

1.06 微米至 1.26 微米的调谐输出。实验测得,在简并点 1.06 微米处,参量振荡的阈值为 0.76 兆瓦/厘米²。

这一实验阈值比理论计算值要大一个数量级。其原因是: Q 开关式的泵浦光源,光脉冲建立时间较短,在这段时间内,信号波只能在参量振荡器的腔内往返几十次,还不能得到充分的加强。另外,计算得到的阈值是在腔内增益刚刚大于损耗的条件下求得的;而实验阈值是以信号有一定输出而能被测到为准。这当然要受到分光系统的损耗以及探测器灵敏度的限制。因此实验阈值比理论值高些是必然的。

LiNbO₃:MgO 及 CDA 激光倍频

五机部二〇九所 韩凯 徐绍林 蒲大椿 封鸿渊 蔡永鑫 谢任葵 杨章俊

LiNbO₃ 和 CDA 晶体都可以采用控制晶体温度以实现从 1.06 微米产生二次谐波的最佳相匹配而无光孔效应的影响。掺氧化镁 LiNbO₃ 的工作在于改善其抗光损伤而作尝试。CDA 晶体的非线性系数比 LiNbO₃ 晶体小一个量级,但它抗光损伤能力较强,用它来产生 1.06 微米的二次谐波时的相位匹配角宽度、匹配温度宽度和光谱宽度都较其它非线性晶体的相应值为宽,对它可以采用强的基波功率密度和足够长的晶体倍频长度以补偿它的非线性系数低的弱点。我们用 LiNbO₃:MgO(8% 熔体浓度)和 CDA 晶体进行的腔外倍频实验测量初步结果如下:

用电光 Q 开关的 YAG 激光脉冲在低重复频率下进行测量。为了获得纯净的二次谐波输出以及可靠地测量从基波到二次谐波的转换效率, LiNbO₃:MgO 晶体设计加工成特殊棱镜形状,利用倍频晶体本身的内双反射特性使基波 O^ω 与谐波 $e^{2\omega}$ 光束分离开,以获得纯净的二次谐波输出。改变晶体温度,测量相应的净二次谐波输出,所得的二次谐波相匹配温度曲线是出乎意料之外的,最佳相匹配温度约为 22.5°C,没有获得预期的提高。半宽度 $\leq 0.5^\circ\text{C}$ 。测量的转换效率 $\eta = e^{2\omega}/O^\omega$, O^ω 及 $e^{2\omega}$ 分别是直接测量的 YAG 激光器输出 1.06 微米的能量和 LiNbO₃:MgO 倍频输出净 0.53 微米能量。大量重复测量结果表明平均最高转换效率达到 34.7% 以上。有趣的是实验中观察到当增加基波功率密度时,发现晶体内产生了烟雾状光损伤痕迹,数分钟以后即消失。此后晶体仍能继续重复上列的数据,效率仍未降低。

用 Nd:YAG 串接振荡放大系统进行了 CDA 腔外倍频测量,振荡级输出 Q 开关脉冲能量 140.4 毫焦耳,第一放大级输出为 629.2 毫焦耳,第二放大级输出为 1.287 焦耳。激光脉冲半宽度约 10~20 毫微秒,远场测量其倍频输出绿光束宽约 2.6 毫弧度。为了防潮, CDA 晶体密封于恒温炉内,窗口分别镀 1.06 微米及 0.53 微米增透膜。用 1.06 微米窄带滤光片在相同几何条件下测量通过倍频晶体相匹配时 1.06 微米能量的减少来测量倍频转换效率即 $\eta = (I_2 - I_1)/I_2$, 其中 I_1 为通过倍频晶体相匹配情况测量的 1.06 微米能量, I_2 为相同条件下相位失配情况下的值。对 $\phi 20 \times 16$ 毫米的 CDA 晶体,测得倍频效率最高平均值为 33.9%。

铌酸钡钠(BNN)二次谐波的产生

中国科学院物理研究所 陈代远 靳福惠

实验用 Nd:YAG 激光器的连续和脉冲 1.06 微米激光进行了 BNN 非线性晶体的二次谐波实验,测量了 SHG 的转换效率,谐波输出的最佳匹配温度和温度曲线,取得了比较好的实验结果,并与国外报导作了一些比较。对提高晶体性能和改进其生长提出基本要求。

实验所用晶体由北京化工厂试制。晶体经过单畴化和去孪处理。基本上无带状条纹,晶体在测量的

0.4~2.5 微米范围内是透过的,但在近红外区有吸收($\sim 15\%$)。这主要是由于晶体内含有杂质或结构上的缺陷所造成,这对晶体在连续激光状态下工作是有害的。晶体的抗光性能,在实验基波 1.06 微米功率密度 ~ 70 兆瓦/厘米² 条件下不受损伤。实验晶体几何尺寸为 $7 \times 7.5 \times 7.5$ 厘米³。基频光沿 a 轴向传播并且与 c 轴成 90° 角,实验测量晶体消光比 $\sim (18-20=1)$,用 He-Ne 光沿 a 轴向通过晶体时可以看到不明显的光散射,这表明晶体的光学性能还有待进一步提高。

腔外二次谐波实验:

基波是 Q 开关 Nd:YAG 的 1.06 微米激光,基波输出功率密度为 30 兆瓦/厘米²,实测最佳匹配温度 $t_m = 81.6^\circ\text{C}$,半宽度 $\Delta t = 1.6^\circ\text{C}$,SHG 的输出转换效率 $\eta = 12\%$,由于输入基频光不是严格线偏振,因此一部份基频光没有被充分利用。

连续腔外二次谐波实验:

用上述晶体进行了连续波 Nd:YAG 激光器 1.06 微米输出的 SHG 实验,光束直径 3 毫米,由于 BG-17 红外滤光片承受不了 2 瓦以上的连续基频光,因此实验控制在输入功率小于 2 瓦的情况下进行。实验中使倍频光经过一个斩波器调制后用硅光电池接收,接收信号经过 FP-2 选频放大后输入到 X-Y 记录仪自动记录。实验测得最佳匹配温度 $t_m = 83.4^\circ\text{C}$,半宽度 $\Delta t = 2^\circ\text{C}$ 。对该晶体进行了腔内连续 SHG 实验,获得最高倍频输出是 300 毫瓦,估计转换效率 $< 10\%$ 。

从国外报导 BNN 的 SHG 转换效率较高,我们实验中对基波输出模式和发散度控制不佳,晶体还存在剩余极化和横向条纹而引起散射和光吸收,这些是影响转换效率的主要因素。实验所得结果与国外报导是吻合的,有些进一步的工作还待进行。

腔内全耦合出净二次谐波的激光器

五机部二〇九所 韩凯 徐绍林 蒲大椿 封鸿渊 蔡永鑫 谢任葵 杨章俊

为了克服同轴式腔内产生二次谐波单通输出的缺点,实现腔内产生二次谐波的双通输出,一般都需要在谐振腔内添加更多的光学元件,这必然增加腔内的线性损耗,而且要使用对基波和谐波有特殊要求的高反射、高透射的反射镜,这对获得纯净的二次谐波输出总是不够理想的。

我们适当地利用非线性晶体本身的特性,并按不同的相位匹配要求设计成特殊棱镜形状,这样,在激光谐振腔中除激光工作物质外,只需插入一块这样的非线性晶体棱镜就能同时完成以下几种光学功能:

- (1) 按产生二次谐波相位匹配的要求,在谐振腔内产生所要求的线偏振激光——起偏振镜的作用;
- (2) 在所要求的相匹配方向上产生二次谐波;
- (3) 耦合输出腔内基波在非线性晶体中往返光路上所产生的全部二次谐波;
- (4) 对有电光效应可利用的非线性晶体,在晶体上加以适当电场,就同时可起普克尔盒电光 Q 开关的作用。

这种激光器使用的光学元件少,腔内线性损耗低,且无附加输出元件的损耗,激光起振阈值低,这是一种较理想的腔内基波完全转换成二次谐波输出的激光器,而且是纯净的线偏振二次谐波输出。本文提出了第一类任意角度匹配的情况和 90° 角相匹配情况下腔内完全耦合输出纯二次谐波激光器的物理设计。其基本原理是利用非线性晶体的内双反射和产生二次谐波的相匹配物理特性。用矢量关系证明了光在非线性晶体界面上全内反射的特性。最后给出了掺氧化镁铌酸锂 ($\text{LiNbO}_3:\text{MgO}$) 腔内全耦合出净二次谐波 Q 开关激光器的实验结果。获得了将激光器最佳耦合输出基波能量 100% 转换成可用的纯二次谐波输出。