

前向斯托克斯光强, 故在(1)式中可略去前向斯托克斯光成分。考虑到散射前后粒子数守恒, 则有

$$\frac{I_L(x)}{\omega_L} + \frac{I_s^B(x)}{\omega_s} = \frac{I_L(l)}{\omega_L} + \frac{I_s^B(l)}{\omega_s} \quad (4)$$

可得到

$$I_L(x) = \omega_L \left(\frac{I_L(l)}{\omega_L} + \frac{I_s^B(l)}{\omega_s} - \frac{I_s^B(x)}{\omega_s} \right) \quad (5)$$

其坐标表示如图3。

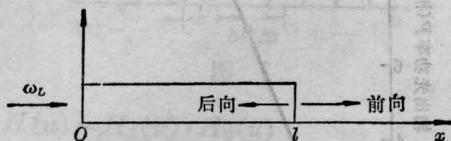


图3 喇曼散射坐标图

将(5)式代入(3)式, 则得

$$\frac{\partial I_s^B(x, t)}{\partial x} = \frac{\omega_L}{\omega_s} g_s^B (I_s^B)^2 - g_s^B I_s^B \left[I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l) \right] \quad (6)$$

(6)式为柏努利方程。利用代换

$$V(x, t) = \frac{1}{I_s^B(x, t)} \quad (7)$$

则(6)式变为

$$\frac{dV(x, t)}{dx} - g_s^B \left[I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l) \right] V(x, t) + \frac{\omega_L}{\omega_s} g_s^B = 0 \quad (8)$$

在 $x=0$ 处, 可求出后向斯托克斯光的解

$$I_s^B(0, t) = \frac{\omega_s I_s^B(l, t) \left[I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l, t) \right]}{e^{g_s^B \left[I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l) \right] l}} = \frac{\omega_s \left[I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l, t) \right]}{-\omega_L I_s^B(l, t) \left[1 - e^{g_s^B \left[I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l) \right] l} \right]} \quad (9)$$

若后向斯托克斯光增益很大时, 则有

$$I_s^B(0, t) = \frac{\omega_s}{\omega_L} \left[I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l, t) \right] \quad (10)$$

激光几乎全部转换成后向斯托克斯光。

若后向斯托克斯光增益很小, 则

$$I_s^B(0, t) = I_s^B(l, t) e^{g_s^B \left[I_L(l) + \frac{\omega_L}{\omega_s} I_s^B(l) \right] l} \quad (11)$$

在(10)式情况, 后向斯托克斯光脉冲宽度与泵浦光脉冲宽度相同。这里假定了后向斯托克斯光产生前, l 处泵浦光强度为输入的泵浦光强。在(11)式情况, 后向斯托克斯光很弱。上述公式中 $I_s^B(l)$ 实际等于 l 处后向自发斯托克斯光, 它的数量级为 10^{-2} W/cm^2 , 与 $I_L(l)$ 相比可忽略。

若考虑泵浦光为高斯型

$$I_L(l, t) = I_L(l) e^{-\left(\frac{t}{\tau_p}\right)^2 \ln 2} \quad (12)$$

则可根据(9)式求出后向斯托克斯光脉冲形状, 它的脉冲宽度比泵浦光脉冲宽度窄。根据(5)式而可看出, 泵浦弄空后的光为两峰夹一谷的马鞍形状。

这个脉冲由喇曼介质焦点处 l 继续向右传播, 形成前向斯托克斯光, 它亦为泵浦弄空光脉冲形状。而图2中前向斯托克斯光的前峰和后峰的高低, 由透镜在介质中焦点的位置和泵浦光强决定。

参 考 文 献

- [1] A. Penzkofer et al.; *Prog. Quant. Electr.*, 1979, 6, No. 2, 55.

(中国科学院上海光机所 孟绍贤
张伟清 林礼煌 林尊琪
盛国平 谢梓铭 康玉英
1984年11月5日收稿)

脉冲阈值法测注入式激光器的载流子寿命

Abstract: This paper describes the measurement of carrier lifetime of GaAs/GaAlAs DH lasers. Simplified experimental system without high speed detector and very broad band amplifier is used.

一、前言

以前载流子寿命 τ_c 的测量方法多用延迟时间法^[1]和频率响应法^[2], 但是这些方法都需要高速探

测器、高速信号源和宽带低噪放大显示系统, 而且由于高速信号因易受干扰而产生各种畸变。本文介绍的脉冲阈值法使用积分式的探测系统, 使高频检

测变成了直流检测，并且处理过程考虑了有源区结电容的因素，因而使测量更方便和准确。

二、原理

由方程组^[3]

$$I_{tho} \cdot \tau_s = \int_0^{\tau_1} i_0 \left[\exp \frac{q}{2KT} f(t) - 1 \right] \times \exp \left(-\frac{\tau-t}{\tau_s} \right) dt + \int_{\tau_1}^{\tau} I_P \cdot \exp \left(-\frac{\tau-t}{\tau_s} \right) dt$$

$$\tau_1 = \int_0^v \frac{C_0 / \left(1 - \frac{v}{V_D} \right)^{\frac{1}{2}}}{I_P - i_0 \left(\exp \frac{qv}{2KT} - 1 \right)} dv$$

其中 I_{tho} 是直流阈值， I_P 是脉冲阈值， τ_1 是自 I_P 注入到 PN 结充电结束的时间间隔， τ 是激射延时， t 是时间变量， q 是载流子电荷， C_0 是零偏置时的 PN 结电容， V_D 是零偏置的 PN 结势垒， v 是 PN 结偏置电位差， K 是玻尔兹曼常数， i_0 常数， T 绝对温度。可知，只要给出脉冲阈值 I_P 和激射延时 τ ，而其它参数 I_{tho} ， C_0 ， V_D ， T 等是常规参数易于测得。将测得的上述数据代入该方程组中，用计算机便可求得载流子寿命 τ_s 。式中考虑了由于 PN 结电容充电的过渡过程对形成载流子反转分布的延迟。

三、实验和结果

为了测定在脉冲阈值时的激射延时，如果取直接测量延迟时间的方法将是困难的，其一是因为信号源的功率经激光器转变为激光信号，又由探测器转变为电信号的过程中衰减很大，往往直接用取样示波器显示有困难；其二高速信号经过多环节的传输，转换后波形不可避免带来畸变。我们用了倒过来的测量方法，即取一个固定脉宽的脉冲做驱动信号，改变脉冲的幅度而不影响脉冲的宽度，当逐渐增加脉冲幅度的时候，输出光功率会出现一个拐点，这个拐点就是脉冲阈值。因此只需要测得输出光功率的相对值能够显示出其拐点即可，因而对探测器的要求是较低的。

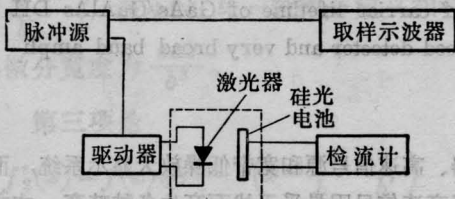


图 1 实验装置方框图

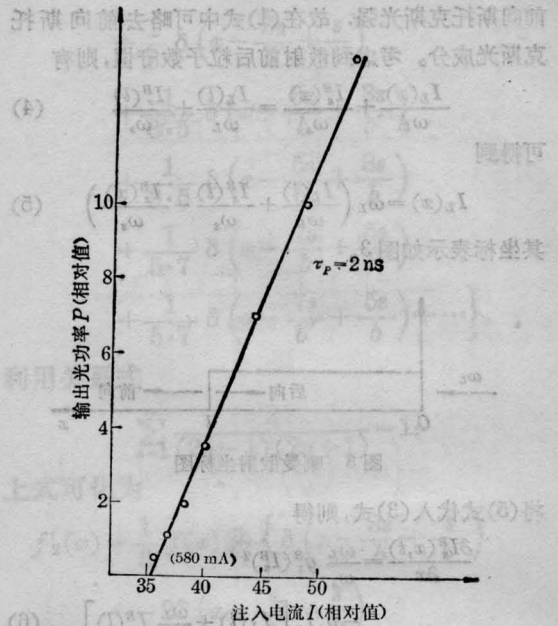


图 2 $\tau_p=2$ ns 的 P-I 曲线

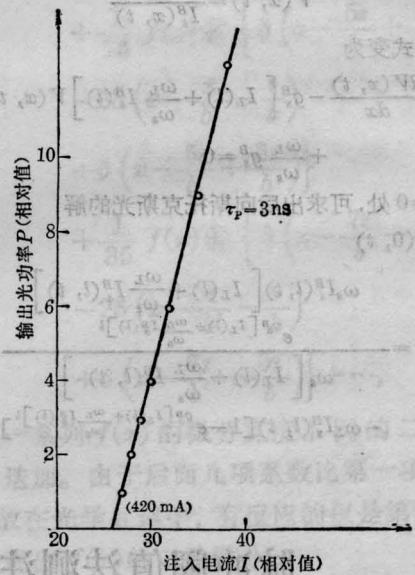


图 3 $\tau_p=3$ ns 的 P-I 曲线

图 1 是本实验装置的方框图。其中脉冲源是可以产生毫微秒窄脉冲且脉冲幅度连续可调的功率脉冲信号源。信号源输出的一路送取样示波器，以测量和监视驱动脉冲的幅度和宽度；另一路送激光器的驱动器。半导体激光器在脉冲电流由小至大增加幅度，将由自发复合辐射到受激发射，发射的光功率由硅光电池接收，光电流由一台光点检流计显示。

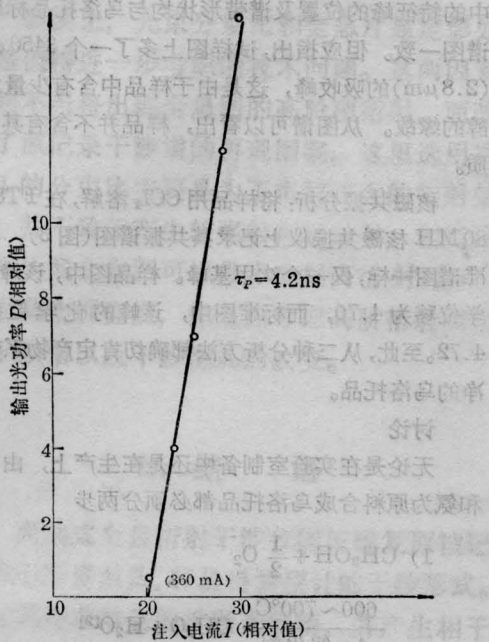


图4 $\tau_p=4.2\text{ ns}$ 的 $P-I$ 曲线

利用这一实验装置,当连续调节驱动脉冲的幅度时,可在检流计上获得相应的输出光电信号的各值。驱动脉冲的幅度可在取样示波器或已校准的信号源的刻度盘上读取。这样即可给出一条驱动电流 I 和输出光功率 P 的 $P-I$ 曲线,其拐点即脉冲阈值 I_{p0} 。对于每一个不同的脉宽 τ_p ,可以得到一条不同的 $P-I$ 曲线,即得到一个不同的脉冲阈值。将每组数

据代入方程组计算出之 τ_s 应近似相等。由于使用很窄的脉宽和很低的重复频率,因而热效应可以忽略, T 可取室温。

图 2、3、4 即是相应于不同脉宽的 $P-I$ 曲线,各曲线的参数及计算出的 τ_s 值列于表 1。实验中使用的激光是 GaAs/GaAlAs 条形激光器,条宽 $40\ \mu\text{m}$,长 $300\ \mu\text{m}$,室温阈值

$$I_{th0}=250\ \text{mA}, C_0=180\ \text{pf}.$$

由表 1 可见,所得寿命值与其他方法^[1,2]测得之值相近。

表 1

图 号	$\tau_p(\text{ns})$	I_p/I_{th0}	$\tau_s(\text{ns})$
2	2	2, 3	1, 8
3	3	1, 68	1, 85
4	4, 2	1, 44	2, 9

参 考 文 献

- [1] K. Konnerth, C. Langa; *Appl. Phys. Lett.*, 1964, **4**, 120.
- [2] T. Ikegami *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1968, **QE-4**, 148.
- [3] 赵鲁光;《电子学报》, 1981, **5**, 39.

(中国科学院长春物理所 赵鲁光
1984年10月19日收稿)

用连续波激光引发合成环-六次甲基四胺

Abstract: The reaction between methyl alcohol and ammonia on the surface of Al_2O_3 was induced by a low power CW CO_2 laser. Hexamethylene tetramine (urotopin) as the product has been identified by IR and nuclear magnetic resonance methods.

尽管激光在工业、农业、国防等各个领域中的应用已取得了很大的进展,但到目前为止,在化工生产中的应用仍处于探索阶段。Solkimel 等人^[1]综合大量文献,列举了几十个激光引发化学反应的实例,但其中几乎没有有机合成的例子。自此以后,虽然也有过激光诱导有机合成的报道,但绝大多数是采用脉冲激光器作为工具的。我们的工作是用低功率连续激光器辐照氨和甲醇的混合气体,在有催化剂存

在的条件下,获得乌洛托品,使原来需分二步,在显著不同的条件下进行的反应在一步中得以完成。显示了激光作为一个新的引发有机合成反应手段的优越性,以及在化工生产中应用的良好前景。

实验

实验所用的连续 CO_2 激光器的功率为 15 W,聚焦后,焦斑处的功率密度约为 $2000\ \text{W}/\text{cm}^2$ 。反应器形状如图 1 所示,玻璃质,内表面涂有一层 Al_2O_3 系