

紫外波段高功率激光能量测量用 光吸收器的实验研究

王瑞华 杨 义

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海, 201800)

摘要: 研制了适合紫外波段高功率激光能量测量用的光吸收器。实验测定在 $0.19\mu\text{m}$ 到 $0.35\mu\text{m}$ 波长范围内响应平坦, 在 $0.248\mu\text{m}$ 波长, 纳秒激光下承受 $5\text{J}/\text{cm}^2$ 而不破坏。

关键词: 激光 能量测量 光吸收器

Experimental research of an absorber for UV high power laser energy measurement

Wang Ruihua, Yang Yi

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: The purpose of the article is to introduce an absorber used in measuring of UV high energy. The absorber has the features of the flat spectrum response from $0.19\mu\text{m}$ to $0.35\mu\text{m}$, and the withstanding pulse energy density up to $5\text{J}/\text{cm}^2$ at $0.248\mu\text{m}$.

Key words: laser energy measurement absorber

一、引 言

测量紫外波段高功率激光能量用的光吸收器, 目前国内仍为空白, 国外虽有定型产品但价格昂贵。为了满足国内紫外波段高功率激光能量测量的需要, 研制了适合紫外光用的光吸收

8 王典民. 应用激光, 1991, 11(1), 17

9 于秋芳. 中国激光, 1989, 17(12), 748,

10 考尔菲尔德 H J. 全息手册. 北京, 科学出版社, 1988, 178

* * *

作者简介: 张文碧, 女, 1938年出生。副研究员。长期从事晶体生长, 激光技术和全息显示方面的科研工作。

收稿日期: 1993-11-15 收到修改稿日期: 1994-04-27

器。实验测定了吸收器的性能,其中一种在 $0.19\mu\text{m}$ 到 $0.35\mu\text{m}$ 波长范围内响应平坦,可承受的激光能量密度在 ns 脉宽下为 $5\text{J}/\text{cm}^2$,现已制成能量计提供使用。

二、光吸收器的应用限制

激光辐射功率和能量测量,大多采用量热法为基础,即光辐射→吸收器吸收→产生温升→热电元件→转换成电信号→记录和显示。

其中的光吸收器是量热法的关键元件,它既要使入射的激光全部吸收(或部分吸收但要精确已知)且转换成温升,又要耐强辐射而不破坏。早期的吸收器大多采用面吸收型,即激光在涂黑的物体表面上吸收,或者在反射的表面经多次反射后再吸收^[1]。表面吸收器由于吸收发生在很薄的表面层,一般只能承受 $0.5\text{J}/\text{cm}^2$ 以下的激光能量。

随着高功率脉冲激光的发展,尤其是调Q激光,面吸收器常常遭到破坏,因为在激光能量一定的条件下,表面吸收光能所产生的温升 $\Delta T \propto \Delta t^{-1/2}$ (Δt 为激光脉冲宽度)^[2],即温升与激光脉冲宽度的平方根成反比,随着脉冲宽度的缩短,吸收器的破坏阈值越低。实验证明,对于 10mm 开口的碳斗能量计,入射光束 6mm ,当脉冲宽度为 1ms 时,允许的最大能量为 0.6J ;而脉宽为 100ns 时,则允许的最大能量只有 0.02J 。

三、体吸收器的应用和研制

为避免吸收器破坏最有效的途径是采用体吸收器,使激光辐射在有一定厚度的透明介质的体积内吸收,吸收过程遵从指数规律。体吸收器由于具有较高的抗破坏能力,特别适合测量高功率短脉冲激光。

现已制成几种体吸收器在 $0.35\sim 11\mu\text{m}$ 波长范围内使用。例如,用于 $1.06\mu\text{m}$ 钕玻璃激光和Nd:YAG激光的玻璃体吸收器,可以测量 $\text{ns}\sim\text{ps}$ 脉冲,允许的能量密度为 $5\text{J}/\text{cm}^2$,峰值功率密度达 $10^8\text{W}/\text{cm}^2$;用于 $10.6\mu\text{m}$ CO₂激光的塑料体吸收器,允许的能量密度为 $4\text{J}/\text{cm}^2$,峰值功率密度达 $10^8\text{W}/\text{cm}^2$ 。

然而,对于波长短于 $0.35\mu\text{m}$ 的紫外高功率激光,如常用的波长为 $0.193\mu\text{m}$, $0.248\mu\text{m}$ 和 $0.308\mu\text{m}$ 的准分子激光,以及YAG激光三倍频的 $0.355\mu\text{m}$ 激光和四倍频 $0.266\mu\text{m}$ 激光等,在这些波长的光吸收器,目前国内仍为空白,为此我们研制了适合紫外波段的光吸收器。

四、测试结果与分析

我们知道,很多材料在紫外波段都有很高的吸收系数,原则上很多材料都可以作为紫外激光测量用的光吸收器,为此,我们首先选用几种样品进行承受破坏能力的测试,结果如下:

1. 选用几种样品其编号分别为1#, 2#, 3#, 4#。用 $0.308\mu\text{m}$ 的准分子激光,重复频率为 1pps 或 10pps ,输出能量为 170mJ ,光斑大小为 $20\text{mm}\times 30\text{mm}$,经透镜聚焦后,改变辐照在样品上的能量密度,结果发现,在所述能量密度时:1#为 $2.5\text{J}/\text{cm}^2$;2#为 $1.5\text{J}/\text{cm}^2$;3#为 $1.0\text{J}/\text{cm}^2$;4#为 $0.8\text{J}/\text{cm}^2$,材料产生光斑痕迹、发污、发毛或颜色变深等现象,这意味着吸收材料已遭到破坏。

2. 上述材料在 $0.248\mu\text{m}$ 的准分子激光器上进行测试,脉冲宽度为 ns 量级,其中1#样品在

1.8J/cm², 2"样品在1.0J/cm², 3"样品在0.4J/cm², 4"样品在0.2J/cm²下就产生破坏痕迹。这说明材料的破坏与入射激光波长有直接关系,随着波长的缩短,材料承受的破坏能力降低。

3.用目前体吸收激光能量计中普遍使用的玻璃体吸收器,在0.248μm波长的准分子激光器输出脉宽ns量级时,测试玻璃体吸收器样品可承受的能量密度为1.8J/cm²。这与美国Scientech Inc.公司同类能量计所给出的测试结果,在0.25μm波长,ns脉宽下,能承受的能量密度为1.5J/cm²相近。

分析以上材料的破坏原因,主要是波长短,光子能量高,当激光作用到吸收体材料上时,由于材料对紫外光的吸收系数高,大部分能量被材料极薄的表面层吸收;又由于脉冲持续时间短,整个吸收过程只发生在典型的激光脉冲时间内,没有足够的时间向周围大量扩散热量,致使材料表面产生光斑痕迹,根据紫外光与物质相互作用原理分析,这属于光化学作用,其结果使材料分子分层,逐层剥离,从而使吸收器损坏。

4.为解决高功率紫外激光对材料的破坏,我们特制了一种新的体吸收器,令其为901"。用紫外分光光度计测试该材料的光谱响应特性结果表明,在0.19~0.35μm波长范围内光谱响应平坦,在几个特定的激光波长下透过率分别为:0.193μm为0.12%;0.248μm为0.28%;0.266μm为0.09%;0.308μm为0.03%;0.355μm为0.6%。光谱反射率在0.25~0.4μm范围内反射率约为5%;在0.19~0.25μm范围内反射率略有增加,约6%~7%。光谱吸收率达95%左右。

利用0.248μm波长的KrF准分子激光器,输出脉宽约几十毫微秒,用美国Scientech Inc.进口的能量计监测激光能量,测试901"样品抗激光破坏能力,结果表明,当入射的激光能量密度为5J/cm²时,样品没有发现破坏痕迹。

5.我们也研制了另一种紫外光吸收器,令其为902"。该吸收器在0.248μm激光下测试,可承受4J/cm²而不破坏。

以上两种材料已制成激光能量计,提供使用。

参 考 文 献

- 1 王瑞华,林文清.激光,1980;7(8):51
- 2 王瑞华,黄天龙,王剑雄 *et al.*激光与红外,1987;7(11):23

作者简介:王瑞华,女,1942年1月出生。高级工程师。主要从事激光功率和能量测量、激光方向性测量研究工作。

收稿日期:1993-11-29 收到修改稿日期:1994-04-12

请向邮局订阅 1995 年度《激光技术》

国内刊号:CN51-1125/TN,邮发代号:62-74