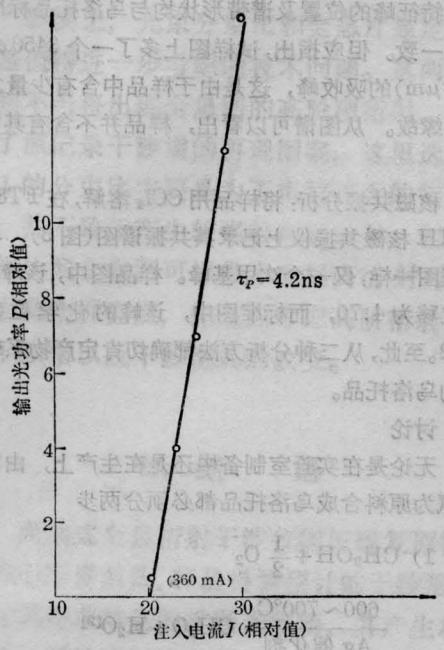

图 4　τ_p=4.2 ns 的 P-I 曲线

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。实验中使用的一支激光器是 GaAs/GaAlAs 条形激光器，条宽 40 μm，长 300 μm，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	τ_p(ns)	I_p/I_{tho}	τ_s(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 (uroptopin) 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 W/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

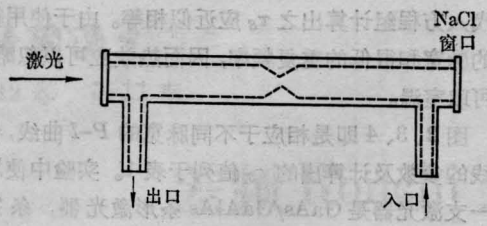

图 1　反应器形状示意图

催化剂。实验时，首先将整个反应体系抽真空，然后在一环境为70°C的贮瓶中将氨与甲醇按1:1的压力比混合。混合气体流经反应器，并用激光辐照。实验压力约300 Torr。实验时，反应器壁的温度约为100°C。反应产物以环-六次甲基四胺（乌洛托品）为主，此外还有甲胺和未反应掉的氨和甲醇。乌洛托品凝结在反应器出口处附近的管壁上，呈白色结晶状物。用无水乙醇（分析纯）洗涤下来，蒸去乙醇，作为分析试样。

分析结果

红外光谱分析：将所得样品约1 mg与适量干燥的KBr混合、压片，在SP-2000红外光谱仪上记录其吸收谱图，见图2。由图2可见，所得红外光谱图

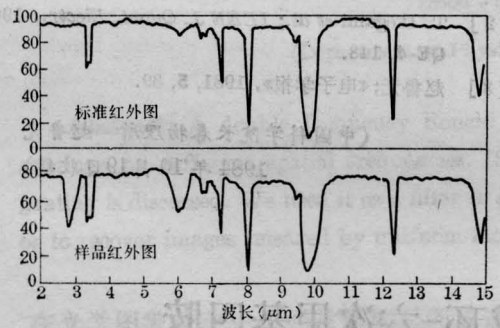

图 2　产物样品的红外谱图与乌洛托品标准红外谱图的比较

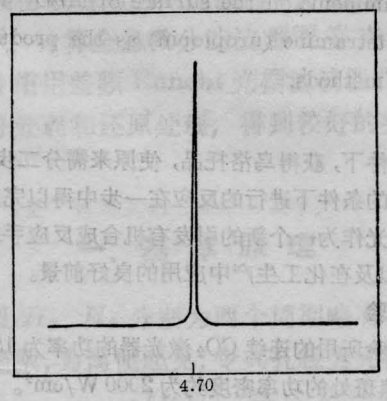

图 3　样品的核磁共振氢谱

中的特征峰的位置及谱带形状均与乌洛托品标准光谱图一致。但应指出，试样图上多了一个3450 cm^{-2} (2.8 μm)的吸收峰，这是由于样品中含有少量水或醇的缘故。从图谱可以看出，样品并不含有其它杂质。

核磁共振分析：将样品用CCl_4溶解，在FT80A、80 MH核磁共振仪上记录其共振谱图（图3），与标准谱图一样，仅一个次甲基峰。样品图中，该峰的化学位移为4.70，而标准图中，该峰的化学位移为4.72。至此，从二种分析方法都确切肯定产物系较纯净的乌洛托品。

讨论

无论是在实验室制备中还是在生产上，由甲醇和氨为原料合成乌洛托品都必须分两步

1) $CH_3OH+\frac{1}{2}O_2 \xrightarrow[\text{Ag 催化剂}]{600\sim700°C} CH_2O+H_2O$[2]

2) $6CH_2O+4NH_3 \xrightarrow[\text{水溶液}]{70°C} (CH_2)_6N_4\text{(乌洛托品)}+6H_2O$[3]

这两步反应条件相差悬殊。然而当气体流经Al_2O_3系催化剂表面，同时受到一定强度的激光辐照，则反应可以一步完成：

$$CH_3OH+NH_3 \xrightarrow[Al_2O_3]{\text{激光}} (CH_2)_6N_4$$

考虑到激光功率低，经聚焦后总功率不到10W，如作为一种普通加热器，显然是不足以引发上述反应的。我们用电热丝作对比试验，即使功率高达100 W，体系温度高达400°C，也没有检出任何胺类化合物的生成。由于连续激光的功率密度低，它不可能激发分子的某一特定键，使之处于高激发态，以致解离，然后进行其它反应。因此，一般说来不具有明显的光化学反应的特征。但是，由于它的单色性好，可为反应体系某一种分子选择性吸收，再将能量传递给其它分子，这与普通器壁加热方式是明显不一样的。当激光功率密度较大，而气体分子压力较低时，$V\sim T$（振动～平动）弛豫过程较慢，就会形成分子振动温度与平动温度的差异，形成已吸收激光光子的分子与未吸收激光光子的分子温度出现差异。根据分子动态学的观点[4]，具有"晚期能垒"的反应体系，振动能高则对反应有利。此外，连续激光还会影响催化剂表面的吸附过程，有人[5]曾发现，CW激

光对 Al_2O_3、SiO_2 表面水的解吸起增强作用，这显然对于甲醇与氨合成乌洛托品有利。进一步探讨上述反应机理是今后值得研究的课题。目前对连续激光场作用下化学反应过程的研究正在形成一个新的学科分支——激光热化学(ЛТХ[6])。

本文工作受到王迺岩，胡晓雯，杨绪杰，陆路德等同志在红外光谱及核磁共振分析上的大力协助，在此谨以致谢。

参 考 文 献

[1] Solkimel, Shammai Speiser; *Chem. Rev.* 1977, **77**, No. 4, 437.

[2] K. 韦瑟麦尔，H. J. 阿普著；"工业有机化学原料和中间体"，中译本，化学工业出版社，1982 年，p.16.

[3] Ger. Offen., 1, 965, 404.

[4] R. D. Levine, R. B. Bernstein; "Molecular Reaction Dynamics", Oxford University Press, N. Y. (1974), p. 95.

[5] 秦启宗等；《应用激光》，1983, **3**, No. 1, 4.

[6] Ф. В. Бункин, На. Кирменко *и др.*, *Лукьянчук ИАН СССР, Сер. физ.*, 1983, **47**, No. 10, 2000.

(华东工学院　陈民生
王凤云　王大雁

1984 年 10 月 3 日收稿)

应用单张全息干涉图测定三维微小位移的一种快速算法

Abstract: A fast algorithm for holographic, interferometrier determination of three-dimensional minute displacements with a single hologram is discussed. Also discussed are some problems related to this fast algorithm.

一、引言

当前全息干涉计量总的发展趋势是光电结合以提高测量精度，利用计算机处理数据作定量计算提高速度。近几年来，笔者在这方面作了一些尝试。本文介绍借助于对双曝光全息图作多次观察来测定物体三维位移场的一种快速算法。

由于处理方法的一般性，这种快速算法不仅可用于研究固体力学、精密机械，还可用于生物医学(例如口腔矫形、全息牙科术、骨胳变形及颅脑外伤等)的基础研究和临床实践。

二、计算公式推导

测定三维位移场的基本方程为[1]

$$\Omega = \boldsymbol{K}\cdot\boldsymbol{L} \tag{1}$$

其中 $\boldsymbol{L}$ 表示待测物点 P 的未知位移，$\boldsymbol{K}$ 是灵敏度矢量，其定义为

$$\boldsymbol{K} = \boldsymbol{K}_2 - \boldsymbol{K}_1 = k(\hat{\boldsymbol{K}}_2 - \hat{\boldsymbol{K}}_1) \tag{2}$$

$$k = 2\pi/\lambda \quad (\lambda\text{——激光波长})$$

$\hat{\boldsymbol{K}}_2$、$\hat{\boldsymbol{K}}_1$ 分别代表沿观察方向和照明方向的单位矢量。在图 1 所选坐标系下

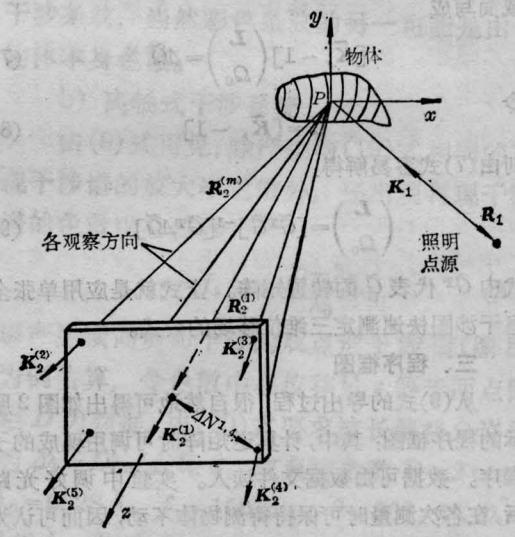

图 1　五点观察法

$$\begin{cases} \hat{\boldsymbol{K}}_2 = \dfrac{\boldsymbol{R}_2}{|\boldsymbol{R}_2|} \\ \hat{\boldsymbol{K}}_1 = -\dfrac{\boldsymbol{R}_1}{|\boldsymbol{R}_1|} \end{cases} \tag{3}$$

Ω 代表待测物点移动前后到达观察点的两束物光的