

我们采用脉冲激光器与电光调 Q 脉冲激光器,用高倍显微物镜会聚,在微区获得较高的激光功率密度。通过实验观察了强激光与玻璃钢、石墨、铝、钢、硅钢、金、硅、二氧化硅、锗、铌、钼等固体靶材相互作用的现象。在强激光与材料相互作用时产生火焰柱,有的材料还有火花四溅,并有响声,表面有激光破坏坑。可以通过强激光与材料的相互作用过程(光谱、振动、温度、压力等参数影响的变化)和作用的后果(表现的显微观察、称重等)的实验分析来研究作用机理。在本文中我们通过对破坏坑的光学显微观察进行初步的分析:激光热烧蚀主要是热作用,它的烧蚀坑比较规整、光滑,有烧蚀熔融的痕迹,极少喷溅物;激光热爆炸是由于靶材吸收激光能量,在表面内形成高温高密度气体,高压脉冲冲破材料结合力的束缚产生热爆炸,主要表现为力学作用,因此坑的形状不规整,比烧蚀坑大,坑内不光滑,有断裂的痕迹,有大量喷溅的爆炸碎片(碎片远离中心)。

主要的实验结果和初步分析如下:

一、强激光作用于固体靶面,造成激光破坏,激光破坏与功率密度有关,激光功率密度不同,其物理过程也不同,在一定条件下会产生热爆炸。我们观察到玻璃钢、石墨、铝、钢、硅、二氧化硅等固体靶面的热爆炸现象。

二、对于同一种靶材,在一定的激光功率密度下,被吸收的激光总能量决定了产生高密度气体的多少(可以与爆炸的装药量类比),因此,激光破坏效果与吸收激光的总能量有关。

三、在同样的激光功率密度和总能量下,激光破坏效果与材料的结构及性质(光学性质、热学性质、力学性质)有关。

四、在同样的激光功率密度和总能量下,靶材表面的涂层会严重影响激光破坏效果,有的增强破坏效果(如水层),有的减弱破坏效果(如有树脂)。

激光等离子体 X 射线摄谱及 T_e 、 n_e 的测定

中国科学院上海光机所 卢仁祥 龚维燕 殷光裕

本文报道了以高功率钕玻璃激光束辐照玻璃球壳靶所形成的等离子体的 X 射线用 KAP 及 PET 晶体谱仪摄谱的实验结果。

所用的激光器能量为 20~30 焦耳,脉冲宽度约 1 毫微秒(功率约 $2\sim 3\times 10^{10}$ 瓦),经 $\phi 60$ 毫米、焦距 120 毫米的非球面透镜聚焦到处于真空靶室内的空心玻璃球壳靶上。激光束的方向性优于 0.5 毫弧度,靶面功率密度约 10^{14} 瓦/毫米²。玻璃球壳尺寸约 $\phi 100$ 微米,壁厚约 4 微米。实验中通常用同样功率的两路激光迎面辐照靶丸。

谱仪做成一个暗盒式结构,为了滤去可见光和紫外线同时又尽量减少对软 X 射线的吸收,谱仪窗口选用 4 微米厚的聚脂薄膜,两面蒸镀约 0.7 微米的 Al 层。有时也用二层镀 Al 的 Formvar 薄膜作为窗口。谱仪窗口与靶丸距离约 25~30 毫米。谱仪内径 $R=57.3$ 毫米。谱仪安放在使其波长色散方向与激光光轴成 50° 夹角的位置。

文中给出了用 KAP 平晶拍摄到的高质量的硅类氢、类氮离子的 K 系谱线照片及相应的黑度计扫描曲线。可以清楚地看到在共振线长波侧的伴线及互相合线,还看到与线状光谱相衔接的连续谱。其中三根互相交迭的谱线即硅类氢共振线 6.65 埃($1s^{21}S-1s2p^1P^0$)、互相合线 6.69 埃($1s^{21}S-1s2p^3P^0$)及长波伴线 6.74 埃($1s^{22}p^2P^0-1s2p^2D$),在用 PET 平晶高分辨率谱仪时已完全分开,并可以辨认出一根属于类氮离子外附加一个主量子数 n 为 3 的电子所形成的新的伴线 6.661 埃($1s^23p^2P-1s2p3p^2D$)。

文中还给出了用 KAP 凸晶高分辨率谱仪所拍得的氧的类氢共振线及其长波伴线的黑度计扫描曲线,对各条谱线的波长及跃迁的电子组态进行了辨认。可以看出这一结果优于国外用掠入射光栅谱仪所得的结果。

在等离子体光学薄的假定下, 根据 В. А. Бойко (*«Квант. электрон. 2, 1165(1975)»*) 的计算, 用硅的类氢共振线与其长波伴线的相对强度比求得等离子体的平均电子温度 T_e 约为 370 电子伏, 根据 А. Н. Gabriel (*M. N. R. A. S, 160, 99(1972) 及 172, 359(1975)»*) 的计算, 用硅的类氢共振线及其长波伴线的相对强度比求得等离子体的平均电子温度约为 345 电子伏, 与类氢计算结果很好相符。用类氢共振线与互相组合线的相对强度比求得等离子体平均电子密度 n_e 约为 3×10^{20} 厘米⁻³。

铜及玻璃壳靶激光等离子体 X 射线谱的辨认

中国科学院上海光机所 卢仁祥 龚维燕 殷光裕 曹渭楼 陆锡南 张伟清

用 KAP 作衍射晶体在 8 至 13 埃波长范围内拍摄了高功率钨玻璃激光照射微铜球靶时激光等离子体发出的 X 射线谱。确定了它们所对应的波长、电子组态及光谱项。实验时靶面功率密度为 10^{14} 瓦/厘米², 尚不足以激励铜的 K 系谱线。8~13 埃的谱线均属于 L 系跃迁, 它们分别属于铜的类氧、类氟以及类氖离子的跃迁, 这是与伦琴射线管不同的。激光等离子体所发射的 X 射线谱比起后者要丰富和复杂得多, 而且还出现了大量的禁戒跃迁, 如属于类氖离子的 12.79 埃、10.63 埃二谱线, 它们相应于三重态到单重态的跃迁, 其强度可与 12.53 埃、10.58 埃的单态跃迁相竞争。将我们的摄谱照片与国外类似的工作比较, 我们的照片多了三根谱线: 8.34 埃、8.16 埃及 10.96 埃。其中前二根谱线有人在铜的火花放电中观察到, 8.34 埃是铜的类氖离子跃迁 $2s^2 2p^6 - 2s^2 2p^5 ({}^2P_{1/2}) 5d ({}^2D_{5/2})$, 8.16 埃被认为是类氧跃迁。最近也有人在铜的激光等离子体中发现 8.34 埃的谱线。

用与上面相同条件的大功率激光照射充有 20 个大气压氖气的玻璃微球壳靶, 也用 KAP 晶体分段拍摄了靶的等离子体 X 射线谱。摄谱范围从 5~13 埃, 观察到了 Si、Na、Ne、Al 等元素的类氢、类氖离子的共振线及其伴线发射。确认了相应跃迁的电子组态及光谱项, 测定了它们的波长。注意到 Al^{+11} 的 $1s^2 - 1s3p$ 跃迁湮没在 Si^{+12} 的 $1s^2 - 1s2p$ 跃迁中。其中另有 6.915 埃是属于某一阶电离的 Si 离子的 K 系跃迁, 它的电离阶尚待辨认。对靶丸的成分分析表明, 靶成分中有 87.59% 的 SiO_2 , 3.8% 的 Na_2O , 还有痕量的 Mg、Al、Ti 等存在。注意到尽管 Si 的成分占绝大部分, 但从谱线照片上看, Na 的类氢共振线强度可与 Si 的类氢共振线相比拟。

大功率激光行波放大器的总体排布

中国科学院上海光机所 余文炎 范寅元 郑玉霞 邓锡铭

本文讨论脉冲宽度在 10 毫微秒以下的 Nd 玻璃大功率激光行波放大器的总体排布原则, 涉及总体物理设计中的几个主要问题。内容包括:

(一) 放大器的增益: 对 10 毫微秒以内的激光脉冲, Nd 玻璃的四能级系统可以取二能级的形式。速率方程和输运方程可以简化。如果把工作物质的损耗和单纯的增益分开考虑, 我们可以得到能量增益方程式的近似解:

$$G = \frac{T}{2\sigma\varepsilon_0} \ln[1 + (e^{2\sigma\varepsilon_0} - 1)e^{\beta L}]$$

其中: $\varepsilon_0 = E_0/h\nu S$ 为输入光子密度, $\beta = \sigma N$ 是线性增益系数, L 为放大器有效长度, T 是透过率。

放大器的增益随输入信号强度的变化而变化。只要放大器的 β 值已知, 便可以计算出各级放大器的实际增益值。我们用电子计算机编制了一套适用于多级放大器的工具表。利用这些图表可以确定各级放大器