーブル（図3）とフラットリボンケーブル接続（図4）の両方で明らかでした。このリップルは、検出器の帯域幅が狭いため、光信号では明らかではありません。LPB-386で配線を広げることによって生じる追加のケーブルインダクタンスは、両方のケーブルインスタンスの立ち上がり時間に影響します。

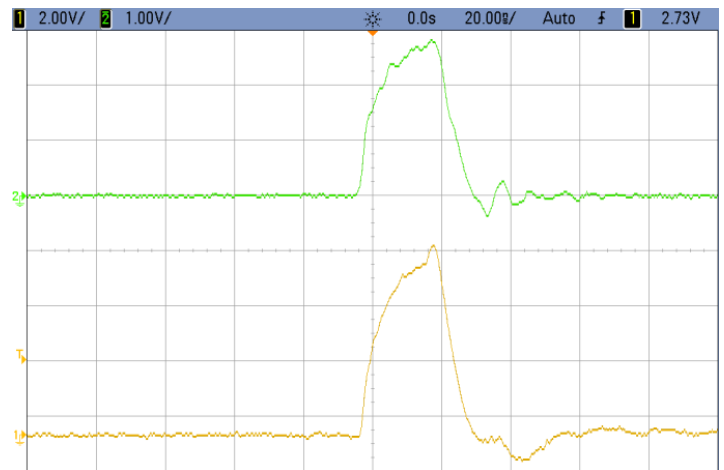


図2：直接接続

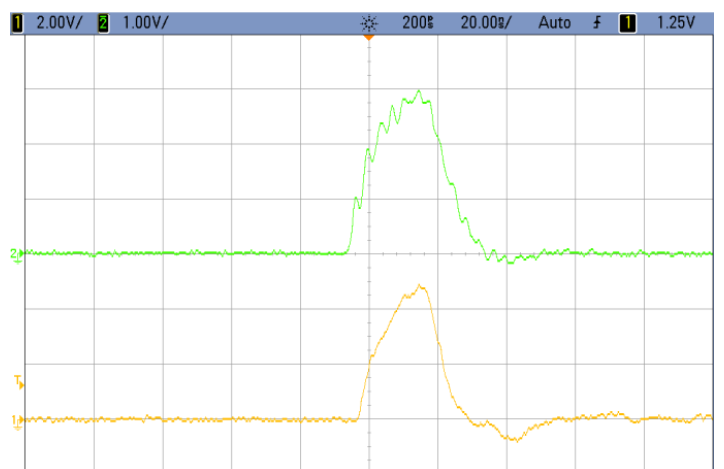


図3：結合銅箔ケーブル

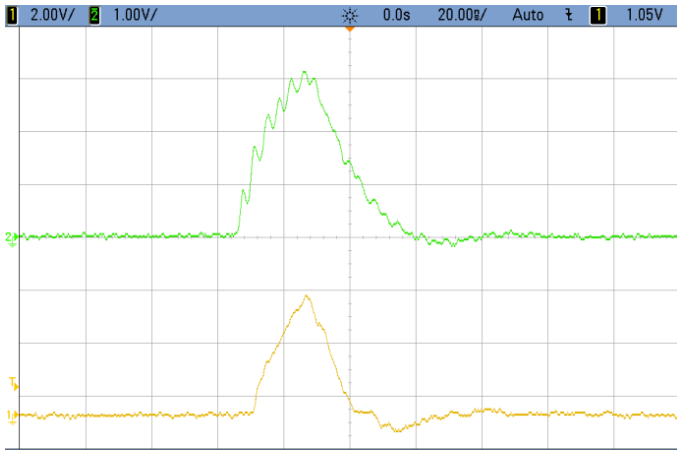


図4：34ピンリボンケーブルの接続

## DETERMINING MATCH

LPB-386の電流プローブを使用して、ケーブルが負荷に正しく適合しているかどうかを判断できます。このポートはソースにあるため、波形の最初の部分は最初に伝送ケーブルのインピーダンスに反応し、次に負荷のインピーダンスに反応します。

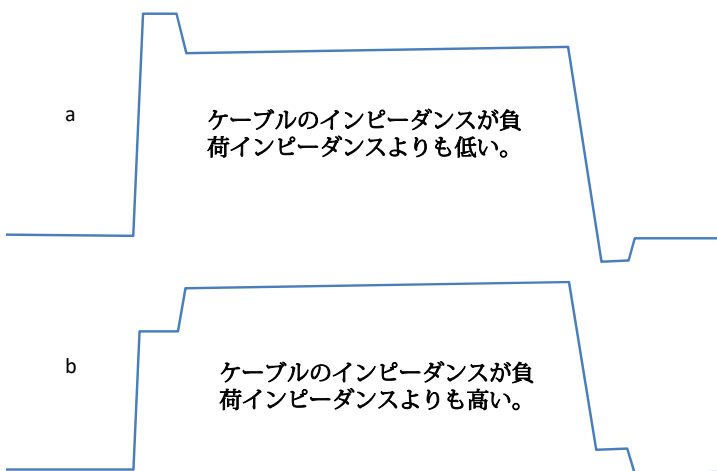


図5：インピーダンス不一致の例

信号の立ち上がりエッジと立ち下がりエッジでのオーバーシュートの延長（図5a）は、ケーブルインピーダンスが負荷より小さいことを示しています。ケーブルのインピーダンスは、幅を狭くするか、ケーブル内のワイヤの数を減らすことで増加させる必要があります。立ち上がりエッジと立ち下がりエッジで顕著なアンダーシュート（図5b）は、ケーブルのインピーダンスが負荷のインピーダンスよりも大きいことを示しています。ケーブルのインピーダンスは、ストリップラインの幅を広げるか、導体を追加することにより低減する必要があります。あるいは、レーザーの直列抵抗を使用して、負荷のインピーダンスを増加させることができます。

注：LDP-3830は、電流検出ポートで使用可能なものと同じ電流測定値を検出しています。ミスマッチのケーブルと負荷の反射による電流のこれらのオフセットは、制御電流に影響します。

## 結論

要約すると、最高のパフォーマンスを得るには直接接続が推奨されますが、これは常に実用的ではなく、相互接続ケーブルが必要になる場合があります。ケーブルを使用する場合、特性インピーダンスの低いケーブルを使用する必要があります。差動ケーブルの長さが20インチを超える場合、ケーブルのインピーダンスを負荷に一致させる必要があります。

## REFERENCES

Buhler, R., *Flat Cable Characteristic Impedance Reduction and Measurement Techniques*, Paper for the 11<sup>th</sup> Annual regional Symposium on Electromagnetic Compatibility, Wednesday October 3, 2011, Rocky Mountain Chapter of the IEEE EMC Society, at the Radisson Inn, Northglenn, Colorado USA.