

## 激光器光学表面的变坏

### 引言

使用高功率激光器时，光学表面上出现缺陷常常是个麻烦，这是因为它增加能量损耗从而使器件的运转变得较差的缘故。这里考虑的是指高强度辐射对表面沾污，如尘粒或洗涤剂的余迹的作用。已研究用于100兆瓦Q开关红宝石激光器和掺钕玻璃脉冲激光器中的激光棒和青玉共振反射器的变坏。在显微镜下观察到的红宝石，青玉和玻璃光学表面上最重要的欠缺一般可分为两类：(1)斑点和小的圆形缺陷；(2)小的锥形坑。

### 讨论

经放大，斑点呈现粒状且稍突出，似乎有物质加在表面。用修改了的硷性卤化物小球技术，利用红外吸收光谱，考察了这些斑点的化学性质。这种技术使人们有可能消除一个个斑点，并鉴别它们。方解石被认为是形成斑点的东西。相对地说，方解石是一种熔点较低的矿物(熔点 $1,339^{\circ}\text{C}$ )，在熔融态时，它是一种比较活泼的、非粘性液体，能腐蚀玻璃或青玉。

以下实例考虑用光束平均能量为0.01焦耳/毫米<sup>2</sup>的红宝石激光器照明20微米的碳酸钠球状颗粒。计算表明，用这种红宝石激光脉冲，只要吸收投射到其上的能量的3.9%，小的碳酸盐颗粒就能很容易地被熔化掉。

计算：比重为2.51克/厘米<sup>3</sup>的20微米的碳酸钠球状颗粒重 $10.5 \times 10^{-9}$ 克，碳酸钠比热为0.256卡/克·度，沸点 $851^{\circ}\text{C}$ ，熔解热66卡/克。从 $20^{\circ}\text{C}$ 室温开始加热，需要 $2.91 \times 10^{-6}$ 卡热量才能熔解20微米的颗粒。

用光斑的能量密度为1焦耳/厘米<sup>2</sup>的红宝石激光照射，投射到此颗粒上的热量为 $7.51 \times 10^{-5}$ 卡。要熔化这粒碳酸钠的话，只须吸收投射于其上的能量的3.9%。

在 $898^{\circ}\text{C}$ 时，方解石开始升华。不过，相对于激光一个脉冲时间来讲，升华速度很慢。因而，方解石颗粒有希望变得可被熔化而且流散在光学表面上，由于热通过传导达到光学表面，故在发生相当程度的升华以前，方解石粒会凝固。如果它与光学表面接触的话，熔化了的一方解石会熔解在表面内，形成侵蚀斑点。这种固溶体紧紧与表面贴在一起。

经过相同光路的后一脉冲是会加热方解石的，但不能熔化它，因为方解石与光学表面直接接触，使热量很快转移。由于热膨胀系数的差别：

方解石/青玉 $= 25.14 \times 10^{-6} / 6.7 \times 10^{-6}$ ，斑点将从光学表面脱落，留下深度约1微米的圆缺陷。能引起此类问题的、且存在于空气中的其它低熔点矿物尘有白云石、芒硝和石膏。

经放大后，发现玻璃表面上的某些缺陷呈现为小坑。这是一些边缘不规则的锥状

坑。每次清洗后玻璃表面呈现更多的这类坑状缺陷。由于有更多的坑形成，就会有相当的碎片脱离玻璃表面。对这种现象的解释是：当清洗表面时，水或其他熔剂（如丙酮）被它们吸入。这类被吸收的液体在低湿度条件下，需几周的时间蒸发。只要表面上有任何轻微缺陷，水就会损坏玻璃表面的 20%。

激光器工作区周围应尽可能保持清洁，应清除灰尘和香烟烟雾这类沾污物，尽量接近清洁房间的条件，这样使必须清洗的东西的数量减少到最小程度。

假如有灰尘并有斑点形成，这些斑点的大多数可在用蒸馏水和浓度适当的 HCl 溶液清洗表面时除去。只有在光学表面的物理性质不受酸损伤的情况下才能这么做。曾被建议的第二种方法是：开始用脉冲激光器系统时，用低能量脉冲，并慢慢地增大到所要求的工作水平。这样就能减少光学表面受损的问题。灰尘在开初的弱脉冲下，就可从表面除去，而这些弱脉冲是不可能溶解尘粒的。

第二种类型的变坏中，坑的成因是：在

清洗玻璃表面时，液体被吸入玻璃表面几微米，然后，当强激光脉冲轰击它时，产生微小的爆炸而形成的。开始时用低能的弱激光脉冲，被吸收的液体慢慢地由表面蒸发掉，使蒸汽压低于引起微小爆炸所必需的值。另一种解决这种变坏现象的技术是，每次用液体清洗后，在 100°C 下把各种光学部件进行真空干燥。如掺铈玻璃棒用液体清洗后不进行干燥，直接放到激光谐振腔中。发射 100 次后，激光效率约降低 10%，而且棒端留下不太严重的麻点。在发射 400 次后，激光效率降低约 50%，而且棒端变成具有严重的麻点。另外一根玻璃棒清洗后进行真空干燥。这样，棒发射几百次后，仍是良好的。

借助于上面概略叙述的预防方法，用于激光器系统的光学部件的寿命可延长很多倍，而且再现性也有所提高。

### 参考文献 (略)

取自 T. L. Barber, *Rev. Sci. Instr.*, 1969 (Dec.), 40, № 12, 1630—1631

## 用眼睛观察 10 微米激光辐射场的图案

由于人眼看不见红外激光辐射，故当红外激光器工作时，要建立所需振荡波型和调节仪器都发生困难。下面叙述直接用眼睛观察这类激光辐射场图案的方法，这一方法的依据是增强被辐照磷光体的余辉的强度。

用输出功率约为 5 瓦的 CO<sub>2</sub> 激光器，作为 10 微米区域的辐射源<sup>[1]</sup>。开始用可见光照射各种磷光体（发生磷光的塑胶，硅锌矿等等），然后加进激光照射。由红外激光光束照射的区域的辉光更强，并且可以观察到激光辐射场的结构。图 a 和 b 分别为具 4 个和 5

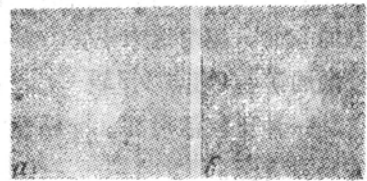


图 分别具有 4 个和 5 个最强点的红外激光辐射场的结构图形。

个最强点的辐射场结构图形的照片。用同一方法，观察了白沸石上衍射光束的图形，也是用凹面反射镜将激光聚焦的。显像时间为十分之几秒的数量级，在磷光体上保持成像