

## 用于紫翠宝石激光器调 Q 的色心晶体

**Abstract:** Experimental results are reported on color center crystals for passive Q-switching of alexandrite lasers. The coloring process of crystals and stability of color centers are discussed preliminarily.

色心晶体做为被动激光 Q 开关元件较染料开关有显著的优点: 激光束畸变小、破坏阈值高和可在高重复频率条件下工作等。积极探索不同种类的色心调 Q 晶体适应不同波长激光器是很有意义的。对宽带可调谐紫翠宝石激光器来说, 色心晶体有与之匹配的宽吸收带, 可在整个调谐区内实现调 Q, 其优点更为突出。

紫翠宝石 ( $\text{BeAl}_2\text{O}_4:\text{Cr}^{3+}$ ) 激光器是室温下运转的终端声子激光器, 调谐范围在 700~800 nm 之间, 发射中心波长在 750 nm 附近, 和棒内温度有关。根据波长匹配原则——激光发射波长和色心吸收带峰相重合, 我们选择了两种色心晶体对其进行调 Q。一为  $\text{LiF}:\text{F}_3^-$  色心晶体, 一为  $\text{NaF}:\text{F}_2^+$  色心晶体。二种基质材料在上述激光波长上的吸收均很小。利用  $\text{Co}^{60}$  的  $\gamma$  射线在室温下进行着色。对 LiF 晶体, 辐照剂量在  $5 \times 10^7 \sim 10^8$  rad 间, 可产生一定密度的  $\text{F}_3^-$  心。着色后的晶体呈桔红色。  $\text{F}_3^-$  心有二个吸收峰, 一个在  $0.79 \mu\text{m}$  处, 半宽度大于 80 nm, 另一个在  $0.68 \mu\text{m}$  处。  $\text{F}_3^-$  心吸收截面大约为  $10^{-17} \text{cm}^2$ , 而紫翠宝石激光发射截面为  $7 \times 10^{-21} \sim 3 \times 10^{-20} \text{cm}^2$ , 因此会有良好的调 Q 性能。对 NaF 晶体, 用辐照剂量  $5 \times 10^6$  rad 时主要生成  $\text{F}_2^+$  心, 吸收峰在 500 nm 左右, 对紫翠宝石没有观察到调 Q 作用, 在用  $5 \times 10^7$  rad 时, 晶体内产生足量的  $\text{F}_2^+$  心, 吸收峰在 725 nm 左右, 半宽度大于 100 nm, 调 Q 效果比较理想。再增加辐照剂量到  $10^8$  rad, 吸收峰变平滑, 颜色加深, 调 Q 作用变差。二种晶体着色后的吸收谱如图 1 所示。辐照剂量为  $5 \times 10^7$  rad, 样品厚度为 5 mm。

将用上述方法辐照后的晶体, 放入紫翠宝石激光腔内, 静态透过率分别为 0.8 和 0.82 ( $0.75 \mu\text{m}$  处), 相对于激光轴成布儒斯特角放置, 以减小损失。紫翠宝石棒为  $\phi 5 \times 70$  mm, 非对称稳定球面腔, 输出镜透过率为 0.2。单灯椭圆腔照明。二种晶体均获得单脉冲调 Q 输出。激光脉冲宽度约为 100 ns, 调 Q 的动静比在最好条件下可达 1:3。单脉冲

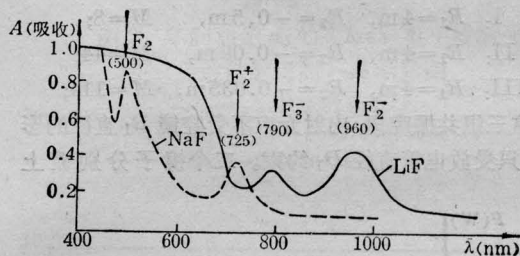
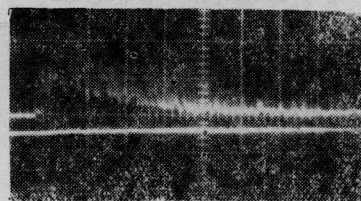
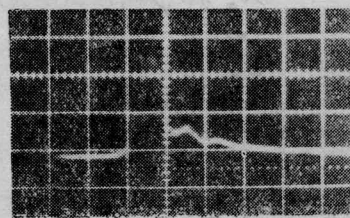


图 1 LiF 和 NaF 晶体中色心吸收谱  
样品厚  $d=5$  mm, 辐照剂量  $5 \times 10^7$  rad

电平区为 50~80 V。增加光泵能量, 可获得调 Q 脉冲序列输出。对于  $\text{LiF}:\text{F}_3^-$  心晶体, 和三元双折射石英滤光片一起连用, 在整个调谐范围内实现了调 Q。被动开关选纵模的能力使输出谱线大为变窄, 已得到 0.001 nm 的线宽。图 2 给出了调 Q 及自由振荡条件下的脉冲波形图。



(a) 自由振荡 ( $20 \mu\text{s}/\text{cm}^2$ )



(b) 调 Q ( $100 \text{ns}/\text{cm}^2$ )

图 2 激光输出波形

就色心寿命而言,  $\text{LiF}:\text{F}_3^-$  心在室温下长期放置, 色心衰变现象不明显。用于激光调 Q, 经过上千次的激光脉冲作用, 也没发现明显的色心退色现象,

表明它有良好的光热稳定性。对  $\text{NaF:F}_2^+$  晶体, 室温下放置有较好的热稳定性<sup>[1]</sup>, 但对激光作用表现出不稳定性。故在腔内调  $Q$ , 一般经过 10~20 个激光脉冲作用后, 晶体外观颜色由桔红变成淡黄色, 激光脉冲也由单脉冲变成多脉冲, 直到调  $Q$  效应消失。对  $\text{F}_2^+$  心退色的原因, 在文献[2]中曾提出一种可能的机构, 认为在  $\text{NaF}$  晶体中除产生  $\text{F}_2^+$  心外, 还存在有  $\text{F}_3^+$  心, 它的吸收峰在  $0.87\mu\text{m}$  处, 正好落在  $\text{F}_2^+$  心的荧光带内。如果  $\text{F}_3^+$  心吸收了  $\text{F}_2^+$  心发射的荧光激发到第一激发态, 这时再吸收紫翠宝石激光, 则可能导致  $\text{F}_3^+$  心电离, 自由电子为  $\text{F}_2^+$  俘获而结合成  $\text{F}_2$  心。这种解释和我们的实验结果比较一致, 但和[1]的结果有矛盾。 $\text{F}_2^+$  心退色的真正原因有待进一步深入研究。

比较上述两种晶体可得出如下结论:  $\text{LiF:F}_3^+$  晶体用于紫翠宝石激光调  $Q$  有良好的光热稳定性。不

足之处是  $\text{F}_3^+$  心的吸收峰偏离激光发射峰较远。但是, 对紫翠宝石来说, 提高棒的温度不但会使效率大幅度增加, 而且波长也向长波移动。因此高温运转时,  $\text{LiF:F}_3^+$  晶体就比较合适了。对  $\text{NaF:F}_2^+$  晶体来说, 波长匹配比较好, 缺点是光稳定性差。采用掺入其它杂质的方法, 比如掺入  $\text{Li}$ , 可能会解决该晶体的稳定性问题。

## 参 考 文 献

- [1] В. А. Брацкий и др., *Кван. элек.*, 1985, 12, №. 5, 1089.
- [2] Ю. А. Гусев и др., *Кван. элек.*, 1981, 8, №. 6, 1376.

(中国科学院上海光机所 张贵芬 马笑山  
上海光学仪器研究所 范福昌  
1986年6月26日收稿)

## 应用光敏技术和光谱分析诊断耳鼻咽喉部恶性肿瘤

**Abstract:** 17 cases of malignant tumors and 3 cases of inflammatory ulcers in ENT were diagnosed by HpD, a He-Cd laser or a Hg-lamp and spectroscopic analysis from September 1985 to June 1986. Tumors, ulcers and normal tissues have a fluorescent peak at 640nm, but their intensities are obviously different, thus providing a basis for diagnosis of malignant tumors.

应用光敏技术诊治恶性肿瘤是近年来国内外重视的新课题。1985年9月间我们在系统的动物实验基础上用光敏技术和光谱分析诊断了17例恶性肿瘤和3例炎性溃疡, 初步取得一些结果。

### 实验方法与结果

1. 仪器 采用光子计数器接受组织荧光, 电子计算机处理数据, 通过记录仪转换成荧光光谱图, 其误差  $\pm 0.2\text{nm}$ ; 所用 He-Cd 激光器输出功率 20~40mW, 波长 441.6nm。实验时将输出功率保持在 25~30mW 范围。

2. 敏化剂 血卟啉衍生物(HpD)采用扬州生物制品厂试制的 HpD 水剂; 每毫升内含 HpD5mg。

3. 临床资料 20例中男性8例, 女性12例。年龄最小47岁, 最大83岁, 平均69.5岁。耳颞部6例, 鼻面颊部8例, 口咽部6例。鳞状细胞癌7例, 基底细胞癌5例, 恶性黑色素瘤1例, 鳞状上皮增生局部癌变4例, 炎性溃疡3例。

4. 诊断方法 先给患者作 HpD 皮肤划痕过敏

试验, 阴性者以 5mg HpD/kg 体重加入 5% 葡萄糖 250ml 中静脉滴入, 每分钟 60 滴。48 小时后用 He-Cd 激光或汞灯通过光导纤维照射肿瘤、炎性溃疡和对应的正常组织, 激发荧光。用光谱分析仪记录荧光, 并转换成光谱图进行诊断。

5. 诊断结果 鳞状细胞癌、基底细胞癌、恶性黑色素瘤、鳞状上皮增生癌变、炎性溃疡和正常组织在 640nm 处均有一波峰, 其中恶性肿瘤的荧光平均强度最高, 次为炎性溃疡, 正常组织最低。用 He-Cd 激光照射时, 它们的光子平均数分别为 2240、1004 和 420 个。用汞灯(200W)照射时分别为 360、203 和 112 个(均为相对值)。光谱图如下。

未注入 HpD, 只用 He-Cd 激光或汞灯照射, 以及注入 HpD, 没有用 He-Cd 激光或汞灯照射, 在 640nm 处均没有检测出荧光峰。

### 讨论

临床上, 我们检测耳鼻咽喉部癌肿的特征峰在 640nm。这种结果与我们以前的动物实验<sup>[1]</sup>基本相