

用于显微光谱分析的光再生 电光调 Q Nd³⁺:YAG 激光器

赵 炎 生

(江苏省地质局仪器室)

提要: 将不稳定光学谐振腔光再生电光调 Q Nd³⁺:YAG 激光器用于显微光谱分析。使激光稳定性在自由振荡情况下相对均方误差达 0.92%，调 Q 时 <5%，取样直径 5~450 微米，对样品的适应性和可靠性有较大提高。

Optically regenerative electro-optically Q-switched Nd³⁺:YAG laser for laser-microspectral analysis

Zhao Yansheng

(Institute of Instrumentation, Jiangsu Bureau of Geology)

Abstract: An optically regenerative electrooptically Q-switched Nd:YAG laser with unstable optical resonators has been used in microspectral analysis. The standard deviation of stability of laser output is 0.92% (rms) under the condition of free running and less than 5% in Q-switching; the sampling diameter is about 5 to 450 μm ; and the adaptability and reliability of the instrument have been greatly improved.

激光显微光谱分析主要用于微区、微量和薄层分析。在已有的这类不同型号的国内外仪器中，激光器都采用了平行腔结构的红宝石或钕玻璃激光器，并使用马达转镜调 Q 或染料调 Q^[1~4]。在分析过程中激光被用作蒸发和激发样品的光源。因此，激光对样品的汽化效果(汽化程度、汽化直径和形状)、对样品的适应性以及激光输出的稳定性都将直接影响分析结果。

本文根据显微光谱分析对激光器的特殊要求，提出新的设计方案，即将平凸型非稳腔光再生电光调 Q Nd³⁺:YAG 激光器应用在 JXF-74 型激光显微光谱分析仪上，取得了

较好效果。

显微光谱分析要求激光输出方向性好，光强分布均匀，有一定的定向强度。改进方向性一般有：增加腔长；加望远镜扩束系统；加光阑或用空间滤波器，以及上述方法之间的选择联用。考虑到激光器长度和体积以及激光输出效率，为了获得单横模输出，据 [5, 6] 采用透射耦合方式平凸型非稳腔设计。

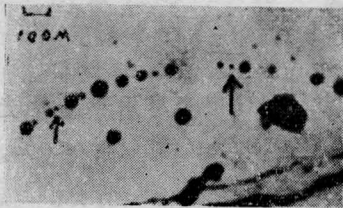
装置具体参数如下：谐振腔长 250 毫米，全反射镜半径 2 米，输出镜反射率为 8~15%，激光器输出的球面波经过准直透镜(焦距 $f=0.8$ 米)变为平面波，输出镜上设有

收稿日期：1981 年 6 月 8 日。

圆形小孔。

发散度测定约为 0.5 毫弧度，同样腔长的平行平面腔为 5~6 毫弧度，输出能量非稳腔约为平行平面腔的 70%。

用 40 倍折反射物镜 ($f=6$ 毫米) 得到直径约 5 微米的圆形小孔，用 4 倍物镜 ($f=49$ 毫米) 可打出 10 微米左右的小圆孔，见照片 1。照片中箭头所指为 10 微米左右小孔，用 $f=49$ 毫米聚焦。



照片 1

非稳腔前的准直镜可以沿光路移动，方便地改变激光发散度，在需要时可以打出直径为 450 微米、深约 60 微米的浅孔进行取样分析。

由于非稳腔激光输出方向性好，聚焦处功率密度大，因此可以用 0.6 焦耳能量对白纸取样分析(使白纸穿洞)，用 0.2 焦耳可击穿 5 把重迭在一起的薄刀片。而平行平面腔以空间滤波器选模的激光，用 1 焦耳能量也难以做到。

平凸型非稳腔光再生 $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ 激光器，应用在 JXF-74 型激光光谱分析仪上取得了较好的效果，对一般不透明金属样品用 0.1 焦耳即可进行取样分析，此时氙灯充电电压可以维持在其额定充电电压 $1/3 \sim 2/3$ 处，对激光器耐用性带来好处。激光输出能量低，保护了聚焦物镜，例如 40 倍折反射物镜使用数年未见损坏。

现将 JXF-74 型激光光谱分析仪与东德蔡司厂 LMA-10 型^[3] 的激光器进行比较如表所示。

JXF-74 型与 LMA-10 型激光器对比

项 目	JXF-74 型	LMA-10 型 (东德)
工 作 物 质	$\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$	红宝石晶体
激 光 波 长	1.06 微米	0.6943 微米
激 光 棒 尺 寸	$\phi 6 \times 60$ 毫米	$\phi 7 \times 7.5$ 毫米
最大输出能量	0.8 焦耳左右	0.9 焦耳左右
激光输出稳定性	<1%	≤5%
氙灯充电稳定性	<0.1%	<0.1%
激光重复频率	最大 5 次/分	4 次/分
激光谐振腔类型	平凸型不稳定腔	平行腔
调 Q 方式	光再生电光调 Q	染料
输出功率稳定性	较好 (<5%)	
脉 冲 功 率	千瓦-兆瓦级(可调)	千兆-兆瓦级 (分 6 档)
激光冷却器	水冷	水冷-风冷
取 样 直 径	<10 微米(甚至 5 微米)	<10 微米
氙 灯 电 压	<1000 伏	<1000 伏
氙 灯 电 容	80 微法 160 微法 240 微法	900 微法 1200 微法

本文得到冯端教授的亲切指导；董耕发、陆雨田、陈南斗、李维华、阮雍生等同志参加了部分实验工作，在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 久保田正明;《分光研究》, 1971, No. 5, 241~266.
- [2] A. Фельске и др; *УФН*, 1972, **106**, No. 3, 549-562.
- [3] L. Moenke-Blankenburg *et al.*; *JENA Review.*, 1975, No. 3, 107~111.
- [4] 声远等;《激光与红外》, 1973, No. 1, 1~8.
- [5] A. E. Siegman; *Appl. Optics*, 1973, **13**, No. 2, 253~267.
- [6] Ю. А. Аваньев; *Кван. электр.*, 1971, No. 6, 3~34.

注：本文数据除已注明外，皆为 JXF-74 型激光光谱分析仪鉴定会数据。