

光纤中 BSBS 位相复共轭图像再现

杨天龙 姚秉中
(上海科技大学)

提 要

用调Q脉冲YAG:Nd激光的倍频辐射作激励光,对多模玻璃光纤中的背向受激布里渊散射(BSBS)的位相复共轭图像再现进行了初步的实验研究。实验结果表明,BSBS光对入射光的频移是38.6 GHz,在BSBS的光束截面上带有与入射光为位相复共轭对应的再现图像,而且散射光与入射光的偏振相同。最后,对再现图像的质量问题进行了讨论。

一、引 言

近年来,关于BSBS波前再现的问题仍是人们关心的课题^[1~3]。关于光纤中的受激布里渊散射(SBS),Ippen和Stolen首先进行了报导^[4],Hill等人报导了连续激光激发的多级SBS的产生^[5]。本文将报导用多模光纤的BSBS获得位相复共轭图像再现的实验研究,并对再现图像的质量问题进行讨论。

二、实 验

实验装置如图1所示。从YAG:Nd调Q脉冲激光器输出的 $1.06\mu\text{m}$ 线偏振辐射,经KDP倍频器倍频。倍频后的脉宽约10 ns。用棱镜选出 $0.53\mu\text{m}$ 辐射作激励 E_0 。用10倍望远镜扩束后的 E_0 光的直径约为16 mm,发散角约 $5\times 10^{-4}\text{rad}$ 。光束经过图样、反射镜和12 cm焦距的透镜之后,被注入光纤。在透镜后测得的 E_0 光的能量是0.32 mJ。实验中采

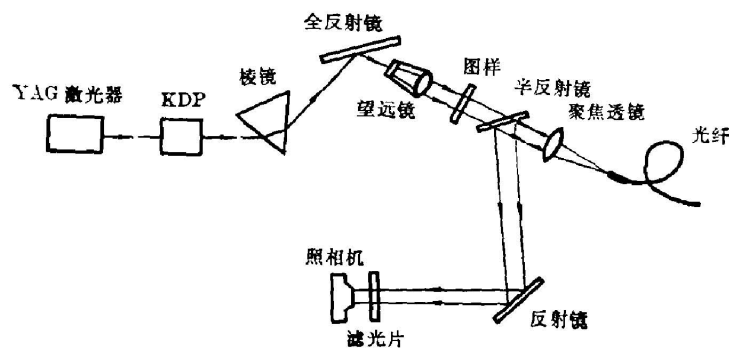


图1 BSBS实验装置

Fig. 1 Experimental setup of BSBS

收稿日期:1983年2月8日;收到修改稿日期:1983年6月14日

用的 $P_2O_5 \cdot SiO_2$ 玻璃光纤, 其折射率差 $\Delta n \approx 10^{-3}$, 芯径 $\sim 56 \mu m$, 硼硅玻璃包层的直径是 $\sim 120 \mu m$ 。光纤被绕在周长为 1 m 的圆筒上。在 $0.63 \mu m$ 处的衰减为 $\sim 20 \text{ dB/km}$ 。由于激励光和光纤中的导波模式不可能完全匹配, 入射光到光纤中的耦合效率为 ~ 0.22 。这样, 在光纤中的平均功率密度 $\sim 4 \times 10^8 \text{ W/cm}^2$ 。

在透镜前 E_0 光的截面上的图象示于图 2(a)。在离反射镜约 3.5 m 处摄得的 BSBS 光束截面图像示于图 2(b)。为了比较, 将光纤移去, 将平面反射镜置于透镜的焦平面上来反射 E_0 光, 并在拍摄 BSBS 光的截面图像的同时位置上拍摄反射光 E_0 的截面图像。图 2(c) 是反射光的图像。实验结果表明, BSBS 光带有复原的 E_0 光的图像, 而反射光带有与 E_0 光为中心反演的图像。因此, 实验获得的 BSBS 光的波面是入射光 E_0 波面的位相复轭再现。我们用检偏器检验了 BSBS 光与入射光的偏振, 结果表明, 它们的偏振相同。为了证明 BSBS 光的确是布里渊频移的散射光, 我们用一块反射率大于 90% 的石英玻璃法布里-珀罗标准具测量了光谱, 法布里-珀罗标准具的厚度约 3 mm。图 3(a)、(b) 是反射光、BSBS 光的法布里-珀罗干涉环照片, 图 3(c) 是它们共同形成的法布里-珀罗干涉环的照片。实验表明, $P_2O_5 \cdot SiO_2$ 玻璃光纤中的布里渊频移是 38.6 GHz。

在激发 BSBS 时, 同时可以产生很强的受激喇曼散射 (SRS)。实验表明, 出现 BSBS 光所要求的激发光功率比出现 SRS 所需的激发光功率高很多。只有在出现很强的 SRS 时, 才可能出现 BSBS。在出现较大的 BSBS 时, 由实验估计的转换效率约 10%。

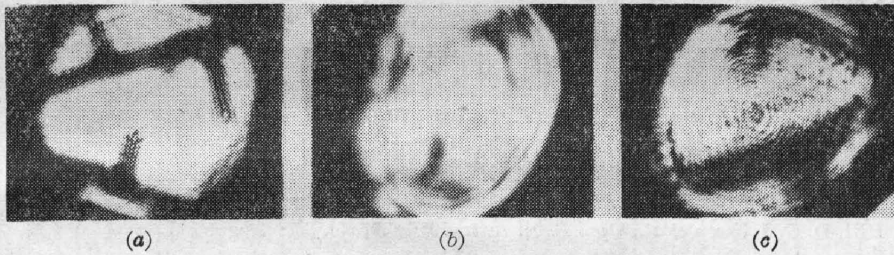


图 2 入射、散射和反射光的图象

Fig. 2 The images of incident BSBS and reflected light

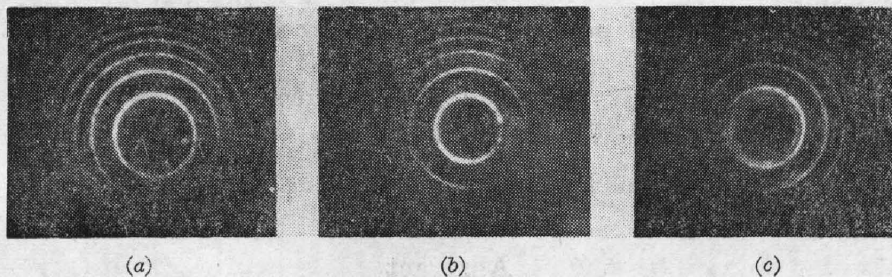


图 3 反射光和散射光的法布里-珀罗干涉图

Fig. 3 The F-P interference pattern of reflected and BSBS light

三、讨 论

从图 2 可以看出, BSBS 光带有的图像与入射光的图像是位相复共轭对应的。图 2(b)左

上角缺少图像是由于光束的一部分未进行光纤和光纤端面的缺陷。虽然再现像的质量并不理想,但仍可看到被保留的入射光图像的一些主要特征(见图2(b)右上角和下部的图案)。由于反射光不具有波前复原能力,不能克服光路上各元件导致的波前畸变,作为比较的反射光的图像是严重畸变的入射光的图像。

虽然 BSBS 能较好地产生入射光的复共轭图像,但在图像的细节上损失很多,图像对比图变小,显得模糊化。此外,还出现同心环状的附加结构。

我们认为,上述 BSBS 光的相位复共轭再现像的不完善的原因有下列几点:

(1) 由于入射图像的空间频谱与光纤的导波模不能完全匹配,导致某些空间频谱分量的光线从波导中逸出,(2) 入射光图像在注入透镜焦平面上的高级衍射频谱不能全部进入光纤;(3) 由于入射光图像各照明部分的光强不同,导致与它们相应的部分 BSBS 辐射的增益不同;(4) 可能存在非背向 SBS 辐射;(5) 光纤中不同模式光的损耗不同;(6) 光纤端面导致的衍射效应。上述第(1)、(2)两点原因使得再现像的空间频谱不完全,第(3)、(4)、(5)点原因使得图像对比下降,而第(1)、(6)两点原因会导致附加的圆环结构。

根据实验结果和分析,我们认为,用光纤波导介质作 BSBS 复共轭图像再现时,再现图像的质量与波导尺寸有很大关系。图像越细密,所要求的波导尺寸也越大,此外,与光束截面上各点相应的 BSBS 辐射的增益不同和非背向 SBS 的存在,都将限制 BSBS 复共轭图像再现质的改善。

参 考 文 献

- [1] B. H. Белоголов, Л. А. Бельцов *удр.*; *Ж. Э. Т. Ф.*, 1980, **79**, No. 6 (Jun.), 2119.
- [2] R. Mayer Jr., R. J. Lisik; *Opt. Commun.*, 1979, **31**, No. 1 (Oct.), 89.
- [3] V. Wang, C. R. Giuliano; *Opt. Lett.*, 1978, **2**, No. 1 (Jan.), 4.
- [4] E. P. Ippen, R. H. Stolen; *Appl. Phys. Lett.*, 1972, **21**, No. 11 (Dec.), 539.
- [5] K. O. Hill, D. C. Johnson *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1976, **29**, No. 3 (1 Aug.), 185.

Image reconstruction of phase conjugation by BSBS in an optical fiber

YANG TIANLONG AND YAO BINGZHONG

(Shanghai University of Science and Technology)

(Received 8 February 1983, revised 14, June 1983)

Abstract

The image reconstruction of phase conjugation by BSBS in a multimode optical fiber has been studied experimentally. The image reconstructed by BSBS is approximately corresponding to the phase-conjugated image of the incident laser. The Stokes frequency shift is about 38.6 GHz.