

光波相干性对四波混频实验特性的影响

尚庆虎

于美文

(电子科学研究所, 北京) (北京理工大学, 北京)

摘要: 本文从理论和实验上讨论和分析了入射光波之间的相干性对光折变晶体四波混频实验特性的影响, 并给出了有关的实验结果。验证了理论分析的正确性。

Effects of coherence of light waves on characteristics of FWM experiments

Shang Qinghu

(China Academy of Electronics and Information Technology)

Yu Meiwen

(Beijing Institute of Technology)

Abstract: In this paper, the coherence between incident light waves in four wave mixings (FWMs) in photorefractive crystals are discussed. Its effects on FWM experimental characteristics are analyzed. The experimental results are given, which prove the correctness of theoretical analyses.

光学相位共轭是近期发展起来的非线性光学技术的一个新分支。在非线性介质中的四波混频是目前普遍采用的一种重要的实现光学相位共轭的方法^[1,2]。其中, 光折变晶体是当前研究最多的用于四波混频的非线性材料^[3]。

光折变晶体四波混频中相位共轭反射率与晶体中相应的折射率光栅有关, 而光栅的形成又是由入射光波在晶体内的干涉条纹强度分布诱导产生的。干涉条纹的调制幅度取决于各入射光波的偏振态、光强比以及相干性。在偏振态和光强比确定后, 共轭反射效率就主要受光波间的相干性影响。本文从理论和实验上进行了各入射光波之间的相干性对四波混频相位共轭的影响的讨论。

在四波混频实验及应用中基本上都采用(相干性较好的)激光照明。一台激光器输出激光的每个纵模都有确定相位, 并且各模间相位差 0 或 π ^[4], 因此其空间相干性可以认为是理想的。影响晶体内光波干涉条纹调制度的主要原因是入射光波的时间相干性。

一、激光时间相干性测量

利用迈克尔逊干涉仪检验所用激光束的时间相干性。时间相干度 $\gamma_T(t_d)$ 的幅值与输出光

场干涉条纹对比度 m 成正比^[4], 而它与光强的极大值 I_M 、极小值 I_m 以及干涉仪 两支光路单独输出时的光束强度 $I^{(1)}$ 、 $I^{(2)}$ 的关系式经推导^[4]可写为

$$m = \frac{2(I_p^{(1)} I^{(2)})^{1/2}}{I^{(1)} + I^{(2)}} |\gamma_T(t_d)| = \frac{I_M - I_m}{I_M + I_m} \quad (1)$$

或写为

$$|\tilde{\gamma}_T(t_d)| = \frac{(I^{(1)} + I^{(2)})(I_M - I_m)}{2(I^{(1)} I^{(2)})^{1/2}(I_M + I_m)} \quad (1')$$

用线型光电探测器检验迈克尔逊干涉输出光场的强度分布, 直接测量了 3m长的100mW He-Ne激光器输出光的时间相干度, 如图 1 所示。

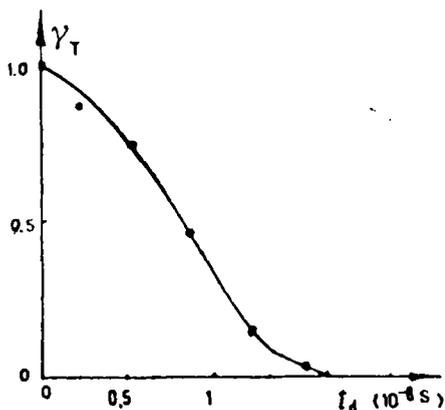


图1 3m长He-Ne激光器输出光的时间相干度幅值

二、各入射光束相干性对四波混频特性的影响

我们从图 1 可见, 一般激光相干长度远大于光折变晶体的厚度。所以, 对于透射光栅在晶体内部, 可以认为反向泵浦光波和共轭光波是完全相干的, 影响透射光栅折射率分布调制度的主要因素是前行泵浦波和入射探测波之间的相干性。同样对反射光栅, 则是受入射探测波和反向泵浦波之间的相干性的影响。在光折变晶体四波混频的实际应用中, 一般来说, 透射光栅对共轭光波反射率的贡献远大于反射光栅^[5]。因此, 我们忽略四波混频反射光栅的作用而只考虑透射光栅 (这对大多数情况都成立)。并且当共轭反射率远小于1时, 透射光栅的形成主要是前行泵浦光波和入射探测波干涉诱导产生的。由线性电光效应得晶体内部的折射率分布^[6]

$$\Delta n = -\frac{1}{2} n^3 \gamma_{ij} E_s(x) \quad (2)$$

式中, n 为折射率, γ_{ij} ($i, j=1, 2, 3$) 是相应的晶体的电光系数, E_s 是光诱导的晶体内部电场, 按Alphose等人的理论^[6], 它与晶体内部光波的干涉条纹对比度 m 成正比, 利用(1)、(2)两式及文献[1]中的分析可以得到稳态条件下共轭光强反射率 R 与有关量存在下列近似关系

$$R \propto |\Delta n|^2 \propto |E_s|^2 \propto m^2 \propto |\tilde{\gamma}_T(t_d)|^2 \quad (3)$$

即共轭光的强度反射率近似正比于前行泵浦光波 A_1 和入射探测光波 A_4 的时间相干度幅值的平方, 对反射光栅有类似关系。

利用图2所示的简并四波混频实验光路分别测量(a)前行泵浦光波 A_1 和入射探测光波 A_4 的相干性对输出共轭光强度的影响, (b) 后行泵浦光波 A_2 和入射探测光波 A_4 的相干性对输出共轭光波的影响。用3m长He-Ne激光器输出的633nm光波照明, BS_1 和 BS_2 为分光镜, M_1 、 M_2 和 M_3 为平面反射镜, D 为光电探测器, LN是掺铁0.1mol%、厚度0.5mm的 $LiNbO_3$;

Fe晶体。图3和图4是 R 与 A_1 、 A_4 和 A_2 、 A_4 相干度关系曲线。由图3验证(3)式近似成立,

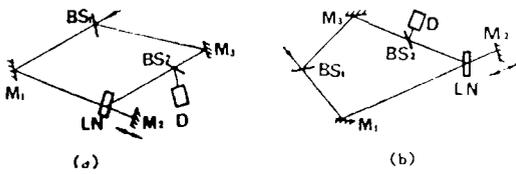


图2 检测(a) A_1 和 A_4 光波和(b) A_2 和 A_4 光波间相干性影响的简并四波混频实验光路图

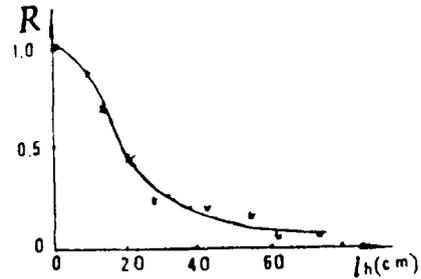


图3 共轭反射率与前行泵浦光波延迟距离(时间)关系曲线(归化)

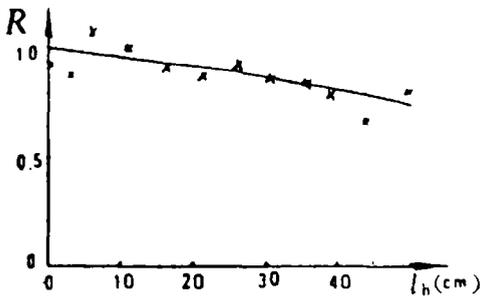


图4 后行泵浦光波延迟距离(时间)对 R 的影响曲线(归化)

图4是后行泵浦光波和入射探测光波相干性对共轭输出光波的影响曲线,表明晶体反射光栅作用确实很小。

三、结 论

由以上分析可见,在简并四波混频实验中应主要保证前行泵浦光波和入射探测光波良好的相干性(到晶体的光程差 $<1/3$ 激光相干长度)才可能获得较高的共轭反射率。

参 考 文 献

- [1] Fisher R A et al., Optical Phase Conjugation. New York: Academic Press, 1983
- [2] Hellwarth R W, J. Opt. Soc. Am., 1972; 44(2), 1~3
- [3] 过己吉, 全息与光信息处理'87年会文集, 1987; 20~21
- [4] 于美文, 光学全息及信息处理。北京: 国防工业出版社, 1984
- [5] Cronin-Golomb M et al., IEEE J.Q.E., 1984; QE-20(1), 12~29
- [6] Alphonse G A et al., RCA Review, 1971; 32(2); 185

收稿日期: 1990年1月5日。