

光纤的后向布里渊散射特性研究

余曷鯤 周福新 刘 盾 赫光生 刘颂豪

(中国科学院上海光机所)

我们研究了光纤的后向布里渊散射特性并探讨了不同长度光纤的后向布里渊散射和前向喇曼散射的关联, 实验所用的光纤为梯度型光纤, 纤蕊为磷掺杂石英玻璃($P_2O_5 \cdot SiO_2$), 隔离层为硼磷掺杂石英玻璃, 包皮为石英玻璃。纤蕊/包皮规格为 $50 \mu m / 150 \mu m$, 在 $\lambda = 0.85 \mu m$, 损耗为 6 dB/km , 光纤强度为复绕张力大于 400 g , 折射率差为 $\Delta n = 10^{-2}$ 。采用 5320 \AA 绿光为光纤的入射光, 在低入射光强的情况下, 观察到来自纤蕊的呈高斯光强分布的后向布里渊散射点状光斑, 对入射光有近 4% 的耦合效率。随着入射光强的增加, 出现环状的散射光斑, 它来自于纯石英的玻璃包层, 而隔离层此时不出现后向布里渊散射, 从而光纤的后向布里渊散射呈点环状结构, 点环的光强差近 6 倍。这是由于纤蕊有更高的耦合效率。在两种情况下, 在阈值能量都产生很强的散射光。

在短光纤(小于 47 m)只观察到后向布里渊散射, 在长光纤(大于 47 m)同时观察到前向喇曼散射, 在约 100 m 长的光纤中二者几乎有相同的阈值能量, 同时观察到强的点环状后向布里渊散射和高阶斯托克斯喇曼散射, 而在这几种情况下都不出现后向喇曼散射。后向布里渊散射和前向喇曼散射存在着竞争。后向布里渊散射与入射光对光纤耦合的调整有很大的关系, 在光纤出现点环状后向布里渊散射后, 光纤的入射光端面很快被破坏, 这是强光在介质中吸收感应超声和电致伸缩的作用。

光纤的后向布里渊散射具有良好的方向性和光学质量, 我们在聚焦透镜后、光纤入射端面前分别放置 2 mm 和 20 mm 氢氟酸腐蚀的玻璃位相板, 仍观察到具有良好质量的后向布里渊散射光斑。在 10 m 远处观察后向布里渊散射的远场花样, 分别见到来自纤蕊和包层的散射通过聚焦透镜的焦点, 微调光纤入射端的位置, 焦点移向更远。

本实验采用 YAG 激光器由振荡器加一级放大组成, BDN 调 Q, 重复率为每秒钟一次, 脉宽为 8 ns 。采用 II 类匹配 KDP 晶体倍频, 倍频效率为 15% , 倍频后 5320 \AA 绿光功率为 1 MW , 谱线宽度为 0.5 cm^{-1} , 发散角为 1 mrad , 经可变阶梯减光板控制光强, 再经两块 $1.06 \mu m$ 光全反射介质模板, 滤掉 $1.06 \mu m$ 激光, 由焦距为 30 cm 聚焦透镜耦合到光纤中。光纤的激光入射端面经处理为自然平端面, 以保证后向散射光不由端面几何形状造成畸变。实验中用 1 m 光栅摄谱仪拍摄前向喇曼散射谱, 由照相机拍得后向布里渊散射光斑。