

激光二极管 (LD) 应用介绍

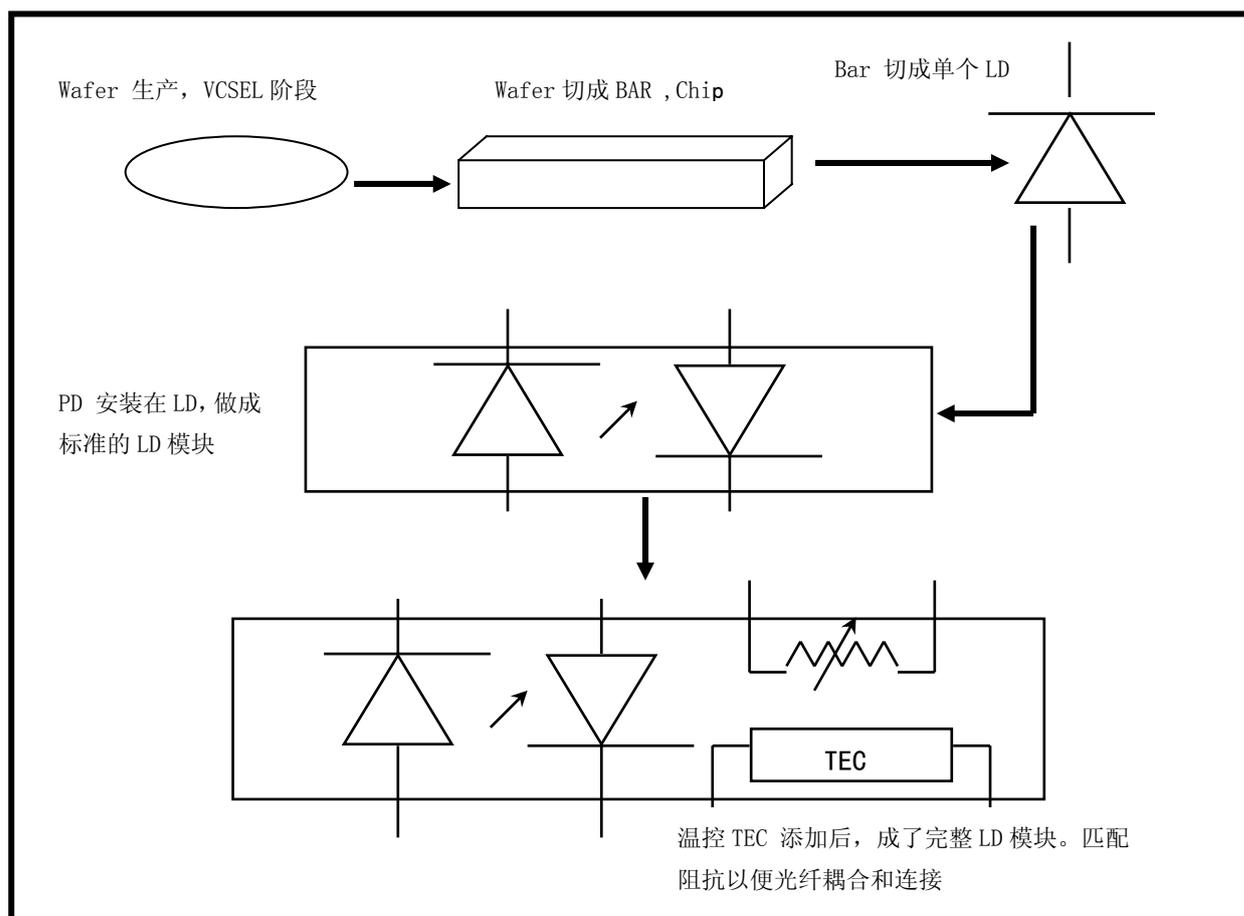
1. 激光二极管 (LD) 概念和介绍

激光二极管 (LD) 是一个有正向电流驱动的时候能发光的半导体器件。大部分的 LD 都是边沿截面发光模式，在二极管的晶圆阶段切成块状，利用二极管“edge mirrors”的特性，光在这种条件下可以得到放大。LD 的波长范围一般在 750 nm – 1550 nm，输出的光功率一般从几毫瓦到几瓦，它的工作方式，既可在脉冲的驱动方式下工作，也可是恒定功率的模式下工作。当然也有兰光 LD，它的波长范围在 600 – 700 nm，现在市场上比较少见这种 LD。就应用来说现在 LD 主要应用在通讯上，通讯上使用的 LD 有两种类型，FP 和 DFP。

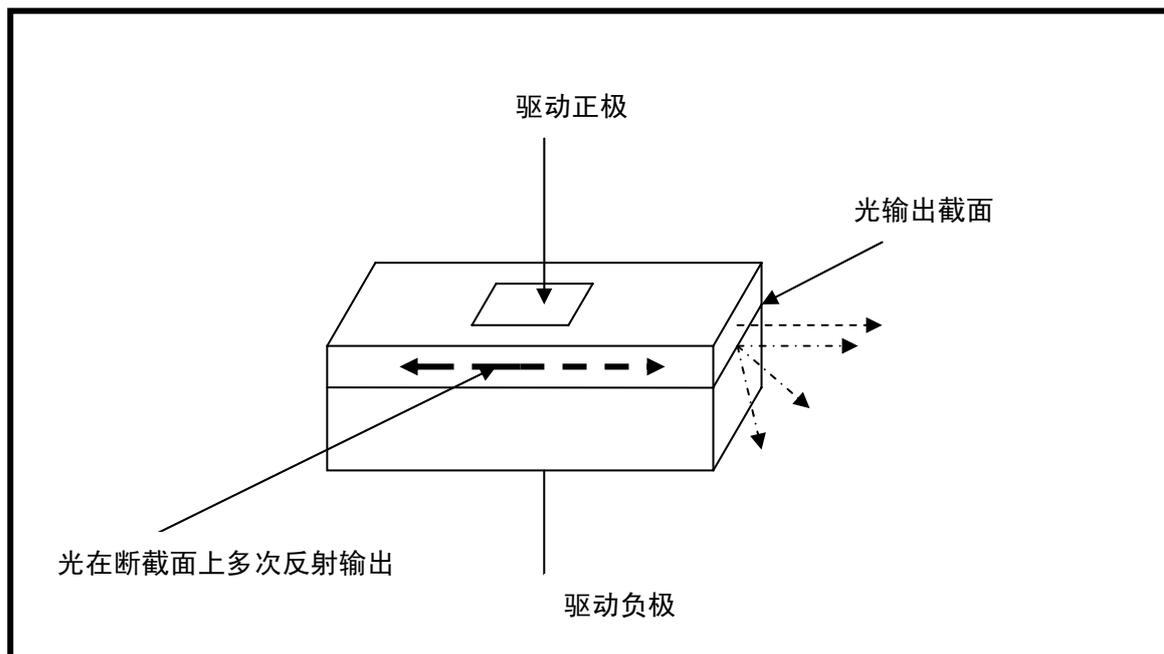
FP : 就是通常所说的多模 LD，可以同时发出几个波长的光。

DFP : 单模 LD，只能发出一个要求输出波长的光，其它波长的光都被阻止。

■ 下面是 LD 和 LD 模块的制造工艺流程图：



- 以下是一个具体的 LD 的结构图：



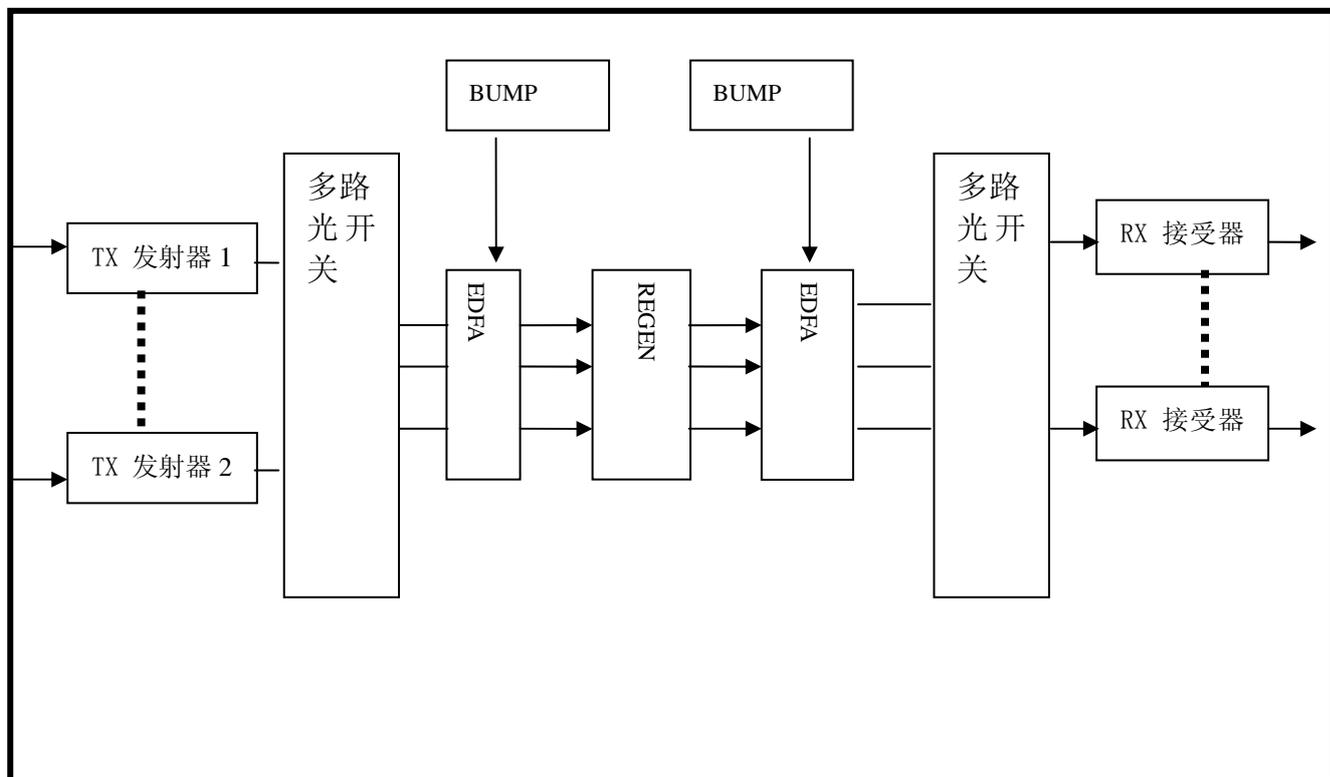
从 LD 的生产制造流程来看，从 Wafer 阶段到生产成型，其实都需要进行光电测试 (LIV)，只是不同厂家的流程不一样，在不同工序阶段测试而已。另外有些模块生产厂家，把 LD 或 LD 集成到自己的模块里去，在这个模块里除 LD 外，还有其它的功能，比如说调制，数字信号处理功能等，这个模块的 LIV 特性有时候也需要测试。不同的厂家有时候对 LD 或 LD 模块的叫法也不尽相同，下面对常用的 LD 的名词说明一下：

- 常用名词解释

LD : 激光二极管 (利用截面发光的类型)
VCSEL : 垂直腔表面发光 (这是在 Wafer 阶段的)
BAR : 未曾切割的发光片
LD Module : 做成模块的 LD
TOSA : Transfer Optical Sub Assembly ,电光传输器件, (内含 LD, 将电转换成光)。
ROSA : Receiver Optical Sub Assembly , 光电转换器件 (将接收到的光信号转换成电后再送入放大器 (TIA) 和 PD)
COSA : 等于 TOSA+ROSA, 输出有两根光线, 一个发送, 一个接收
BOSA : 和 COSA 类似, 只是发送和接收都采用同一根光纤
Transmitter : 传送器
Receiver : 接收器
TO-CAN : 未封装 LD 模块

当然有些时候不同的生产厂家对自己的产品也按照使用的技术和实现的功能进行命名，譬如说：**PUMP** (给信号补充能量用的)，**TUNNELABLE** (隧道技术的激光器) 等等，无论如何，其内部都含有 LD 的相关组件。

■ 从应用层面来说主要用在光传输和接收上面，具体见下图：



Tx = 发射模块

Rx = 接收模块

EDFA = 掺铒光纤放大器

Regen = 传输组件

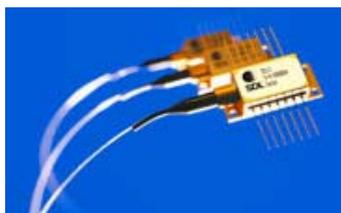
由上图可看出，在光传输过程中，无论是哪个环节，很多模块最基本的组件就是 LD。光在传输的过程中：

将电信号转换成光 (TX) → 多路光开关 → EDFA (在传输过程中，需要 BUMP 灌加能量) → 多路光开关 → 由接收器接收到光信号在转换成电信号。

当然在整个传输过程中，信号是需要调制的。这一点和高频传输有点类似。

当然除了通讯外还有很多 LD 的应用，比如：光电存储器的读写头，光电感应器等等。

■ 几个 LD 及模块的照片：



980BumpLD 模块



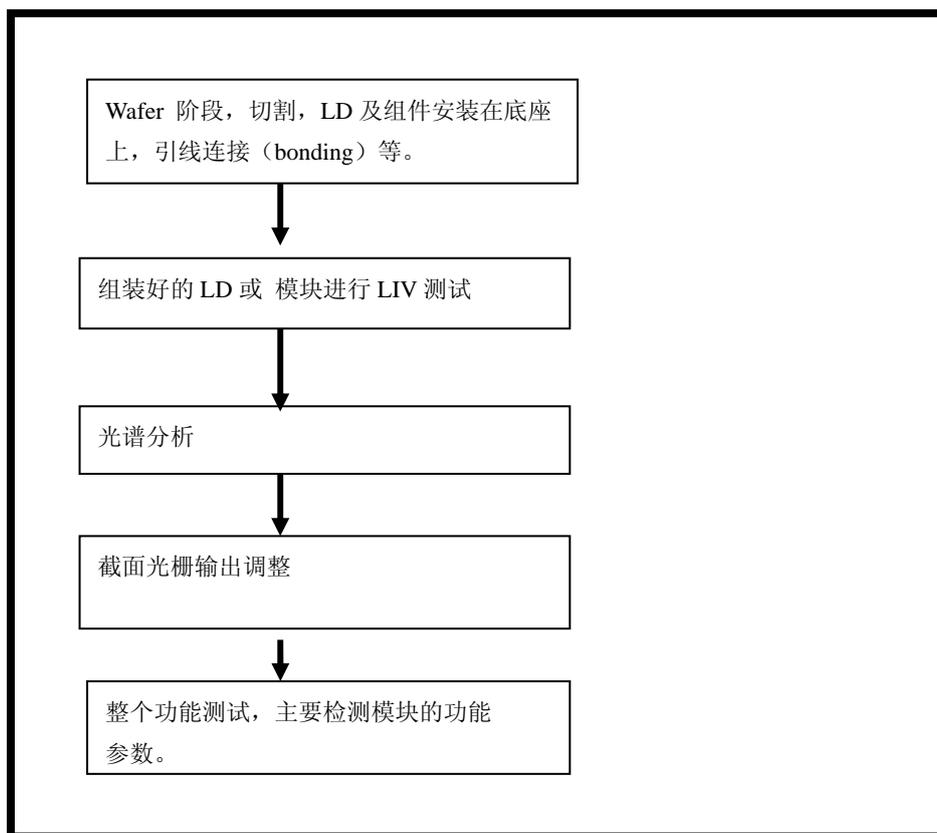
Raman 放大模块



LD 管子

2. 激光二极管 (LD) 测试

LD 的测试和它的生产 LD 流程是相关的:



LIV 测试主要测试 LD 的 IV 特性, 在有些厂家, 会将 LIV 测试和光谱分析 在一个测试进行, 以简化测试。上面看到是 LD 或模块的生产过程以及测试, 当然 除正常的测试外, 很多公司依然要做可靠性方面的测试, 就是说, 将 LD 放在温箱里边将温度调整到高温, 低温, 在不同的温度条件下做 LIV 测试, 同时对输出数据进行比对, 以确认 LD 在不同条件下参数差异是否符合设计要求。

3. KEITHLEY 1IV 测试方案

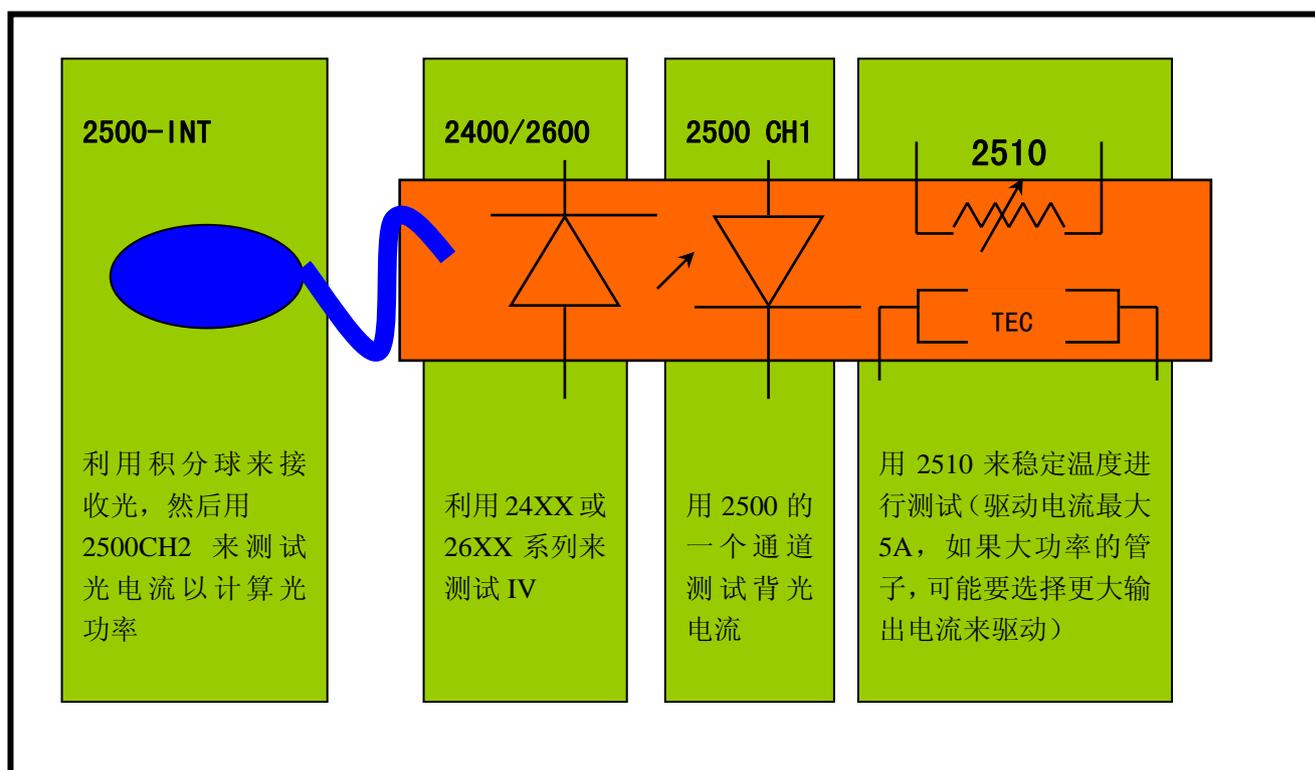
以一个标准的 LD 模块 (上面安装一个 LD, 在加一个 PD, 还有温控, 温控是保持管子在恒定温度测试以正确来表征所有电参数) 来说明 LIV 的测试方式, 测试的参数主要包括:

- IV 特性 - 给 LD 两端给正向的驱动电流 (比如从 1mA 到 100mA, 阶梯是 1mA) 进行扫描得到 IV 数据 (KEITHLEY 用 2400/2600 做驱动源)。
- 光功率测试 - 测试 LD 在每个电流台阶驱动下的发光的光功率 (KEITHLEY 用积分球接收光, 根据不同的波长选择 GE, SI, InGaAS 的积分球, 然后用高精度电流表来测试积分球探测的电流, 由于电流很小, 纳安-微安级别, 所以要用高精度电表来测试, 比如: 6485/2500/2502 等等)。
- 暗电流特性 - 测试 LD 在每个电流台阶上的背光电流, 通过装在 LD 模块上的 PD 来探测, 电流基本为 uA, mA 级别, 所以通常用 6485/2500/2502 等。

其实 LIV 测试的基本输出参数就这些，其它参数都通过原始数据计算出来的，比较重要的参数如下：

- I_{th} - 阈值电流，LD 开启工作时的电流。它的计算方式有 3 种（切线相交，一阶微分，二阶微分取最大值的电流点，当然有些特别的用户会指定以功率或电流做计算的起始点）
- V_{th} - 阈值电流点的电压值
- KINK - 检查光功率随驱动电流变化是否呈现线性，看在变化的过程中是否有超过规格的拐点
- R_S - 线性电阻，计算阈值 LD 开启之后的电压对电流的比值（即 V/I ），由于是一组电阻值，所以要做线性处理
- Slope - 和 R_S 的计算方式有些类似，只是，是用功率对电流的（即 P/I ）来计算线性

以上是 LIV 测试的主要参数，但根据不同的厂家要求，起所要计算的参数也不尽相同，有的高达 40 个参数左右。但都是依据最基本的测试数据进行计算而已。下面是一个测试连接图：



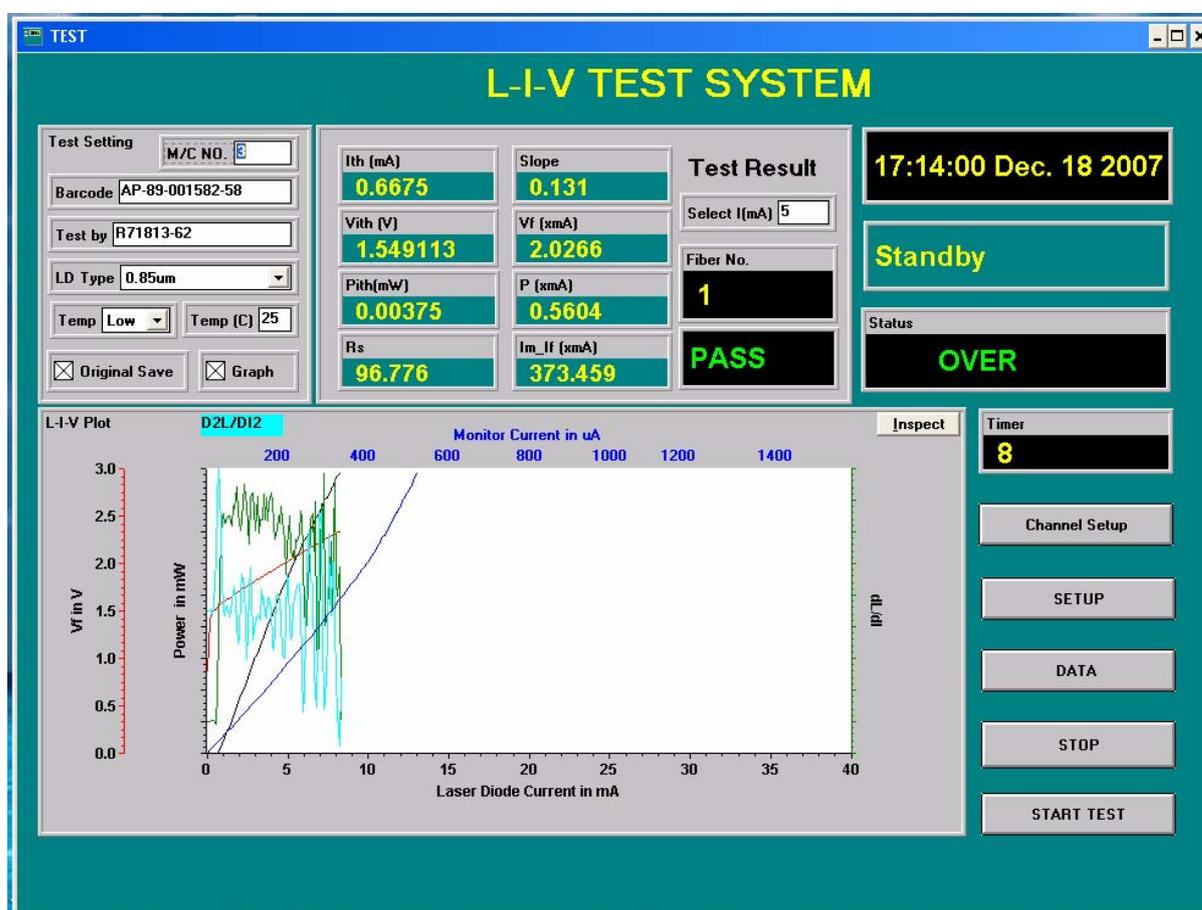
这是一个普通的结构图，当然其中的仪器根据需要选择相应功能的仪器即可，有时候有些用户不需要温空，即可省掉 2510-TEC，要注意几点是：

- 有些用户在测试 IV 和背光电流的时候，需要在 PD 两端加一个反向偏压，其原因是避免 PD 本身结电容，在测试背光电流对电流值有所影响。如果是那样我们即可选择 2502，因为 2502 本身有两个电压源，也是 KEITHLEY 为此种要求的用户来设计的。
- 在进行测试之前，要进行测试本底噪声电流，以避免对 IV 测试电流精确度的影响，特别是在起始小功率的时候。

- 对测试后的数据根据需要进行平滑，使曲线趋向一种理想状态。
- 2400 和 2500 之间采用的 Trigger-Link 连接方式以达到快速的测试。
- 如果用户要进行多路测试，则要在开关 (7001 +7011-S) 来扩充测试路数目，以提高测试效率。
- 2510 利用 PN 节的电子和空穴的结合和分开来进行升温和降温，温度的精确度比较高，可达 0.005 度。2510-AT 可进行自动 PID 自动的温度调节，非常方便。
- KEITLEY 提供标准测试软件，如果用户有特别要求，可进行改进。

■ 测试软件

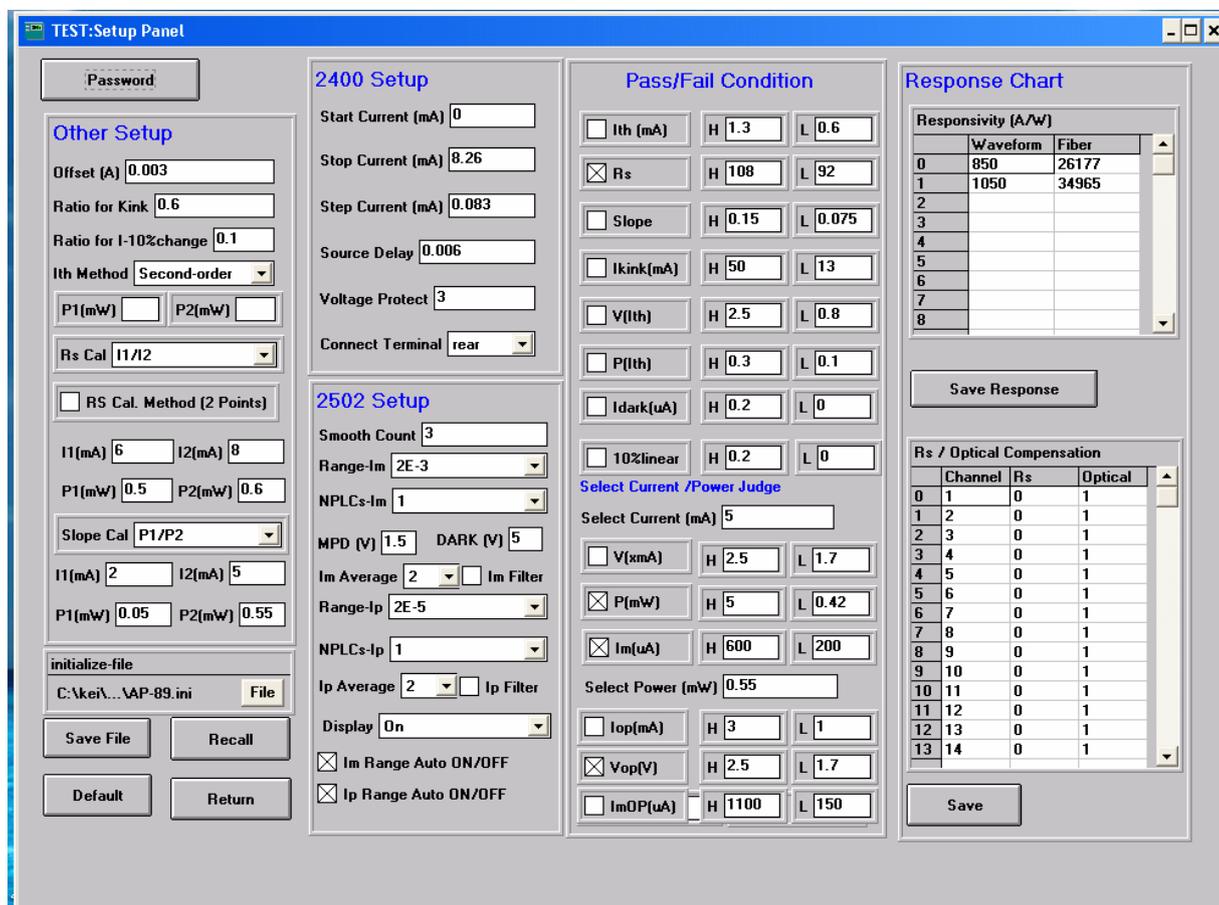
KEITHELY 提供成熟的测试软件，测试主界面：



在主界面上可以看到测试的主要参数的输出，电压，功率，背光电流，功率的一阶微分，二阶微分对驱动电流的图形，同时显示当前测试器件的好坏。如果是多通道测试的话，可进入界面进行 **Channel Setup** 来查看测试 **DATA**

后的具体数据。

以下设置界面，用户可在此界面设置你的测试方式和要求，并可甚至你判断好坏的规格：



界面中也包括了对积分球系数的调整表，还有电阻的补偿系数和光开关的转换损耗补偿系数（如果多路测试，使用多路光开关的话）。

测试数据，里面有原始测试数据以及特征计算的数据：

Return

Result From Ins (Current LD)

	I[mA]	P[mW]	V	Im[μ A]	dP/dI	d2P/dI2
0	0	0	0.8662	0.004	0	0.00043
1	0.08349	0	1.1324	0.012	0.00011	0.00143
2	0.16699	2E-05	1.4097	0.029	0.00025	0.00164
3	0.2505	5E-05	1.4472	0.054	0.00039	0.00207
4	0.33349	9E-05	1.4741	0.085	0.0005	-0.0095
5	0.417	0.00013	1.4964	0.124	0.00055	0.01825
6	0.50049	0.0002	1.516	0.175	-0.00139	0.1461
7	0.58399	0.00042	1.5339	0.345	0.01843	0.31129
8	0.6675	0.00375	1.5491	2.599	0.05831	0.39956
9	0.751	0.01003	1.562	7.095	0.09101	0.3462
10	0.83449	0.01873	1.573	13.76	0.11588	0.22213
11	0.91799	0.02907	1.5836	20.818	0.12851	0.09367
12	1.00099	0.03986	1.594	28.259	0.13148	0.00489

Data Print

	Barcode	Ith [mA]	Vth[V]	Pth[mW]	Rs	kink[mA]>=	Pkink[mW]>=
0	"LAP-89-001582-5"	"0.6675"	"1.549113"	"0.00375"	"96.776"	"8.26"	"0.88894"
1							
2							
3							
4							
5							
6							

以上是 KIETHLEY 公司提供的标准的测试软件，软件除了测试 LD 的特征参数外，还可进行可靠性方面的测试（或叫 Tracer 测试），测试激光二极管在不同温度环境下的特征参数变化情况。另外 KIETHLEY 公司根据需要也能灵活的将光谱测试加进来。总之 KIETHLEY 公司提供的软件是非常灵活方便的。

■ 测试硬件

这是针对一个 20 路测试，其配置如下：

序列号	测试仪器型号，数目	作用和描述
1	2400 (1)	给 LD 做驱动电流源，根据驱动的电流小也可选择 2 4 的其它系列。
2	2500 (1)	测试背光电流和光功率电流
3	7001 (1)	多路测试的转换开关
4	7001-S (1)	转换开关卡
5	2500INT (1)	积分球选择 (根据波长选择 Si, Ge, InGaAs)
6	2500INT FC/PC (1)	积分球到光纤的转接头
7	KPCI-488LP (1)	GPIB 卡
8	7007-1 (3)	3 条 GPIB 线
9	BG-18 (1)	BNC 到橡胶的转接头
10	7754-3	BNC-Alligator 转接头
10	6172 (1)	2 线到 3 线输出的 Triax 转接头
11	8501-1 (1)	Trigger 线，母头输出
* 12	8505 (1)	1 转 2 的 Trigger 连接线 (如果三台间触发会用)

当然测试硬件也可根据需要来选择不同的但功能类似的 KEITHLEY 仪器，比如说如果测试大功率的管子，则可选择 2 4 4 0 作为驱动源。2 5 0 0 也可用两台 6 4 8 5 来替换 (如果客户对价格要求比较严格的条件下)，也可用 2 5 0 2 来替代如果在测试过程中要加反向偏压的话。开关的选择是用户的测试路数决定的。

不同用户的要求可根据实际情况做相应的选择。

■ 注意事项

1. 有很多用户会问及系统测试规格，由于 KEITHLEY 公司的测试都是依据测试电流来回算的，其精度是非常高的，但是由于积分球本身的饱和特性，所以会影响测试的规格和范围，所以我们给的测试规格也是相对粗略点，从 nW 到 3W，如果用户需要更高功率测试，则另需要讨论。
2. 上面提到的是一个灵活的配置，其实用 2520+积分球也可实现上面的测试，只是提供的是一种脉冲测试方式。
3. 就测试机架方面，一般情况下，LD 及模块的生产厂家都有自己的机架，因为每个公司的产品的输出脚方式以及个数都有所不同。KEITHLEY 公司也提供一些标准的机架，也很少给用户来配置。机架包括：8542，8544，8544-TEC，都属于蝶型封装的 14 个引脚的机架。

■ KEITHLEY 测试硬件照片



PD 应用介绍

1. 概念介绍

PD (PhotoDiode), 背光电流探测器, 相对于 LD 来说, 比较简单。大部分时候也安装在光电传输模块上, 检测电流使用, 大多数情况下可看到和 LD 配合使用。

2. PD 测试

基本就是加一电压测试输出的电流, 不过电流很小, 有时候到 nA 级别甚至更低, 所以测试的时候需要高精度的输出源和精密测试的电流表。

3. KEITHLEY 所提供的测试方式

不同档次的用户采用的测试方式不一样。

- 低挡的客户: 一般自己做些板卡来测试。
- 中挡的客户: 电压源自己提供, 买 KEITHLEY 的 6485 来测试电流。
- 中高档的客户: 用 2400 做源, 6485 做电流表来测试, 最近我们也建议用户用 2600 系列来既作电压源, 又作电流表来测试, 当然在电流的测试精度上面来说, 2600 系列是不如 6485 的。可根据客户的要求做适当的选择。

4. 注意事项

- 有的用户涉及到多点测试或 Wafer 上多点的时候, 则需要和机械装置配合。
- 有一点是 PD 测试的电流都是比较小的, 所以选择测试仪器的时候要注意, 电流测试一定要满足用户的需求
- 有时候用户会问用电流驱动和用电压驱动两种方式得到的 IV 曲线有差异的, 这主要是有用户本身器件所决定的, 有的器件对电流和电压两种不同的驱动方式下, 参数的表征是不一样的, 这要依据器件本身的设计规格, 用哪种方式测试比较合适。