

中红外激光光斑探测阵列

杨鹏翎^{1,2} 冯国斌¹ 王振宝¹ 邵碧波¹ 张磊¹ 冯刚¹ 闫燕¹ 武俊杰¹ 王群书¹

(¹ 西北核技术研究所激光与物质相互作用国家重点实验室, 陕西 西安 710024)
² 清华大学工程物理系, 北京 100084)

摘要 到靶能量和光斑分布参数是评价高能激光系统性能指标的重要参数,为准确测量中红外高能激光系统远场能量和功率密度的时空分布,采用热吸收和光电探测相结合的测量方法,研制了可用于大面积、长脉冲中红外高能激光测量的复合式光斑探测阵列。探测阵列由石墨热吸收单元和 PbSe 光电探测器阵列、信号调理放大电路、数据采集单元和信号处理单元等几部分组成,有效测量面积为 22 cm×22 cm,光斑测量空间分辨率为 2.2 cm,时间分辨率为 20 ms,能量测量不确定度小于 10%,功率密度测量不确定度小于 15%。采用该系统,可实现高能量、大面积中红外高能激光光斑参数的综合测量。

关键词 探测器;中红外激光;探测阵列;光电量热复合;光斑分布

中图分类号 TN247 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/CJL201138.0702008

Mid-infrared High Energy Laser Beam Detector Array

Yang Pengling^{1,2} Feng Guobin¹ Wang Zhenbao¹ Shao Bibo¹ Zhang Lei¹
Feng Gang¹ Yan Yan¹ Wu Junjie¹ Wang Qunshu¹

(¹ State Key Laboratory of Laser Interaction with Matter, Northwest Institute of Nuclear Technology,
Xi'an, Shaanxi 710024, China
² Department of Engineering Physics, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract The energy and power density distributions at target are important parameters for high energy system performance evaluation. A high energy laser beam detector array is developed using photoelectric and calorimetric compound method to accurately measure large area and long pulse mid-infrared laser. The detector array consists of graphite calorimeter and PbSe photoelectric detector array, temperature and voltage amplifier, analog to digital converter and signal processor. The effective sensitive area of the system is 22 cm×22 cm, the spatial resolution is 2.2 cm, and the temporal resolution is 20 ms, with the total energy measurement uncertainty of less than 10% and the power density distribution measurement uncertainty of less than 15%. The system is very suitable for high energy and large area mid-infrared laser beam measurement.

Key words detectors; mid-infrared laser; detector array; photoelectric and calorimetric compound method; beam profile

OCIS codes 040.5160; 230.5160; 140.3070; 140.3300

1 引 言

强激光在大气传输过程中,受到湍流、热晕和消光等的影响,远场功率密度分布相对于激光器出口有较大变化^[1,2],准确测量强激光远场功率密度时

空分布,是直接获取激光光斑到靶能量、光束质量和质心漂移等重要参数的有效手段,对于分析强激光的大气传输效应和评价强激光系统的光束控制能力、瞄准能力等具有重要意义^[3~7]。阵列探测法是

收稿日期: 2011-01-20; 收到修改稿日期: 2011-03-24

基金项目: 国防预研基金(22110707)资助课题。

作者简介: 杨鹏翎(1979—),男,副研究员,博士研究生,主要从事激光测试与评估等方面的研究。

E-mail: pennayang@gmail.com

导师简介: 王群书(1956—),男,研究员,博士生导师,主要从事核技术和光电技术等方面的研究。

E-mail: wangqunshu@tsinghua.org.cn

测量强激光大面积光斑功率密度时空分布的重要手段,20世纪末,美国曾多次利用由 InGaAs 光电探测器阵列,测量得到了机载激光器 (ABL) 激光减功率发射的激光光斑,给出了施特雷尔 (Strehl) 比、环围能量和光束抖动等一系列参数^[8]。但针对中红外波段的光电探测器如 InSb, HgCdTe 和 PbSe 等响应率随温度敏感,大多用于激光功率密度相对测量,或采用热电制冷器对于探测器温度进行主动控制,实现激光功率密度定量测量,但由于热电制冷器体积大、功耗高,因而只能用于单点激光功率密度的测量,在文献[9,10]中本课题组采用 HgCdTe 中红外探测器响应率温度自适应模型,实现了光电阵列探测法中红外激光功率密度空间分布的定量测量,但由于该方法利用探测器元阻抗获取芯片温度,并进行响应率校正,从而引入一定不确定度,此外,由于远场激光光斑时间和空间频率较高,采用光电阵列探测法难以准确测出到靶激光总能量。为此,本文采用光电探测和热吸收相结合的方法,并采用石墨量热单元测量激光能量绝对分布和低成本的 PbSe 光电探测器测量与之对应的功率密度时间变化,研制了大面积中红外激光光斑探测阵列,并获得了成功应用。

2 系统测量原理和基本组成

测量系统由 10×10 的探测单元阵列组合而成,实现光斑空间分布测量,每个探测单元由一个热吸收单元和光电探测器组合而成,采用热吸收单元测量入射激光总能量,采用光电探测器测量衰减后的该点激光功率时间变化。系统组成如图 1 所示,包括各 100 路热吸收单元和光电探测器阵列、对应的热电偶和光电探测器阵列信号调理放大电路、数据采集单元和数据处理单元等几部分。

右依次为热吸收单元阵列、铝支撑板、光电探测器阵列和数据处理单元。

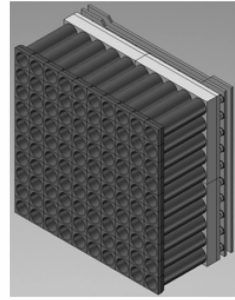


图 2 激光探测阵列结构图

Fig. 2 Structure block of laser beam detector array

当激光入射时,对于第 i, j 个探测器,热吸收单元测量得到的能量值为 $E_{i,j}$,光电探测器测量得到不同时刻 t 的输出电压值为 $V_{i,j}(t)$,则该点的功率值 $P_{i,j}(t)$ 为

$$P_{i,j}(t) = \frac{V_{i,j}(t)E_{i,j}}{V_{i,j}\tau}, \quad (1)$$

式中 τ 为激光持续时间, $\bar{V}_{i,j}$ 为激光持续时间内测量到的电压平均值,相应的功率密度值为

$$S_{i,j}(t) = \frac{P_{i,j}(t)}{A}, \quad (2)$$

式中 A 为探测器有效光敏面积。

3 热吸收单元

用于高能激光能量吸收测量的材料,要有较大的比热、高热导率和高辐射吸收系数,以及良好的抗氧化性能和低热膨胀系数。一般金属材料辐射吸收系数低、热容小、熔点低,不适于高能激光能量吸收测量,结合国内外激光能量探测经验,选用具有高纯度、高密度、高硬度的石墨作为激光能量吸收材料,为保证吸收体表面良好的抗氧化性能和漫反射特性,石墨的颗粒度控制在 $10 \mu\text{m}$ 以内。测量得不同

图 2 为系统内部机械结构示意图,图中由左向

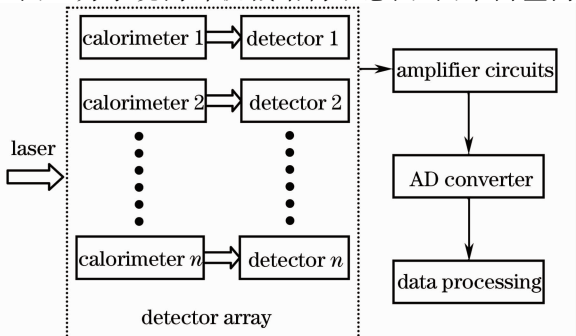


图 1 激光探测阵列原理框图

Fig. 1 Functional block of laser beam detector array

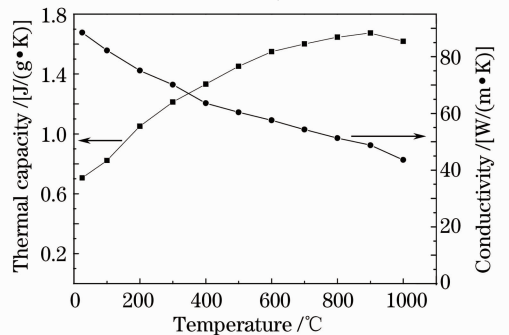


图 3 石墨材料热导率和热容温度曲线

Fig. 3 Conductivity and thermal capacity at different temperatures of graphite

温度下石墨材料的热导率和热容如图 3 所示。

热吸收单元结构如图 4 所示,设计为热传导方式,单元主体设计为直径 $\phi=2$ cm 的圆柱形,前表面设计为 $2.2\text{ cm}\times 2.2\text{ cm}$ 的正方形,主要目的是为了便于实现通道间无缝拼接,在吸收单元上设计了全角约 12° 的锥型取样孔,取样孔有效通光口径为 2 mm,取样激光经衰减后入射至光电探测器,实现激光功率变化测量,后表面通过环形热接触面与铝固定板连接,所有热吸收单元按照 10×10 阵列排列并安装于铝固定板上,铝固定板同时作为大热沉,将热吸收单元吸收能量及时导出。吸收单元长度由待测激光功率密度和加载时间决定,本文中激光持续

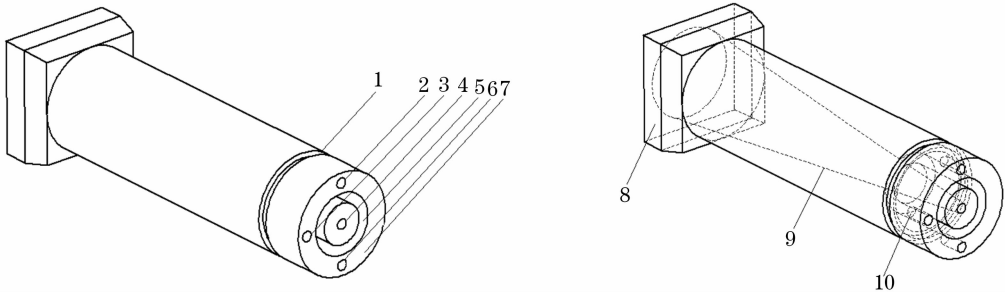


图 4 热吸收单元结构示意图

Fig. 4 Structure of calorimeter

实际应用中,激光入射能量转化为吸收单元热量,并由热电偶测量给出,以第 i 通道为例,设入射激光功率为 $P_i(t)$,后表面温度恒为 T_0 ,其余表面近似绝热,忽略因表面辐射和对流热损失热量,并采用集总参数法,假设量热器内部导热热阻远小于后表面换热热阻,则有

$$\rho CV \frac{d\Delta T_i}{dt} = -\lambda A \frac{\Delta T_i}{d} + P_i(t), \quad (3)$$

式中 ΔT_i 为热吸收单元温升, d 为热吸收单元等效厚度, A 为后表面热接触面截面积,由于激光功率变化远高于吸收单元热响应频率,入射激光可近似等效为 $P_i(t) = P_{i0}[u(t) - u(t - \tau)]$,其中 P_{i0} 为激光平均功率,计算得

$$\Delta T_i(t) = \frac{P_{i0}d}{\lambda A} \left\{ \left[u(t) - \exp\left(-\frac{\lambda A}{\rho CV d} t\right) u(t) \right] - \left[u(t - \tau) - \exp\left[-\frac{\lambda A}{\rho CV d} (t - \tau)\right] u(t - \tau) \right] \right\}, \quad (4)$$

式中指数项由两部分组成, $\lambda A/d$ 代表热传导常数, ρCV 为体热容,二者比值代表热吸收单元的热时间常数,由热吸收单元热容、热导率和几何结构共同决定,激光平均功率可由热吸收单元温升曲线获得,由于吸收单元热时间常数远大于待测激光加载时间,

时间内热扩散长度 $\sqrt{\pi\alpha\tau} = 3.3\text{ cm}$ [$\alpha = \lambda/(\rho C)$],为材料热扩散常数,室温时热导率 $\lambda = 88.5\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,热容 $C = 0.7\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$,密度 $\rho = 1.84\text{ g}/\text{cm}^3$,设计激光最大加载时间 $\tau = 5\text{ s}$,为降低因为激光加载时间改变而引起的温度响应非线性,取热吸收单元长度为 8 cm (大于 2 倍热扩散长度)。图 4 中 1、5 为隔热槽,主要目的是为了增大热阻,增加吸收热量到测温点 10 的温度响应时间,2、6 为热吸收单元与铝热沉的安装螺纹孔,7 为热接触面,3 为热电偶固定孔,距底安装面 7 为 5 mm,4 为光电探测器的测量取样孔,8、9 为激光接收面。

为便于测量,采用温升曲线峰值来计算入射激光能量。

采用功率为 2000 W 的连续波固体激光器对热吸收单元的响应特性进行了测量,实验中光斑直径为 10 mm,测量得到热吸收单元温度响应曲线如图 5 所示。图 5(a) 为入射功率 2000 W、持续时间 5 s 时 7 个不同热吸收单元的温度响应曲线,由图可以看出热吸收单元温度响应不一致性小于 5%。图 5(b) 为入射功率 2000 W 时同一热吸收单元不同辐照时间下的温度响应曲线。

通过改变激光出光功率和加载时间,得到热吸收单元最大温升随入射能量的变化曲线如图 6 所示。图 6(a) 辐照时间为 5 s,出光功率分别为 500, 1000, 1500 和 2000 W,拟合得激光能量与温升关系为

$$E = 42.38\Delta T + 0.1641\Delta T^2, \quad (5)$$

式中非线性项主要由石墨材料热导率、热容随温度变化以及对流和辐射换热引起。

图 6(b) 出光功率为 2000 W,出光时间分别为 5, 10 和 15 s,拟合得最大温升随激光加载时间关系为

$$\Delta T = 30.8\tau - 0.389\tau^2. \quad (6)$$

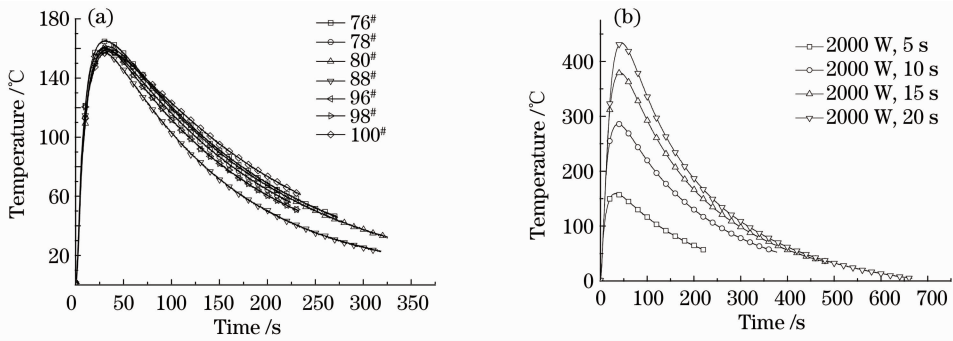


图 5 热吸收单元温度响应曲线

Fig. 5 Measured calorimeter response curve

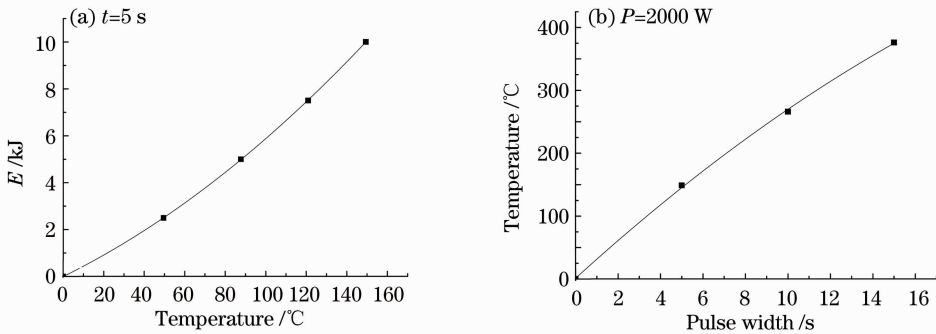


图 6 热吸收单元温度响应测量结果

Fig. 6 Measured temperature response of calorimeter

在设计测量激光时长(最大 5 s)范围内,温度随加载时间和入射功率响应近似非相关,综合考虑(5)式,(6)式,得不同激光加载时间和功率引起的温升模型为

$$E = 42.38\Delta T \times \frac{30.8\tau}{30.8\tau - 0.389\tau^2} \times \frac{30.8 \times 5 - 0.389 \times 5^2}{30.8 \times 5} + 0.1641\Delta T^2 \times \left(\frac{30.8\tau}{30.8\tau - 0.389\tau^2} \times \frac{30.8 \times 5 - 0.389 \times 5^2}{30.8 \times 5} \right)^2 = \frac{39.70\Delta T}{1 - 0.01263\tau} + \frac{0.1440\Delta T^2}{(1 - 0.01263\tau)^2}, \quad (7)$$

由(7)式可以计算得到入射到热吸收单元的激光总能量,式中温升由热电偶测量给出,激光加载时间由光电探测器测量结果得到。

4 光电探测器阵列

光电探测器阵列通过电路板安装于铝支撑板后面(如图 2 所示),每个探测器与图 4 中功率取样孔一一对应,探测器选用响应率高、成本相对便宜的 PbSe 光导型探测器,室温下其响应光谱范围为 1~5 μm。图 7 为 3.8 μm 激光波长下探测器饱和阈值测量结果。由图可以看出饱和阈值约为 1 mW/cm²,为满足激光测量功率动态范围,在铝支撑板上每一个探测器前设计了阵列式积分球衰减取样孔,通过调整积分球的尺寸来满足激光功率密度衰减取样要求。探测器输出电压由多路 A/D 采集单元实现数字化,用于图像处理和光斑参数分析,A/D 采样频率为

50 Hz。功率密度值由探测器测量电压值和能量测量结果按照(1),(2)式计算给出。

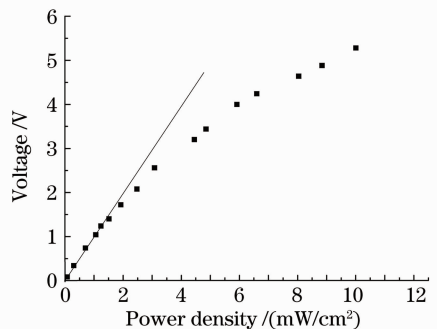


图 7 PbSe 探测器功率密度响应饱和阈值测量结果

Fig. 7 Measured power density threshold of PbSe detector

PbSe 探测器响应率和元阻抗随温度变化十分敏感,给实际应用带来了较大困难,图 8(a),(b)分别为测量得到的 PbSe 探测器响应率和元阻抗随温

度变化曲线。由图可以看出，探测器响应率和元阻抗随温度变化曲线均可以采用指数公式 $R(T) = \exp(a - bT)$ 来拟合，式中 R 分别为温度 T 时的响应

率和元阻抗值， a, b 为拟合系数，其中 a 代表 0°C 时的绝对值， b 代表温度系数。

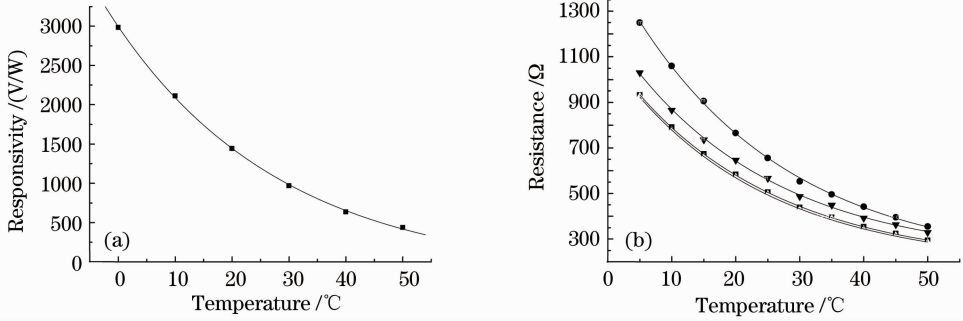


图 8 PbSe 探测器响应率和元阻抗温度特性测量结果

Fig. 8 Measured responsivity and resistance versus temperature curve of PbSe detector

由于待测激光为长脉冲连续激光，探测器调理电路只能采取直流耦合的方式，在 $0^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ 范围内，探测器因温度变化而引起的阻抗变化远大于被测激光辐照而引起的阻抗变化，因而影响了探测器在宽温度范围内的线性测量动态范围。为此，设计了直流温漂抑制探测电路，其原理如图 9 所示。图中 Det_0 为参考探测器，用作基线补偿， R_0 用来调整参考探测器偏压，射随电路 A_0 用来提高探测器电流驱动能力， $\text{Det}_1 \sim \text{Det}_n$ 为测量探测器，运放 $A_1 \sim A_n$ 用来实现探测器信号桥式放大， $R_{11} \sim R_{1n}$ 用来调整电桥平衡，以第 n 通道为例，输出电压为

$$V_{0n} = V_+ \frac{RD_0 R_{1n} - R_0 RD_n}{R_{1n}(R_0 + RD_0)}, \quad (8)$$

式中 RD_0 和 RD_n 分别为探测器 Det_0 和 Det_n 的元阻抗， V_+ 为探测器供电电压，当 $R_0 RD_n = RD_0 R_{1n}$ 时，直流输出基线 V_{0n} 为零。若选取适当的探测器，使得参考探测器 Det_0 和测量探测器 $\text{Det}_1 \sim \text{Det}_n$ 具有相

同的温度系数，则在较大工作温度范围内，探测器输出直流基线电压将稳定在零点附近，达到基线温漂补偿的作用，图 10 为经过补偿后的 3 路探测器典型输出结果。由图 10 可以看出，在 $0^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ 范围内，探测器直流基线漂移小于 1V ，大大提高了探测电路的测量动态范围和温度工作范围。

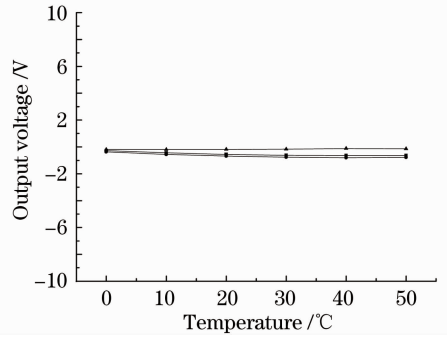


图 10 补偿电路探测器输出基线

Fig. 10 DC output at different temperatures of compensative circuit

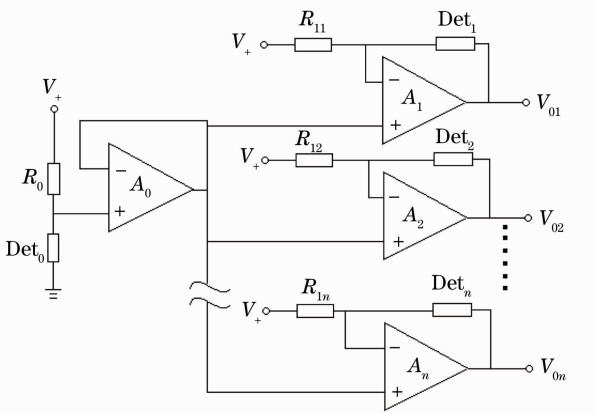


图 9 PbSe 探测器基线温漂补偿电路

Fig. 9 Temperature compensative circuit of direct current (DC) output

5 光斑复原和参数分析

测量得到激光远场光斑功率密度分布为 10×10 的二维矩阵 $\mathbf{S}(t)$ ，为光斑显示需要，采用 16 点线性插值，扩展后光斑数据为

$$S_{I,J} = S_{m,n} \times \frac{i}{16} \times \frac{j}{16} + S_{m,n+1} \times \frac{i}{16} \times \frac{16-j}{16} + S_{m+1,n} \times \frac{16-i}{16} \times \frac{j}{16} + S_{m+1,n+1} \times \frac{16-i}{16} \times \frac{16-j}{16}, \quad (9)$$

式中 m, n 为原始坐标， I, J 为扩展后坐标，且 $I = 16m + i, J = 16n + j$ ，光斑质心坐标为

$$\begin{cases} \bar{x}(t) = \frac{\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} x_i S_{i,j}(t)}{\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} S_{i,j}(t)} \\ \bar{y}(t) = \frac{\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} y_j S_{i,j}(t)}{\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} S_{i,j}(t)} \end{cases}, (10)$$

式中 x_i 和 y_j 为第 i 行、第 j 列探测器的坐标值, 光斑环围半径 r 可以表示为

$$\sum_{r_{i,j} \leq r} S_{i,j} = \eta \sum_{i,j} S_{i,j} = S_{\text{PIB}}, (11)$$

式中 η 为环围内能量与靶面能量比值, $r_{i,j} = \sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_j - \bar{y})^2}$, S_{PIB} 为 η 所对应的桶中能量, 光束质量为

$$\beta = r/r_0 = rD/0.61\lambda L, (12)$$

式中 r_0 为理想光斑半径, D 为激光器发射口径, L 为激光传输距离。

由(7)式可以看出, 通道能量测量不确定度包括

热电偶测温不确定度 2%、标定光源功率不稳定性 5%、通道间不一致性 5%、校正模型不确定度 3%、通道间热串扰引起不确定度为 5%、合成能量测量不确定度为 10%。功率密度测量不确定度由(1),(2)式计算得出, 式中电压测量不确定度为 2%, 功率取样测量占空比引起的功率密度测量不确定度为 10%, 合成功率密度测量不确定度为 15%。由上述分析可以看出, 通过降低热电偶调理放大电路噪声, 利用稳定光源对量热单元逐一标定, 并优化量热单元结构参数, 降低通道间热串扰和能量计量模型误差, 可以有效降低能量测量不确定度; 通过减小探测单元尺寸, 提高探测阵列空间分辨率, 并降低光电探测器量化误差, 可以进一步降低功率密度测量不确定度。

采用探测阵列测量大功率 DF 激光器的典型输出光斑和 $P-t$ 曲线如图 11 所示。

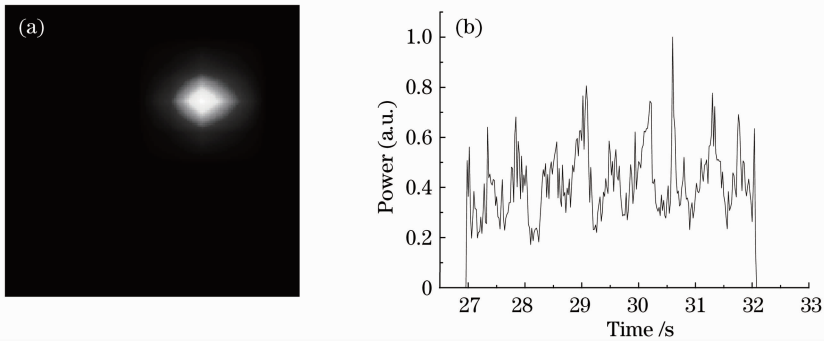


图 11 DF 激光光斑(a)和 $P-t$ 曲线(b)测量结果

Fig. 11 (a) Measured beam profile and (b) $P-t$ curve of DF laser

6 结 论

采用光电探测器和热吸收单元复合测量方法, 研制了可用于中红外高能激光能量和光斑分布测量的探测阵列, 系统工作温度范围为 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, 有效探测面积为 $22\text{ cm} \times 22\text{ cm}$, 空间分辨率为 2.2 cm , 时间分辨率为 20 ms , 测量动态范围大于 500 倍, 能量测量不确定度为 10%, 功率密度测量不确定度为 15%。实验结果表明, 该方法可实现高能量、大面积中红外激光光斑定量测量, 今后将通过结构优化设计和实验室标定, 进一步降低能量测量不确定度, 并提高系统时空分辨能力。

参 考 文 献

- 1 Qiao Chunhong, Fan Chengyu, Huang Yinbo *et al.*. Scaling laws of high energy laser propagation through atmosphere[J]. *Chinese J. Lasers*, 2010, **37**(2): 433~437
- 乔春红, 范承玉, 黄印博等. 高能激光大气传输的定标规律[J]. *中国激光*, 2010, **37**(2): 433~437
- 2 Zeng Xuewen, Lu Qisheng, Xu Xiaojun *et al.*. Development of

- large aperture hole grating beam wave front sampler[J]. *Acta Optica Sinica*, 2003, **23**(10): 1230~1236
- 曾学文, 陆启生, 许晓军等. 大口径光束波前采样器(孔栅)的研制[J]. *光学学报*, 2003, **23**(10): 1230~1236
- 3 Liu Zejin, Zhou Pu, Xu Xiaojun. Study on universal standard for evaluating high energy beam quality[J]. *Chinese J. Lasers*, 2009, **36**(4): 773~778
- 刘泽金, 周 朴, 许晓军. 高能激光光束质量通用评价标准的探讨[J]. *中国激光*, 2009, **36**(4): 773~778
- 4 Wei Jifeng, Guan Youguang, Zhou Shan *et al.*. Online calibration methods for high energy laser energy measuring equipment[J]. *Chinese J. Lasers*, 2009, **36**(9): 2399~2403
- 魏继锋, 关有光, 周 山等. 高能激光能量测量装置的现场标定方法[J]. *中国激光*, 2009, **36**(9): 2399~2403
- 5 Wei Jifeng, Zhang Kai, Qian Shaosheng *et al.*. Evaluation of uncertainty in online energy measurement of high energy laser[J]. *High Power Laser and Particle Beams*, 2007, **19**(7): 1103~1106
- 魏继锋, 张 凯, 钱绍圣等. 高能激光能量在线测试中的不确定度分析[J]. *强激光与粒子束*, 2007, **19**(7): 1103~1106
- 6 Li Gaoping, Wang Lei, Yang Zhaojin *et al.*. Study on the measurement of long pulse high power laser energy[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(9): 1111~1114
- 黎高平, 王 雷, 杨照金等. 长脉冲高能激光能量测试技术的研究[J]. *光子学报*, 2004, **33**(9): 1111~1114

- 7 Feng Jungang, Wang Xiaoyi, Xu Ying *et al.*. Preparation of split-color[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2004, **12**(z2): 254~256
- 冯君刚, 王笑夷, 徐颖等. 反可见、中红外、透10.6 μm 高能激光分光色镜的研制[J]. *光学精密工程*, 2004, **12**(z2): 254~256
- 8 C. Higgs, P. C. Grey, J. G. Mooney *et al.*. Dynamic target board for ABL ACT performance characterization[C]. *SPIE*, 1999, **3706**: 216~222
- 9 Yang Pengling, Feng Guobin, Wang Qunshu *et al.*. Design and implement of detecting module for mid-infrared laser power density measurement [J]. *High Power Laser and Particle Beams*, 2008, **20**(8): 1249~1252
- 杨鹏翎, 冯国斌, 王群书等. 中红外激光功率密度探测单元的研制[J]. *强激光与粒子束*, 2008, **20**(8): 1249~1252
- 10 Yang Pengling, Feng Guobin, Wang Zhenbao *et al.*. Detector array for measuring far-field power density distribution of mid-infrared laser[J]. *Chinese J. Lasers*, 2010, **37**(2): 521~525
- 杨鹏翎, 冯国斌, 王振宝等. 测量中红外激光远场光斑的光电阵列靶斑仪[J]. *中国激光*, 2010, **37**(2): 521~525

Call for Papers for Feature Issue on Digital Holography and 3-D Imaging

Joint Feature Issue of Chinese Optics Letters and Applied Optics

Chinese Optics Letters (COL) invites original manuscript submissions for a Feature Issue on Digital Holography and 3-D Imaging to be published in December 2011. One of the key elements of the present proposed feature issue is that it will serve as a pilot issue promoting joint issues of COL and Applied Optics (AO).

We welcome submissions either to AO or COL. In general, short original research articles are encouraged to submit to COL, while AO publishes detailed articles on work that is being explored fully and carefully.

Topics of interest include but are not limited to

- Digital holography theory and systems
- Diffractive optics
- Optical data storage
- Phase unwrapping and phase retrieval
- Computer generated holograms
- Spatial light modulators for holography
- Incoherent digital holography
- Holographic optical elements
- 2-D and 3-D pattern recognition
- Optical correlators
- Three-dimensional imaging and processing
- Three-dimensional display
- Stereo-matching and stereoscopic cameras
- 2-D - 3-D content conversion
- Shape and deformation measurement
- Polarization analysis
- Holographic imaging and microscopy
- Holographic nanofabrication methods
- Dynamic holography
- Nonlinear holography
- Dynamic 3-D imaging and visualization
- Holographic optical micro-manipulation
- Novel erasable/programmable recording media

Submission Deadline: 1 August, 2011

Submission format: Authors should use the Latex or MS-Word style files. For more details, please visit and upload the submission at the website of COL: <http://www.col.org.cn> (click the submission online box on the left side of the COL homepage, and please select focus issue submission in manuscript type during the submission. If you have any problem, please send email to col@siom.ac.cn with Digital Holography and 3-D Imaging issue included in the subject of your email. Manuscripts submitted to Applied Optics should be uploaded through OSA's electronic submission system: <http://www.opticsinfobase.org/ao/journal/ao/author.cfm>.

Similar detail information can be found in the website of AO.

Feature Editors

Ting-Chung Poon
Virginia Tech
USA

Byoung-ho Lee
Seoul National University
South Korea

Hongchen Zhai
Nankai University
China

Changhe Zhou
Shanghai Institute of Optics and
Fine Mechanics
China

Toyohiko Yatagai
Utsunomiya University
Japan