

2602B型システム・ソースメータ®を使用した レーザ・ダイオード・モジュールと VCSELの高スループットDC生産試験

はじめに

レーザ・ダイオード (LD) と VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser: 面発光型半導体レーザ) は、光通信、分光法、およびその他多くの重要な応用例で使用される重要な部品です。これらの応用例での需要が増えると、基本部品自体に対するニーズも高まります。この需要により、正確で費用効率の高い生産試験戦略の開発にさらに重点を置くことが求められます。

代表的な LD モジュールは、レーザ・ダイオードと裏面モニタ・フォトダイオードで構成されます。温度制御されている LD モジュールには、図1に示されているように、LD の動作温度の正確な調整を容易にする熱電コントローラ (TEC) とサーミスタも含まれます (高速 LD モジュールには、図1には示されていない集積モジュレータ・チップが含まれる場合もあります)。

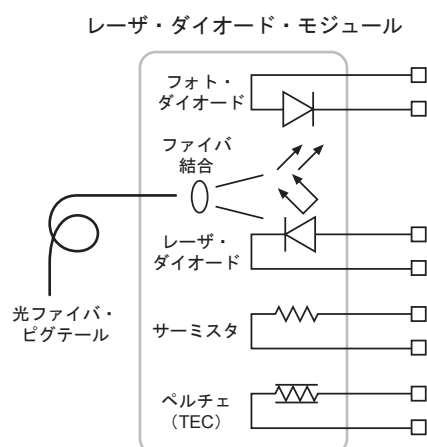


図1. 代表的なレーザ・ダイオード・モジュール

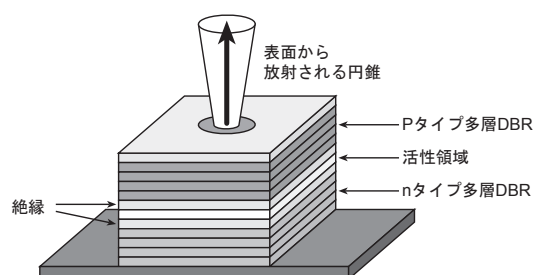


図2. 単純化されたVCSELの構造 (出典: Kartalopoulos)

VCSEL は、標準的なレーザ・ダイオードより複雑な半導体構造を持っていますが、パッケージは一般的により単純です。VCSEL の典型的な断面図を図2に示します。

端面発光型のレーザ・ダイオードとは異なり、VCSEL はウェーハ上で試験できます。この事実は、試験での新しい機会と課題を

提示しますが、それをこのアプリケーション・ノートでこの後取り上げます。

どちらのデバイス・タイプでも、製造プロセスで多くのステップが実行されることを覚えておくことが重要です。各製造ステップの付加価値的な性質を考えると、次のアセンブリ・ステップの前に各部品を試験する必要があります。たとえば、裏面モニタ・フォトダイオードが機能しないためにレーザ・モジュール全体を廃棄するコストは、アセンブリ・ステップの前にフォトダイオード部品をすべて試験するよりはるかに高くなります。試験コストを最小限におさえるには、高速で柔軟な試験ソリューションが不可欠です。

このノートでは、今日の生産環境で求められる高スループットを実現する費用効率の高い DC 試験システムのいくつかを詳細に説明します。

試験の概要

DC 試験では、代表的なレーザ・ダイオード (LD) または VCSEL モジュールの以下の仕様に注目します。

- レーザ順電圧
- キンク試験やスロープ効率 (dI/dI)
- しきい値電流
- PD 逆バイアス電圧
- PD 電流
- PD 暗電流
- 光出力

DC 特性の最も一般的なサブセットは、LIV 試験スイープとして知られる試験で測定できます。この速くて費用のかからない DC 試験では、機能しないアセンブリを試験プロセスの早い段階で特定するので、残りの歩留まりの高い部品を試験するには、費用がかかる非 DC ドメイン試験システムの方が費用効率が優れています。図3は、LIV 試験スイープの実行に使用する一般的な測定器の構成を示します。

LIV 試験スイープ

順電圧試験

順電圧 (V_F) 試験では、LD の順方向の DC 特性を確認します。電流 (I_F) がスイープされ、LD 間の電圧降下が測定されます。

一部の高出力 LD では、通常 1mA の増分で最大 2~3A の電流 (I_F) スイープが必要な場合があります。ほとんどの場合、0.5mA または 0.25mA ステップで最大 1A のスイープが必要です。1 回の試験スイープ時間は、数ミリ秒の範囲内にすべきです。代表的な測定レンジは 0~10V で、マイクロボルト・レベルの分解能が必要です。

2602B型システム・ソースメータ®を使用した レーザ・ダイオード・モジュールとVCSELの高スループットDC生産試験

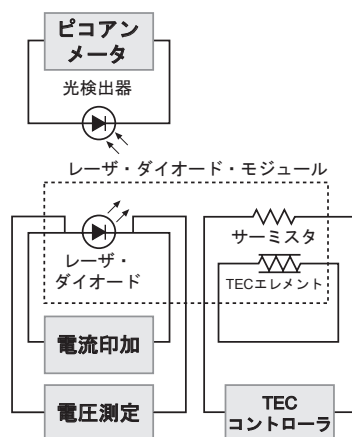


図3. LIV測定のプロック図

代表的なVCSELは、1 μ Aステップの電流で最大30mAの電流 (I_F) スweepを必要とする低電力デバイスです。

この試験では、2602B型2チャンネル・システム・ソースメータ®の1チャンネルを使用して電流をレーザに印加し、対応する電流降下を測定できます。

輝度測定

輝度 (L) 測定では、LDの光出力を確認します。光出力は、駆動電流が増加すると増加します。通常、この試験の出力はミリワット単位で表示します。

DCベースの光測定では、逆バイアス・フォトダイオードがレーザ・ダイオードの出力にさらされます。この放射は吸収され、検出器によって電流が生成されます。この結果生じたフォトダイオードのDC電流は、ピコアンメータまたは電位計（高精度DCマルチメータ）を使用して測定します。ただし、光電流は、許容できる微小電流測定レンジがあればソース・メジャー・ユニット (SMU) でも測定できます。一般的に、多くのレーザでは100nAの測定レンジがあれば十分です。

その後、返された光電流を使用して被測定デバイスの光出力を判定できます。光出力測定には、校正済みの検出器または積分球が必要です。校正情報、つまりレスポンス係数 (R) は波長に依存する値で、校正プロセス中に判定されます。

光電流から光出力を計算するには、次の式を使用します。

$$L = I_p / R$$

ここで、L = 光源の光出力 (ワット)

I_p = 検出器からの電流。一般的に、光電流と呼ばれます (アンペア)

R = 選択した波長での検出器のレスポンス係数 (アンペア/ワット) *

* 検出器や球/検出器アセンブリが校正されている場合は、レスポンス係数曲線が提供されます。

したがって、測定器で測定した電流を、調べたい波長での検出器のレスポンス係数で割ります。この結果が、検出器に影響を与える光出力となります。

レージングしきい値電流試験

しきい値電流は、LDがレージングを開始する電流です。しきい値判定手法の1つは、二次導関数手法です。この方法でのしきい値は、光出力の二次導関数の最初の最大値として定義され、光測定 (L) に基づいて計算されます。これを、図4に強調して表しています。

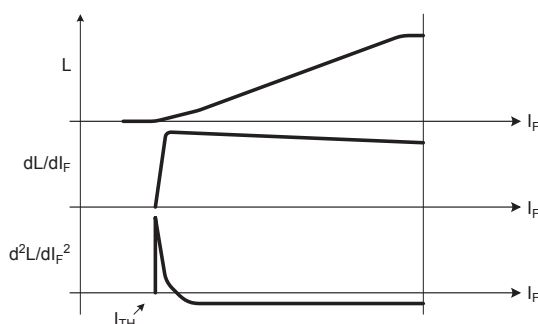


図4. しきい値電流の図式計算

裏面モニタ・ダイオード (BFMD) 試験

この試験では、駆動電流が増加するにつれて、裏面検出器フォトダイオード (逆バイアスも同様に) のレスポンスがLDの光出力を増加させることを確認します。代表的な電流測定レンジは0~100mAで、必要な分解能は0.1mAです。この測定は、一般的にピコアンメータまたは電位計を使用して行いますが、SMUに許容できる微小電流測定レンジがあれば、SMUでも測定できます。一般的に、低電力光デバイスでは100nAの測定レンジがあれば十分です。

この試験では、2602B型システム・ソースメータ®の2番目のSMUチャンネルを使用できます。SMUBチャンネルは光検出器にバイアスをかけ (必要な場合)、同時に光電流を測定できます。または、1チャンネルSMU (たとえば、2601B型) や単純なピコアンメータ (たとえば、6485型) を追加して、内蔵PDの電流を測定することもできます。

キンク試験/スロープ効率

この試験では、図5に描かれているような、駆動電流 (I_F) と光出力 (L) の間の比例関係を確認します。駆動電流 (I_F) と光出力 (L) の関係は、公称動作レンジに関して線形になるはずですが、この関係が試験対象レンジ全体で実際に線形であれば、曲線の一次導関数はほぼ水平線になります。これは、 dL/dI_F としてグラフ化されます。一次導関数は、光/電流 (L-I) 曲線のバンブーやキンクを増幅する傾向があります。この曲線に大きな「キンク」がある場合、つまり曲線がなだらかなでなければ、レーザに欠陥があるとみなされます。「キンク」に対応する I_F 値で動作している場合、光出力は比例しません。L対 I_F 曲線の二次導関数の最大値を使用して、しきい値電流を計算できます。しきい値電流は、LDが「レージング」つまり有効な光の出力を開始するときの駆動電流の値です。

2602B型システム・ソースメータ®を使用した レーザ・ダイオード・モジュールとVCSELの高スループットDC生産試験

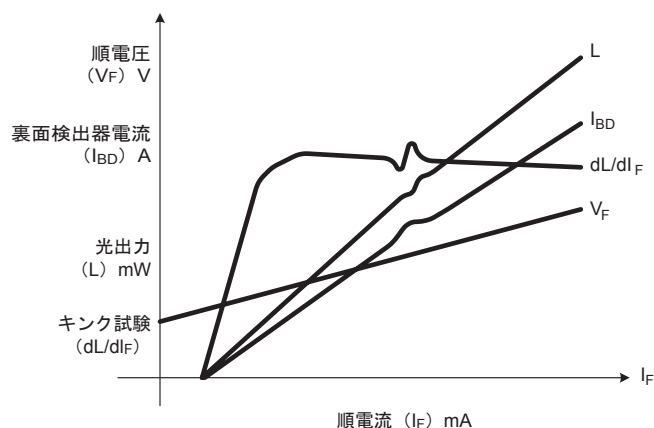


図5. 代表的な一連のLIV曲線

特定デバイスのキंकとスロープ効率も、光測定 (L) の解析に基づいて計算されます。

温度試験

多くの場合、LIV試験は2つ以上のレーザ・ダイオード温度で実行します。場合によって、LDを公称温度と-40℃、25℃、85℃などのデバイス仕様の極限温度で試験することもあります。別の一般的な戦略では、5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃、35℃など、いくつかの温度でLIV試験を実行します。その後、LIV曲線群を解析してデバイスが仕様を満たしていることを確認します。

試験システムの構成

図6は、2602B型、2510-AT型自動チューニングTECソースメータを含むLIV試験システムと GPIB インタフェース・カードを装備したPCの概要を示しています。

2602B型は、電圧または電流のいずれかを印加して電圧と電流を同時に測定できる、2チャンネル・ソース・メジャー・ユニット (SMU) です。これは、一方のSMUチャンネルが被測定デバイス (DUT) に電流を印加して電圧を測定すると同時に、他方のSMUチャンネルがDUTの近くの検出器の光電流をモニタするようにして、LIV試験に便利な「ワンボックス」パッケージを提供します。

2510-AT型自動チューニングTECソースメータは、TECエレメントを制御して安定したモジュール温度を維持します。

PCは、GPIBバス経由でメータをプログラミングし、試験の実行を調整し、測定結果を収集および解析します。

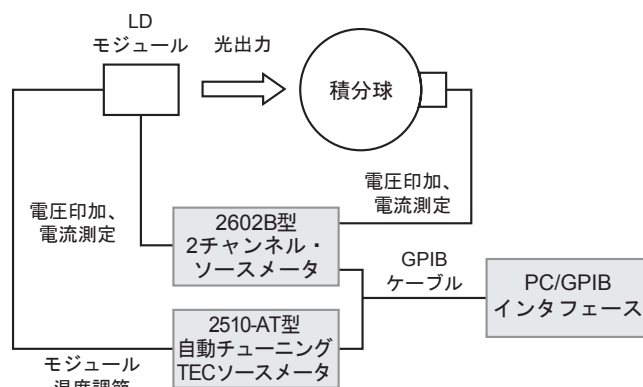


図6. LDモジュール用の代表的なLIV試験セットアップ

2602Bはモジュールの特性を明らかにして光出力をモニタするために使用し、2510-ATはモジュール温度を制御します。

スピードを実現するための試験の プログラミング：ケースレーのTSP™

PCは、多くの測定器での試験のあらゆる面を制御します。試験シーケンスの各エレメントで、各測定器を各試験用に設定し、試験を実行してデータを制御PCに返さなければなりません (図7)。その後、制御PCは可否基準を評価し、被測定デバイスに対して適切なビニングを実行しなければなりません。コマンドの送信と実行は貴重な生産時間を消費し、スループットを低下させます。

明らかに、PCとの間の通信情報が、この試験シーケンスの大部分を占めています。2600シリーズは、通信バスのトラフィックを激減させ、複雑な試験シーケンスのスループットを劇的に改善するユニークな機能を備えています。2600シリーズでは、大部分の試験シーケンスが測定器の中に格納されます。Test Script Processor (TSP) はフル機能の試験シーケンス・エンジンで、内部の可否判定基準、演算、数式、デジタルI/O制御などの試験シーケンス制御を実現します (図8の2602Bでの試験シーケンスを参照)。TSPは、ユーザ定義の試験シーケンスをメモリに格納し、格納したコマンド1つで実行できます。これにより、試験シーケンスの各ステップのセットアップと構成にかかる時間を節約し、測定器とPC間の通信量が減少してスループットが向上します。

2602B型をプログラミングするための簡単な順次操作手順は以下ようになります。

- 1) スクリプトを作成する。
- 2) 測定器にスクリプトをダウンロードする。
- 3) スクリプトを呼び出して実行する。

スクリプトは、付属のTest Script Builderソフトウェアで作成することも、Visual Basic やLabVIEW などの別のプログラムを使用して測定器にダウンロードすることもできます。2602Bでのプログラミングの詳細は、2600シリーズの『User's Manual』のセクション2を参照してください。

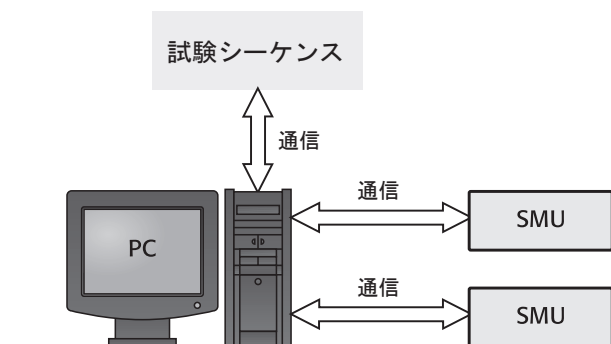


図7. PCによる標準的な測定器の制御

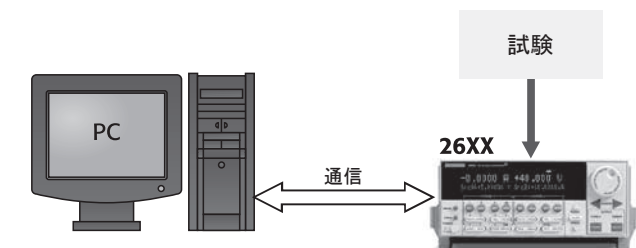


図8. 2602B型内蔵のTest Script Processor (TSP) を使用して試験シーケンスを格納。
通信トラフィックが減少する

試験シーケンス

オペレータは、LDをテスト・フィクスチャ・ソケットに配置して、コンピュータ・コントローラ経由でLIV試験シーケンスを開始します。

1. 希望する試験温度を設定するように、2510型に指示が与えられる。
2. スクリプトが実行される。2602B型のSMUAがLDにバイアスをかける。SMUBが光検出器からの電流を測定する間、SMUAは1mAステップで0から100mAをスイープする。その後、どちらのSMUもそれぞれの測定値を記録し、コンピュータにプリントする。
3. データが返される。

2602B型システム・ソースメータ®のセットアップ

LIV試験全体を、試験シーケンスまたはスクリプトとして作成できます。このスクリプトでは、2602B型のSMUチャンネルA (SMUA) を、それぞれ1mAの100個のステップで0mAから100mAをスイープするようにプログラミングしています。新しい電流値がそれぞれLDに印加されると、SMUBがフォトダイオードの電流を直接測定することによって、光出力を測定します。

2602B型はフルSMUであるため、フォトダイオードからの電流測定と組み合わせ、検出器に電圧バイアスをかけられます。別のバイアス電圧を必要とする検出器もあります。バイアス印加は、0Vから40Vまでプログラミングできます。光電流チャンネルの電流レンジは、20mAに設定されています。これは、LDMでの代表的な裏面検出器の電流レンジです。積分球/検出器のペアを使用すると、レンジ・リミット値が20 μ A または200 μ A になる可能性が高くなります。

サンプルLIVスクリプト

以下のプログラムは、LabVIEWやVisual Basicなどのアプリケーションを使用して、テキスト・ファイル(.txt) として測定器にダウンロードできます。測定器に付属して無料で提供されるTest Script Builder スクリプト編集ツールを使用することもできます。Test Script Builderは、アプリケーション開発用の優れたトラブルシューティング・ツールを提供するだけでなく、ユーザがスクリプトを作成、ダウンロード、および編集できるようにします。Test Script Builderは製品CDに収録されており、弊社Webサイト (www.keithley.com) でも提供されています。

```
function LIVTest() --メイン・テストの関数を定義します

--SMUA (LDチャンネル) のローカル変数
local l_irange = 100E-3 --電流印加レンジ
local l_ilevel = 0 --初期の印加値
local l_vcml = 6 --印加コンプライアンス

--SMUB (PDチャンネル) のローカル変数
local l_vrange = 6 --SMUB (PDチャンネル) の電圧バイアス・レンジを設定します
local l_vlevel = 0 --電圧/バイアスを設定します
local l_icmpl = 10E-3 --

--共有ローカル変数
local l_nplc = 0.001 --測定の積分速度

--ローカルスイープ変数
local l_start = 0.001 --スイープ開始電流
local l_stop = 0.06 --スイープ停止電流
local l_steps = 100 --スイープでのステップ数
local l_step = (l_stop - l_start) / (l_steps - 1) --電流ステップ幅
local l_source_val = l_start --スイープ中の印加値
local l_i = 1 --繰り返し変数

--データ・テーブル
local l_curr = {} --印加電流用データ・テーブルを作成します
local l_volt = {} --測定電圧用データ・テーブルを作成します
local l_photocurr = {} --光電流用データ・テーブルを作成します

reset() --測定器をリセットします

display.smub.measure.func = display.MEASURE_DCAMPS
--切り替えて、SMUBが電流を表示するようにします

--SMUA (LD) に印加と測定を設定します
smua.source.func = smua.OUTPUT_DCAMPS
smua.source.rangei = l_irange
smua.source.leveli = l_ilevel
smua.source.limitv = l_vcml
smua.measure.rangev = l_vcml

smua.measure.nplc = l_nplc
smua.measure.autozero = smua.AUTOZERO_OFF

--SMUB (PD) に印加と測定を設定します
smub.source.func = smub.OUTPUT_DCVOLTS
smub.source.rangev = l_vrange
smub.source.levelv = l_vlevel
smub.source.limiti = l_icmpl
smub.measure.rangei = l_icmpl

smub.measure.nplc = l_nplc
smub.measure.autozero = smub.AUTOZERO_OFF

smua.source.output = smua.OUTPUT_ON --出力をイネーブルにします
smub.source.output = smub.OUTPUT_ON

timer.reset() --タイマをリセットします

--LIVスイープを実行します
for l_i = 1, l_steps do
    l_volt[l_i] = smua.measure.vandstep(l_source_val) --LD電圧測定と印加のステップ
    l_curr[l_i] = smua.measure.i() --LD印加測定
    l_photocurr[l_i] = smub.measure.i() --PD測定
    l_source_val = l_source_val + l_step --印加値のステップ
end--for
```


2602B型システム・ソースメータ®を使用した レーザ・ダイオード・モジュールとVCSELの高スループットDC生産試験

```
l_test_time = timer.measure.t() --タイムを停止します

--printData()関数を呼び出して、関数にパラメータを渡します
printData(l_steps,l_volt,l_curr,l_photocurr,l_test_time)

smua.source.output = smua.OUTPUT_OFF --SMUAをディセーブルにします
smub.source.output = smub.OUTPUT_OFF --SMUBをディセーブルにします
smua.measure.autozero = smua.AUTOZERO_AUTO --Autozeroを
イネーブルにします
smub.measure.autozero = smub.AUTOZERO_AUTO --Autozeroを
イネーブルにします

end--LIVTest()関数

function printData(steps,volt,curr,photocurr,testtime)
--出力キューにデータをプリントします

--ローカル変数
local l_steps = steps
local l_volt = volt
local l_curr = curr
local l_photocurr = photocurr
local l_testtime = testtime
local l_datatime

timer.reset() --タイムスタンプ

print("Voltage Data (V):")
for l_i = 1, l_steps do
    print(l_volt[l_i])
end

print("") --スペース
print("Source Current Data (A):")
for l_i = 1, l_steps do
    print(l_curr[l_i])
end

print("") --スペース
print("Photocurrent Data (A):")
for l_i = 1, l_steps do
    print(l_photocurr[l_i])
end

print("")--スペース
print(string.format("Test time per part = %f", l_testtime))
print(string.format("Test time per step = %f", l_testtime/
l_steps))

l_datatime = timer.measure.t() --データタイムを停止します
print(string.format("Data Print time = %f", l_datatime))
--display.clear()
--display.setText("Test Complete")

end --printData()関数

LIVTest() --テストを実行します
```

LIVTest() 関数と *printData()* 関数を一度測定器にダウンロードすると、呼び出すだけで実行できます。

関数を呼び出す

Visual Basic 6 およびケースレーの GPIB カードでは、LIV 試験を実行するための呼び出しは以下ようになります。

```
Call Send(kth2602, "LIVTest()", status) 'run function LIVtest()
```

ここで、kth2602 は測定器のアドレスです。

データを返す

printData() 関数は、3つのセットのデータ (L、I、およびV) にヘッダ情報とデータ列を区切るスペースを付けて、出力キューに置きます。

出力キューからデータを取得するには、データを入力する必要があります。このためのコマンドはさまざまなものがありますが、Visual Basic とケースレーの GPIB カードを使用した例を以下に示します。

```
For i = 1 To n
    Call enter(Data, 1000, Length, kth2602, status)
    ' 情報をメータから戻します
Loop
```

ここで、n は返されるエントリの数です。各 print 文が出力バッファのエントリです。

出力バッファは、バイトとエントリの最大数に限定されることに留意してください。これらの2つの条件のいずれかが満たされるとバッファは一杯になり、データが削除されるまで新しいエントリは受け付けられません。

2510型 TEC ソースメータのセットアップ

2510 型は、特定の温度センサ、TEC、および設定ポイント温度に対してプログラミングします。コントローラがレーザ・ダイオード・モジュールを目標温度にする前に、TEC の AC 抵抗が測定され表示されます。

Visual Basic およびケースレーの GPIB カードで 2510-AT 型を制御する例を以下に示します。

```
'測定器をリセットします
send(kth2510, "*rst", status) 'TECコントローラをリセットします

'ペルチェ電源リミット値をセットアップします
send(kth2510, ":sens:curr:prot:lev 1.0", status)
'温度センサをセットアップします
send(kth2510, ":sens:temp:tran ther", status) 'サーミスタを使用します
send(kth2510, ":sens:temp:curr:auto on", status)
'自動センサの電流レベル
send(kth2510, ":sens:temp:ther:range 1e4", status) 'サーミスタ抵抗値10Kオーム
send(kth2510, ":sour:temp:spo 25.0", status)
'温度を25℃に設定し、ペルチェACオームを読み出します
send(kth2510, ":outp on", status) '出力をオンにします
send(kth2510, ":meas:res:ac?", status) 'ACオームを測定します
enter(strData, 100, intLength, kth2510, status) '読み値を入力します
txtTECRes.Text = strData '画面に表示します

'レーザ・ダイオード温度調節コントローラを開始します
send(kth2510, ":outp on", status)
```

スイープ開始

スイープを開始するには、まずすべての測定器の出力をオンにします。温度が安定すると、外部プログラムが *LIV_Test()* 関数を呼び出せます。以下の文字列を 2602B 型に送信して呼び出します。

```
send(kth2602, "LIV_Test()", status)
```

トレース・バッファの読み取り

```
'トレース・バッファに問い合わせます
send(kth2500, ":fetch?", status)
send(kth2420, ":trace:data?", status)
'データを入力します
enter(strData, 4000, intLength, kth2500, status)
enter(strData, 2000, intLength, kth2420, status)
```

合否解析

順電圧トレース、LD 裏面検出器の電流トレース、および外部フォトダイオードの電流トレースを構成する3つのデータ・ストリームは、しきい値電流、量子効率、およびオーム・エクスカッションの最大差動を定量化するために数学的に処理されます。これらの数値を期待値と比較して、LD の品質を判定します。

2602B型システム・ソースメータ®を使用した レーザ・ダイオード・モジュールとVCSELの高スループットDC生産試験

データ・ストリームのノイズの内容によっては、dL/dIFなどの計算を実行する前にフィルタ処理が必要な場合もあります。

サンプル・プログラム

ケースレーは、LIV試験を実行するためのサンプル・スクリプトを提供しています。そのプログラムのコピーを入手するには、弊社Webサイト (<http://www.keithley.com>) にアクセスしてください。

システム拡張

電気通信LDモジュールのピン配列

多くの場合、あるメーカが製造した複数の電気通信LDモジュールは、複数通りのピン配列構成を持っています。すべての測定器信号を、ケースレーのスイッチ・メインフレームと適切なプラグイン・スイッチ・カードを通してルーチングして、コンピュータ制御によりさまざまなLDモジュールのピン配列に簡単に対応できます。また、スイッチを使用して、測定器で複雑な絶縁や休止電力測定も行えます。

スイッチ・メインフレームは、2600BシリーズとTSP-Linkを使用して拡張が可能な3706A-S型が最適です。

変調入力

多くの場合、LDモジュールは変調または減衰制御入力を備えています。基本LIV試験スイープを実行するには、減衰入力にバイアスをかける2400型または2601B型ソースメータの追加が必要になる場合があります。

順電圧試験

順電圧は多数キャリアの電流フローの結果であるため、半導体材料と接合部温度の関数です。

順電圧試験をLDおよび裏面フォトダイオード上で実行して、半導体接合部の順方向の動作電圧を測定できます。一般的に、2602B型システム・ソースメータ®は、損傷を避けるために十分小さい電流を印加して、その後接合部間の派生電圧を測定するように構成されています。ほとんどの検出器が約2mV/°Cという温度係数の半導体材料を使用していることを考えると、接合部の温度を把握または制御しなければなりません。

逆方向ブレイクダウン電圧試験

逆方向バイアス電圧が高くなるにつれて、接合部を通過する少数キャリアの速度が上がります。特定の逆電圧では、電荷キャリアが衝突によるイオン化を引き起こすのに十分なエネルギーを持っています。この電圧は、逆方向ブレイクダウン電圧と呼ばれます。この電圧での電流を慎重に制限すれば、接合部は破壊されません。

逆方向ブレイクダウン電圧試験は、LDおよび裏面フォトダイオード上で実行できます。非破壊逆方向ブレイクダウン試験は、-10 μ Aを印加して派生接合電圧を測定することによって実行できます。この測定には2602B型ソースメータが理想的です。

リーク電流試験

ブレイクダウン電圧よりも低い電位の逆方向バイアスがかかった半導体接合部には、空乏領域を通過する少数キャリアによるリーク電流があります。リーク電流の大きさは、電子電荷、ドーピング密度、接合領域、および温度によって決まります。レーザ・ダイオードと背面フォトダイオードのリーク電流は、2602B型システム・ソースメータ®で試験できます。一般的には、逆方向ブレイクダウン電圧の80%を接合部に印加して派生リーク電流を測定します。

フォトダイオードの場合、この試験は暗電流測定の役割も果たします。暗電流は、LDバイアスをゼロに保ち、接合部にバイアスを印加して電流フローを測定することによって、測定します。この測定中に、浮遊光子がLDまたは背面フォトダイオードのいずれにも衝突しないことが重要です。

サーミスタ試験

代表的なLDモジュールのサーミスタの公称抵抗値は、25°Cで10k Ω です。通常操作では、モジュールの熱的安定性の方が絶対温度値よりも重要です。

サーミスタ試験には多くの手法を使用できます。

1. LDモジュールの温度を既知の値に保ち、サーミスタの抵抗のみ測定する。
2. 特性の明らかなサーミスタをLDモジュールに熱結合し、アセンブリが熱平衡に到達できるようにして、特性の明らかなサーミスタの抵抗をLDサーミスタの抵抗と比較する。
3. 製造プロセスで、LDモジュールの温度に対応するだけの幅を持つ抵抗値の範囲を設定する。サーミスタの自己発熱を避けるには、電力損失を最小限に保つことが重要です。一般的には、10 μ A~100 μ Aの定電流を印加し、派生電圧測定を使用して抵抗値を導き出します。

ウェーハ試験

VCSELは、ウェーハ・レベルでの試験に役立つただ1つのレーザの種類です。図9は、ウェーハ上でVCSELを試験するための簡単な試験システムを示しています。ウェーハ・プローバは、プローブ・カードを通して各デバイスに電氣的に接続します。プローバ・ステーションもまた、デバイス全体に光検出器を直接配置します。その後、1台の2602B型2チャンネル・システム・ソースメータ®を使用して特性試験を実施します。

プローブ・カードを多くのデバイスに同時に接続できる場合には、図6に示されているようなシステムを構築して、プローブ・カードがウェーハに接触するたびにすべてのデバイスを試験できます。ウェーハ上にあるデバイス数が多いため、複数のデバイスを試験するスキャン手法では時間がかかりすぎる場合があります。多くの場合、多数の測定器ペアを使用して複数のデバイスを並行して試験するのが、高スループットを必要とするアプリケーションに最適なソリューションです。拡張試験ソリューションについては、この後の装置リストのセクションを参照してください。

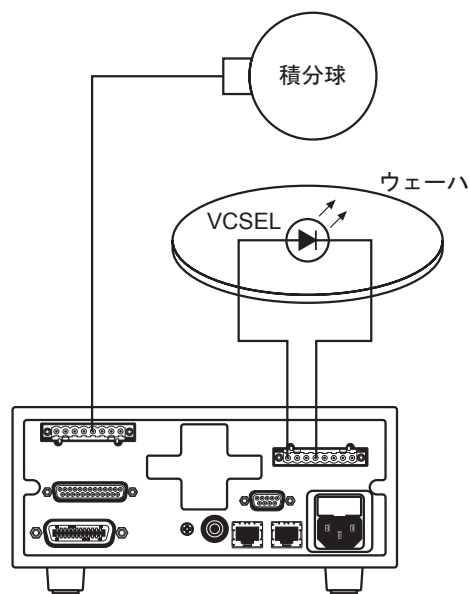


図9. ウェーハ上の代表的な2602B型 VCSEL 試験

複数デバイス試験

TECの試験と制御

多くのLDモジュールは、熱電冷却機（ペルチェ・デバイス）を備えています。一般的に、TECコントローラは、LIV試験スイープ中にモジュール温度を制御するのに使用します。温度設定ポイントを調整し、新しい温度に達した後にサーミスタの抵抗値を確認することによって、TECデバイスの機能を確認することも可能です。

過度な機械的せん断負荷が、ペルチェ・デバイスで最も一般的な不具合のメカニズムです。ペルチェ・デバイスの取り扱いおよびマウント中、機械的せん断負荷は、デバイス内の一部またはすべてのエレメントの剥離や破壊を引き起こす可能性があります。簡単なACまたは逆DC抵抗試験で、LDモジュールへのマウント前およびマウント後のペルチェの健全性を判定できます。DC抵抗測定は、エレメントの自己発熱およびその結果生じるサーマル・オフセットのために、正確ではありません。2510-AT型TECソースメータは、必要なバイポーラ電流印加および電圧測定機能を提供できるため、この測定が容易になります。

絶縁試験

スイッチ・マトリクスを使用すると、LDモジュールのさまざまな部品間の絶縁試験が容易になります。たとえば、LDからのサーミスタの電気絶縁は、サーミスタとLDの間に電位を印加することによって試験できます。このとき、サーミスタの両端子とLDの両端子を同じ電位に保持して、個々の部品に電流が流れないようにしておきます。

方法と手法

ケーブル接続

確度と試験スピードを得るには、ケーブル接続を最適化しなければなりません。すべての測定に、ノイズの少ない高品質なケーブルが必要です。LD駆動信号用のケーブル特性は、フォトダイオード信号用のものとは非常に異なります。

フォトダイオード信号は、数ボルトを印加し、ナノアンペア・レンジで電流フローを測定して生成されます。このような微小電流では、低ノイズのシールド・ケーブルを使用して信号対雑音比を最適化することが非常に重要です。最短ケーブルを使用することによっても、リーク電流と誘導電流が減少するとともにキャパシタンスが最小化されて、信号対雑音比が改善されます。

LD駆動信号のスルー・レート (dV/dt) は、半導体接合部の関数です。接合部の電圧は、電流の数ミリアンペアの変化に対して数ミリボルトしか変化しません。低スルー・レートが要求される結果、LD駆動信号ケーブルには3Aまで流せるため、そのキャパシタンスはケーブル間の電圧降下ほどアプリケーションにとって重要ではありません。太いゲージ・ケーブルは、試験のスピードに対する影響を最小限におさえながら、ケーブル全体にわたる電圧降下を低減するのに役立ちます。

どのような場合にも、ケーブルをシールドし、かつできるだけ短くしてノイズとキャパシタンスを低減させなければなりません。ノイズが少ないと、各測定に必要な積分時間が短縮して試験スイープが高速化します。

代表的な誤差の原因

接合部の自己発熱

試験時間が長くなると、VCSELの半導体接合部はますます熱くなる傾向があります。順電圧試験は、接合部の自己発熱の影響を受けやすい傾向を持っています。接合部が発熱すると電圧が低下しますが、さらに重要なことは定電圧試験中にリーク電流が増加することです。

したがって、測定確度や安定度を犠牲にすることなく試験時間をできるだけ短縮することが重要です。ソースメータを使用すると、ユーザは測定前のデバイスのソーク時間および入力信号の取得時間を設定できます。ソーク時間によって、あらゆる回路のキャパシタンスを測定開始前に安定させることができます。測定の積分時間は、電源周波数 (NPLC) の数によって決まります。入力が60Hzの場合、1NPLCの測定には60分の1秒、つまり16.667msかかります。積分時間は、アナログ・デジタル・コンバータ (ADC) が入力信号を取得する時間を定義します。通常、選択された積分時間はスピードと確度の妥協点を表します。

VF試験での代表的なソーク時間は1~5msで、光/電流 (I-I) 試験では5~20msです。試験時間がこのように短いと、接合部の自己発熱による誤差を減少させるのに役立ちます。一連の試験を実行して、試験を繰り返すたびにソーク時間のみ変更させると、接合部の発熱特性を明らかにすることが可能です。

2602B型システム・ソースメータ®を使用した レーザ・ダイオード・モジュールとVCSELの高スループットDC生産試験

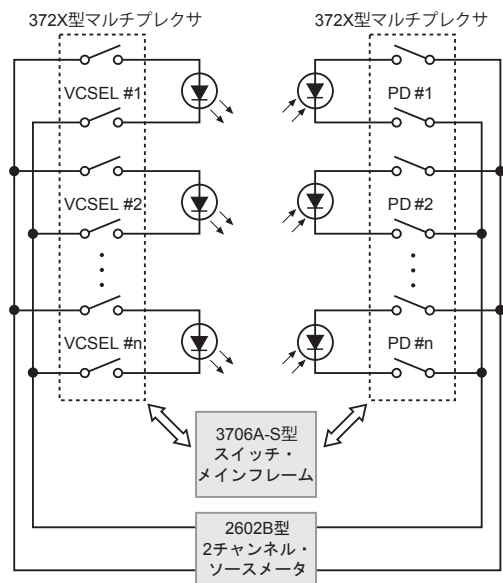


図10. スイッチを使用した複数デバイス試験

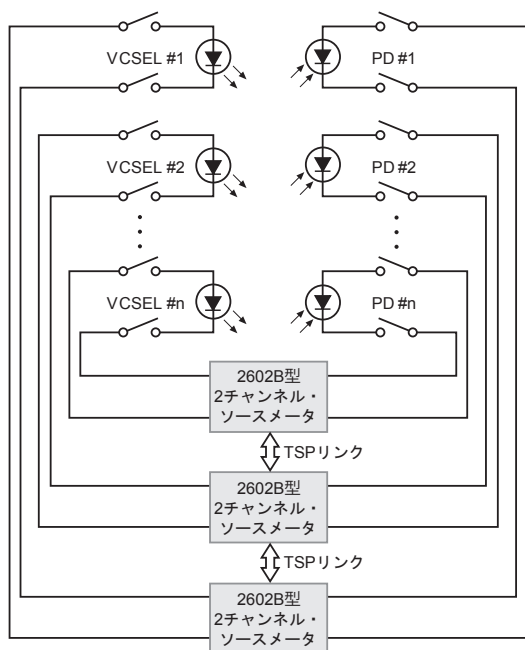


図11. 複数の2602B型システム・ソースメータ®を使用した並列試験の構成

リーク電流

ケーブル接続とDUT フィクスチャの公称リーク特性の他、時間が経つとフィクスチャの導電性が低下してリーク電流が生じます。微小電流を測定するときや微小電流フォトダイオードを使用するときに、リークを最小限におさえる手法が必要な場合があります。

リーク電流を最小限におさえる手法の1つは、ガードされたフィクスチャを使用することです。ガードされたフィクスチャでは、DUTの近くの領域が出力HI信号と同じ電位に保持されます。これにより、DUTとリーク・パス間の電位差が低減します。Guard信号およびGuard Sense信号の詳細な説明については、弊社Webサイトで入手できるホワイト・ペーパー『Obtaining More Accurate Resistance Measurements Using the 6-Wire Ohms Measurement Technique』を参照してください。

静電障害

フォトダイオードを使用して行うような高抵抗測定では、帯電したオブジェクトから静電障害の影響を受ける場合があります。静電効果を取り除くために、静電シールド（ファラデー・カップ）を使用することが必要な場合もあります。詳細は、ケースレーの『Low Level Measurements Handbook』の微小電流測定 (Low Current Measurements) のセクションを参照してください。

- オペレータが接触できる電気接続をすべて二重に絶縁する。二重に絶縁することで、1個の絶縁レイヤが破損した場合でもオペレータは保護される。
- テスト・フィクスチャのカバーが開いた場合は、信頼性の高いフェールセーフ・インタロック・スイッチが電源を切るようにする。
- オペレータが、テスト・フィクスチャの内部にアクセスしたりガードをオープンしたりする必要がない場所で自動ハンドラを使用する。
- システムのすべてのユーザに適切なトレーニングを実施し、潜在的な危険性、および事故から身を守る方法について理解させる。
- 試験システムの設計者、インテグレータ、敷設者は、オペレータ、保守管理者の保護対策を確実に実施しなければならない。

光の干渉

光ファイバや積分球に入る迷光は、試験結果を歪曲します。半導体接合部のコンダクタンスに影響を与える可能性があるすべての波長で、すべての部品の適切なシールドを確実に行うようにしてください。これは、フォトダイオードの暗電流測定で特に重要です。

装置リスト

基本装置

- 2602B型2チャンネル・システム・ソースメータ® (レーザ・ダイオード・バイアスと光電流測定をワンボックス化)
- 2510-AT型TEC ソースメータ (レーザ・ダイオードの温度管理)
- 7007-3 IEEE-488 (GPIB) ケーブル (1本必要)
- IEEE-488/GPIB インタフェース・カード (KUSB-488B、KPCI-488LPA、または同等品)

2602B型システム・ソースメータ®を使用した レーザ・ダイオード・モジュールとVCSELの高スループットDC生産試験

拡張装置

- 2602B型システム・ソースメータ® (レーザ・ダイオードと光電流の印加および測定を1ボックス化)
- 2601B型1チャンネル・システム・ソースメータ®または6485型1チャンネル・ピコアンメータ (裏面モニタ測定はオプション)
- 3706A-S型スイッチング・システム・メインフレーム
- 3760型大電流スイッチ・カード (2602B型と2510型の出力をルーチング)
- 3761型微小電流スキャナ・カード (2602B型の光電流入力をルーチング)
- 372X型マルチプレクサ・カード (2602B型レーザ・ダイオード

および光電流の印加信号と測定信号のルーチング)

- LIV試験スイープを実施するには、適切なPCとソフトウェアも必要。

結論

LDモジュールのDC試験は、機能しない部品を製造プロセスの早い段階で特定して製造コストを削減するだけでなく、迅速なライフサイクル試験でも重要な役割を果たせます。多くのLD製造メーカーは、サブシステムに組み込む前に、高い動作温度でLIVタイプの試験を何日か実施して不安定なパーツを特定します。そして、その試験に耐えた信頼性の高いLDパーツを提供します。



jp.tek.com 〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階

テクトロニクス/ケースレーインズツルメンツ

お客様コールセンター：技術的な質問、製品の購入、価格・納期、営業への連絡

TEL:0120-441-046 よいよい オシロ 営業時間/9:00~12:00・13:00~18:00 (土日祝日および当社休日を除く)

サービス・コールセンター：修理・校正の依頼

TEL:0120-741-046 よいよい オシロ 営業時間/9:00~12:00・13:00~17:30 (土日祝日および当社休日を除く)

記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。

Copyright © 2017, Tektronix. All rights reserved. TEKTRONIX および TEK は Tektronix, Inc. の登録商標です。記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。



2017年11月
1KZ-61307-0