

大功率横流 CO₂ 激光器的多折腔的研究

改善大功率 CO₂ 激光器输出的光束质量, 提高输出光束的远场聚焦性能是扩大大功率横流 CO₂ 激光器应用范围的一个迫切需要解决的问题。本文作者在原输出 2 kW 的多模针板式放电横流 CO₂ 激光器内, 采用多折腔结构, 加长了谐振腔长度, 增加了高阶模的衍射损耗, 抑制了高阶模振荡, 扩大了基模体积^[1], 从而得到了 1020 W 的 TEM₀₀(准基模) 输出, 电光转换效率大于 8.6%, 低阶模(TEM₁₀) 输出 1020 W, 电光转换效率大于 9%。

一、横流 CO₂ 激光器多折腔的输出特性

在 HGL-81 型 2 kW 横流多模 CO₂ 激光器的多折腔中(见图 1)。全反射镜采用凹面镜($R_1=15$ m 和 20 m), 转折采用平面镜, 输出窗分别采用平面镜和 $R=20$ m 的凹面镜(材料为 GaAs 片)。当采用 $R_1=15$ m, $R_2=R_3=R_4=\infty$, 分别采用 $T=17\%$ 、 25% 、 33% 三种透过率进行实验, 得到这种条件下的最佳透过率为 25%, 与计算值基本吻合。

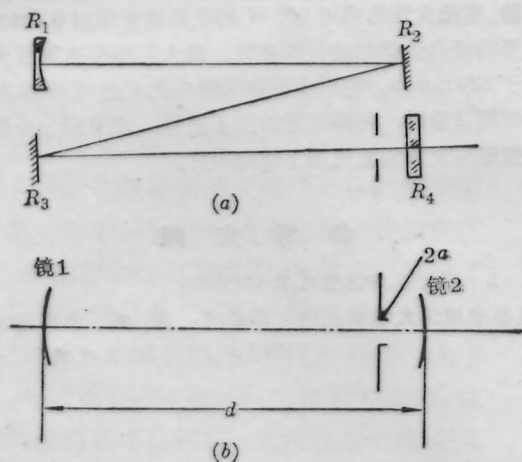


图 1 (a) 多折腔结构示意图; (b) 多折腔的等价腔

实验中, 腔内充入 CO₂:N₂:He=1:7:20 的混合气体, 气压为 80 Torr。分别采用直径为 $\phi 16$ 、 $\phi 20$ 、 $\phi 25$ mm 三种光阑孔径。当采用光阑孔径为 $\phi 16$ mm 时, 得到基模(TEM₀₀) 的输出功率 720 W; 电光转换

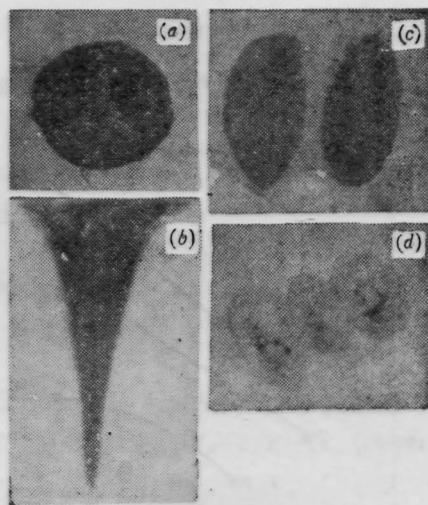


图 2 多折腔输出的光斑

(a) TEM₀₀(2×); (b) TEM₀₀横模截面图(1×)
(c) TEM₁₀ 模(2×); (d) TEM₂₀ 模(2×)

效率为 7.4%, 当光阑孔径采用 $\phi 20$ mm 时, 得到大于 1000 W 的 TEM₀₀(准基模) 输出, 光电转换效率为 8.6%; 当采用 $\phi 25$ mm 光阑时($R_1=R_2=20$ m), 得到低阶模输出功率为 1240 W, 光电转换效率大于 9%(见图 2)。

二、转折镜反射率对输出功率的影响

光在腔内的往返产生的损耗对输出功率的影响很大, 假定反射镜 $R=98\%$, 则腔内往返一周的损耗可达到 8%, 当反射损耗从 2% 增至 3% 时, 输出功率下降到原来的 95%; 而对于三折腔, 三块反射镜的损耗由 2% 增至 3% 时, 则此时输出功率下降到原来的 85%, 显然多折腔中反射镜(包括全反镜和转折镜)的反射率的变化对输出功率的影响比单稳腔结构要严重得多(见图 3)。

图 4 示出多折腔中反射镜反射率变化对输出功率的影响, 从图中看到, 当转折镜反射率下降时, 输出功率急剧下降, 这与理论分析是基本吻合的。

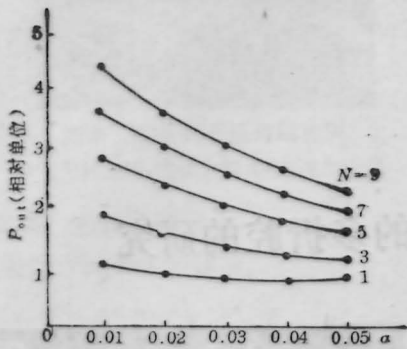


图3 最大输出功率与反射镜损耗 α 的关系曲线
 $G_0=0.5\% \cdot \text{cm}$, $\beta=0.012$, $T=25\%$

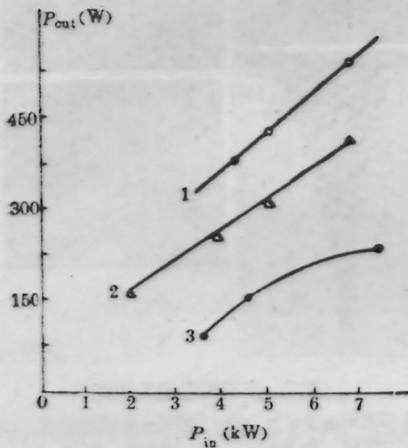


图4 转折镜反射率的变化对激光输出功率的影响(实验值)
 $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}=1:7:20$; 曲线1— $P=50$ Torr, $R=98\%$; 曲线2— $P=55$ Torr, $R=90\%$; 曲线3— $P=50$ Torr, $R=85\%$

三、多折腔输出光束的聚焦与加工实验

对横流 CO_2 激光器多折腔输出的 TEM_{00} (准基模)光束采用焦距为 $f=80$ mm的透镜聚焦, 见图5所示, 可得到最小的聚焦光斑为 4×10^{-1} mm。并对 $0.5 \sim 1.5$ mm厚的低合金钢板进行切割和焊接试

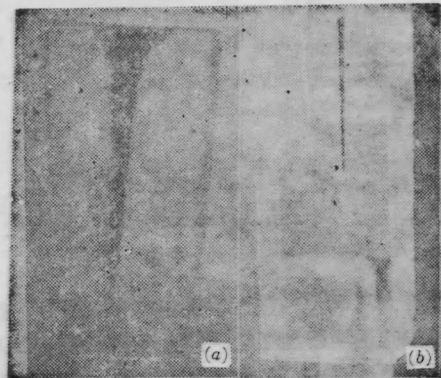


图5 (a) 多模光束聚焦(6 \times);
 (b) 多折腔光束聚焦(2 \times)

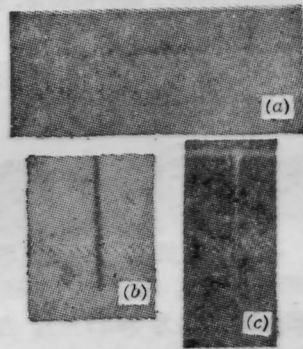


图6 (a) 激光焊接试验(TEM_{00})(1 \times);
 (b) 激光切割试验(TEM_{00})(1 \times)

验。实验发现当采用800 W的准基模光束对0.5 mm厚的低合金钢板进行焊接时, 最大的焊接速度可大于120 mm/s。利用多折腔的输出光束进行焊接和切割试验时, 可得到好的加工质量。图6示出多折腔输出光束的激光加工试验照片。

参 考 文 献

- 1 雷仕湛, 中国激光, 7, 10(1980)
 (华中理工大学激光所 郑启光 袁 斌 李再光
 1987年12月23日收稿)