

神光装置倍频激光能量测量

林康春 田 莉 沈丽青 沈小华

施钟兴

(中国科学院上海光机所, 上海 201800)

(上海市嘉定区计量测试中心, 上海 201800)

提要 给出了监测倍频激光的能量计的技术参数, 在神光装置中实测了倍频激光能量及其转换效率。并对监测倍频激光的能量计对标方法进行了讨论。

关键词 倍频激光能量, 转换效率

1 引言

神光装置^[1]采用倍频(0.53 μm)、短脉冲(100 ps, 20 ps)激光进行打靶物理实验可以提高靶吸收能量的耦合率, 但这将对倍频激光能量测量提出更高的要求。为此, 我们设计制作了一种体吸收能量计, 它采用灵敏、快速响应的半导体敏感元件, 按照工艺物理学的方法进行巧妙的排列与组合, 并用特殊的焊接技术制成半导体热电堆作热电转换元件, 使接收器表面热传导与热辐射的物理边界条件得到有效的补偿, 能量计在具有较高灵敏度的同时还具有很好的面响应均匀性。另外, 接收器的整体结构还采用了双层热屏蔽隔离措施, 从而解决了热电效应探测器中灵敏度与均匀性、灵敏度与稳定性的两大矛盾。同时, 还专门设计制作了与接收器阻抗相匹配的低噪声直流放大器, 使能量计整机分辨率满足了神光装置倍频激光能量的测量要求。监测倍频激光的能量计性能参数列于表 1^[2]。

Table 1 Properties of the 2ω laser calorimeter

Aperture (mm)	$\phi 50$	Peak power density (W/cm^2)	10^9
Absorber sensitivity ($\mu\text{V}/\text{mJ}$)	12.50	Inhomogeneity	$\pm 1.5\%$
Overall sensitivity (Word/mJ)	1.00	Repetition accuracy error	$\pm 1\%$
Range (J)	0.01~20	Overall uncertainty	$\pm 5\%$

2 神光装置倍频激光能量测量

2.1 监测倍频激光的能量计对标

神光装置进行倍频激光打靶时, 对每次打靶的激光能量都必须实时监测, 才能有利于实验数据的分析和处理。所以在正式打靶实验之前必须对监测倍频激光的能量计进行对标, 如图 1

所示。

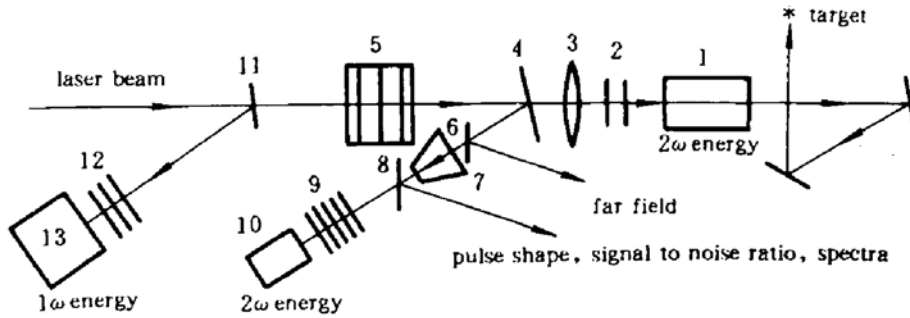


Fig. 1 Laser energy measurement

1, 10, 13—calorimeter; 2, 9, 12—filter; 3—focusing lens; 4, 6, 8, 11—beam splitter; 5—doubler; 7—beam expander

在打靶光路上放一个开口 $\phi 100$ mm 的标准能量接收器 1 (经国家计量部门标定, 其绝对灵敏度为 $5.20 \mu\text{V}/\text{mJ}$), 标准能量接收器与 PT-1A 型放大显示器联机标定的整机灵敏度为 0.52 字/ mJ 。在标准能量计前方放一个会聚透镜 3 (双面镀 $0.53 \mu\text{m}$ 增透膜), 把从倍频器输出的 $\phi 200$ mm 倍频光束会聚成 $\phi 60$ mm 的光束进入标准能量计, 并在标准能量计的窗口放二片厚度为 4 mm 的 QB₂₂ 蓝色滤光片, 其对倍频光的透过率分别为 70% 和 77% (双面镀 $0.53 \mu\text{m}$ 光增透膜)。又在激光打靶光路上放一块取样分光板 4, 取样光路上有一个缩孔器 7 把 $\phi 200$ mm 的倍频光束缩成 $\phi 40$ mm 的光束进入监测能量计 10, 监测能量计窗口有五片厚度为 1.5 mm 的 QB₂₂ 蓝色滤光片 9, 五块滤光片对倍频光的总透过率为 47% , 在取样光路上还需插入二块取样分光板 6, 8, 分出二束光, 分别测远场、波形、信噪比及光谱等。

在激光器低能量 (基频输出 $5 \sim 15$ J) 运转的情况下, 用标准能量计来对标监测能量计, 测得监测能量计的转换灵敏度列于表 2。在实际打靶实验中, 倍频激光打靶能量等于每次监测能量计的读数 N (字) 与转换灵敏度 0.0671 J/word 的乘积。

Table 2 Transformation sensitivity of the monitor calorimeter

	1	2	3
Standard CAL. reading (word)	39.0	106.2	84.7
Standard energy (mJ)	147.9	402.7	321.2
Monitor CAL. reading (word)	2.2	6.0	4.8
Transformation sensitivity (word/mJ)	0.01488	0.01490	0.01494
Average value	0.01491 (word/mJ), i. e. 0.0671 (J/word)		

2.2 倍频激光效率的测定

在进入倍频器 5 前的基频激光光路上插入取样分光板 11 (单面反射, 另一面镀 $1.06 \mu\text{m}$ 光增透膜), 在取样分光光路上放一个监测基频激光的大口径能量计 13, 其对标工作以前已有篇幅叙述过, 这里不再重复。表 3 列出神光装置南路激光投入有明确物理目标实验时所测量计算的基频激光能量、倍频激光能量及倍频激光转换效率。

图 2 表示了倍频激光能量与基频激光能量的关系曲线及倍频激光效率与基频激光能量的关系曲线。从图 2 看出, 当基频激光能量大于 250 J 时, 倍频激光能量与基频激光能量成线性

关系,当基频激光能量大于 250 J 时,倍频激光能量转换效率稳定在 60%左右,这和理论分析计算的结果一致。

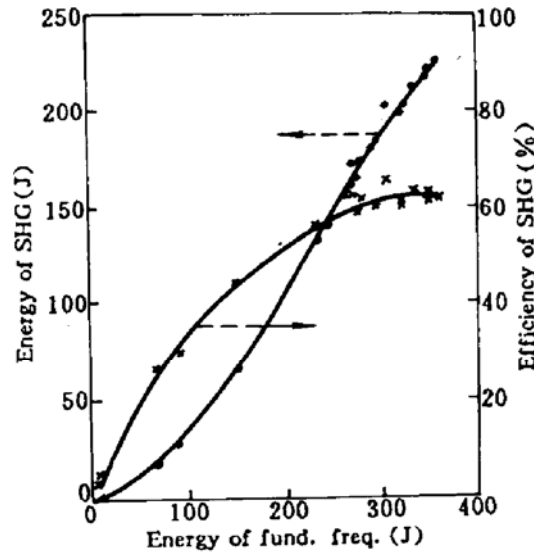


Fig. 2 2ω laser energy, efficiency scales as 1ω laser energy

Table 3 1ω laser energy, 2ω laser energy and conversions efficiency

Number	1ω laser energy (J)	2ω laser energy (J)	Conversion efficiency (%)	Number	1ω laser energy (J)	2ω laser energy (J)	Conversion efficiency (%)
9206291600	274.6	171.8	62.6	9207071000	91.6	27.5	30.0
9206291945	281.1	173.1	61.6	9207081500	9.8	0.4	4.1
9207011100	324.7	198.0	61.0	9207081530	335.2	212.0	63.3
9207021400	277.9	164.4	59.2	9207101430	336.8	210.7	62.6
9207021930	307.9	202.0	65.6	9207101930	150.5	66.4	44.2
9207031030	326.3	201.3	61.7	9207111110	248.8	141.6	56.9
9207031600	348.9	218.1	62.5	9207111415	295.6	180.5	61.1
9207031930	265.7	156.3	58.8	9207130930	348.9	220.8	63.3
9207040900	357.8	223.4	62.4	9207131530	7.8	0.2	2.7
9207041400	235.0	132.9	56.5	9207131540	68.7	18.1	26.4
9207061515	273.8	162.4	59.3	9207131930	330.3	206.0	62.4
9207061930	297.4	183.2	61.6				

3 讨 论

采用主光路上的标准能量计来对标取样光路上的监测能量计,这是一种直观可靠的测量方法,但需增加一套测量仪器。从另一个角度来看,如果能把取样光路上各光学元件的反射率、吸收率实测计算准确,也可以从取样光路上的衰减因子直接计算出倍频激光能量的量值。经实

测计算取样分光板 4 单面反射 4% (夹角 $< 20^\circ$, 另一面镀 $0.53 \mu\text{m}$ 增透膜), 在取样光路中还插入了二块取样分光板, 其中一块分光板 6 用来测远场, 另一块分光板 8 用来测波形、信噪比、光谱等。这二块分光板由于受场地的限制都不是小角度反射, 而是在 45° 左右反射, 所以其单面反射率不是 4%, 双面反射率不是 8%。经计算测远场的分光板单面反射率为 5% (另一面镀 $0.53 \mu\text{m}$ 增透膜)。测波形、光谱的分光板二面反射率为 10% (二面都未镀 $0.53 \mu\text{m}$ 增透膜)。缩孔器用六块透镜组成 (每块透镜双面镀 $0.53 \mu\text{m}$ 的增透膜)。经实测计算光路上的每个光学元件对 $0.53 \mu\text{m}$ 光的吸收率为 1%, 这样监测能量计的灵敏度系数为 0.0148 word/mJ , 即 67.4 mJ/word , 或 0.0674 J/word ($0.04 \times 0.95 \times 0.99 \times 0.99^3 \times 0.99^3 \times 0.90 \times 0.99 \times 0.47$)。这样在正式打靶实验中, 监测能量计的每次读数 N (字) 与 0.0674 J/word 乘积就得到所要测量的倍频激光能量, 这和上面采用标准能量计给出的转换灵敏度系数所计算的结果偏差 $< 0.5\%$ 。这二种测量结果是一致的。所以在大型激光装置的实验中, 只要把取样分光光路上光学元件的反射率、吸收率实测计算准确, 采用取样光路中的衰减分量直接监测激光器输出能量也是一种方便可取的方法。

致谢 参加本工作的还有杨惠兵、葛露艳、顾震、张松、张洪林, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 余文炎, 雷仕湛. 自然杂志, 1988, 11(5): 352~358
- 2 林康春, 周复正. 中国激光, 1993, 20(5): 362~364

Mesurement of Frequency-doubled Energy from "Sheng Guang" facility

Lin Kangchun Tian Li Shen Liqing Shen Xiaohua

(Shanghai Insitute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

Shi Zhongxing

(Metrology of Jiading District, Shanghai 201800)

Abstract Technical parameters of calorimeter for monitoring frequency-doubled laser energy are given. The calorimeter is used to measure the frequency-doubled laser energy and its conversion efficiency in the "Sheng Guang" facility and the calibrated methods for the calorimeter are also discussed.

Key words 2ω laser energy, conversion efficiency