

KNbO₃ : Fe 自感相干光振荡*

王威礼 王德煌 郑英俊

(北京大学物理系, 北京 100871)

沈德忠 童小林

(北京人工晶体研究所, 北京 100018)

提要 本文报道光折变晶体 KNbO₃ : Fe 线型腔中自感相干光振荡的实验观察研究, 在线型腔透过率 $P = 0.28$ 时, 分别测量了振荡光 I_A , 相位共轭光 I_{PC} , 相位共轭反射率 R_c , 振荡光建立时间常数 τ_0 , 相位共轭光建立时间常数 τ_c 与入射光 I_P 的依赖关系。当 $I_P = 7.8 \text{ W/cm}^2$ 时, 测得最大的反射率 $R_c = 1.6\%$ 和振荡光 $I_A = 2I_A = 1.0 \text{ W/cm}^2$ 。

关键词 光折变, 光振荡, KNbO₃ : Fe, 相位共轭

Self-induced coherent light oscillations in KNbO₃ : Fe

Wang Weili, Wang Dehuang, Zheng Yinjun

(Department of Physics, Peking University, Beijing 100871)

Shen Dezhong, Tong Xiaolin

(Research Institute of Synthetic Crystals, Beijing 100018)

Abstract The experimental study of self-induced coherent light oscillations with photorefractive crystal KNbO₃ : Fe in a linear cavity are reported. For the transmission of the cavity $P = 0.28$, the incident intensity dependence on the oscillating light intensities I_A , the phase conjugating light intensities I_{PC} , the phase conjugation reflectivity R_c , the oscillating light build-up time constant τ_0 and the phase conjugate light build-up time constant τ_c are measured respectively. For $I_P = 7.8 \text{ W/cm}^2$, the maximum reflectivity $R_c = 1.6\%$ and the maximum oscillating light intensity $I_A = 2I_A = 1.0 \text{ W/cm}^2$ are obtained.

Key words potassium niobate (KNbO₃ : Fe), photorefractive, light oscillation, phase conjugation

本文主要介绍线型腔结构的 KNbO₃ : Fe 自感相干光振荡的实验研究, 工作的基本原理是在一束泵浦光 I_P 照射下在晶体内被散射, 由于光折变效应在线型腔光轴方向的散射光会得到耦合放大, 最终在线型腔内形成相干光振荡 I_A , 实验装置如图 1 所示。514.5 nm 的 Ar⁺ 激光经 L_1 - L_2 空间滤波器得到光斑直径为 1 mm 的光束, 经分束片 BS 后, 光束以 ϕ 入射角投射在晶体表面, 线型腔光轴与入射光束的夹角 (2θ) 为 28° , 构成线型腔的金膜反射镜 M_1 的反射率 (R_1

收稿日期: 1992 年 7 月 11 日。

* 国家自然科学基金资助项目。

)为 46%, 介质膜反射镜 M_2 的反射率 (R_2) 为 97.4%, 其透过率 (T_2) 为 0.6%, 两反射镜间的距离 (D) 为 13 cm, 放在线型腔中心的 KNbO₃:Fe 样品的俘获中心浓度 (N) 为 $1.1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, 为了利用晶体的最大电光系数 ($r_{42} = 380 \text{ pm/V}$), 进行了特殊的切割, 使入射表面与晶体 C 轴有 37° 夹角。晶体在通光方向的厚度 $L = 5.3 \text{ mm}$, 为了减小表面反射损耗, 在入射与出射表面分别涂增透层, 晶体表面的反射率 (R) 可降为 0.82%, 样品材料在 514.5 nm 的吸收系数 (α) 为 0.8 cm^{-1} , 该样品在相似实验条件下测得的二波耦合增益 (I') 为 10 cm^{-1} [1]。

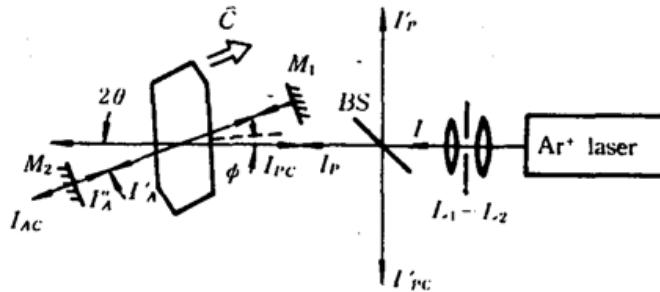


Fig. 1 Experimental set-up for observing self-induced coherent light oscillations in KNbO₃:Fe

在忽略腔内衍射损耗时, 线型腔的透过率为 [2]

$$P = R_1 R_2 (1 - R)^4 e^{1-2L} \quad (1)$$

通过解耦合波方程, 在非耗尽近似和扩散方式为主的载流子运动的简化条件下, 可得线型腔内振荡光 $I_A(L, t)$ 随时间 t 变化的指数增长规律 [3]:

当 $I_A(L, t) < I_A(L, \infty)$ 时, 振荡建立过程

$$I_A(L, t) = I_A(L, 0) e^{2t/\tau_0} \quad (2)$$

当 $I_A(L, t) > I_A(L, \infty)$ 时, 达到振荡饱和, 则

$$I_A(L, t) = I_A(L, \infty) = \frac{I_p(0, t)}{P} \cdot \frac{Pe^{(I'-\alpha)L} - 1}{e^{I'L} - Pe^{(I'-\alpha)L}} \quad (3)$$

其中 τ_0 是表征线型腔谐振建立过程的时间常数。

对于线型腔而言, 谐振光 I_A 中包含了传播方向相反的两束光 I_A 和 I'_A , 则 $I_A = I_A + I'_A$, 可近似认为 $I_A = I'_A = I_A/2$, 在实验中测到的谐振光是从镜 M_2 透射出来的光 I_{AC} , 则有

$$I_{AC} = T_2 I'_A \quad (4)$$

图 2(a) 给出了在不同入射光的强度下, 线型腔内谐振光随时间变化的建立过程, 由图可见, 经过一段延迟时间, 谐振光才指数增长, 并达到较稳定的饱和值, 谐振光对微小振动或干扰极为敏感, 加上固有的自脉动, 加剧了不稳定现象 [4]。

线型腔内形成的谐振光亦可看作简并四波混频过程的两束相对传播的泵浦光, 因此, 沿入射光的反方向会产生相位共轭光 I_{PC} , 图 2(b) 画出了共轭光随时间变化的建立过程, 有和谐振光相似的规律, 但有一个迟后时间, 表明共轭光的建立在谐振光之后。图 3 分别给出谐振光与共轭光和入射光的关系, 两者都呈现了相同斜率的线性关系, 实验测得谐振光与入射光的比值为

$$(I_A/I_p)_{\text{exp.}} \approx 0.4 \sim 0.5$$

和由公式(3)求得的计算值:

$$(I_A/I_p)_{\text{cal.}} \approx 0.4$$

基本相符, 在计算中我们用了 $I'_A = I_A/2$ 近似和线型腔的透过率 $P = 0.28$, 相位共轭反射率 R_c

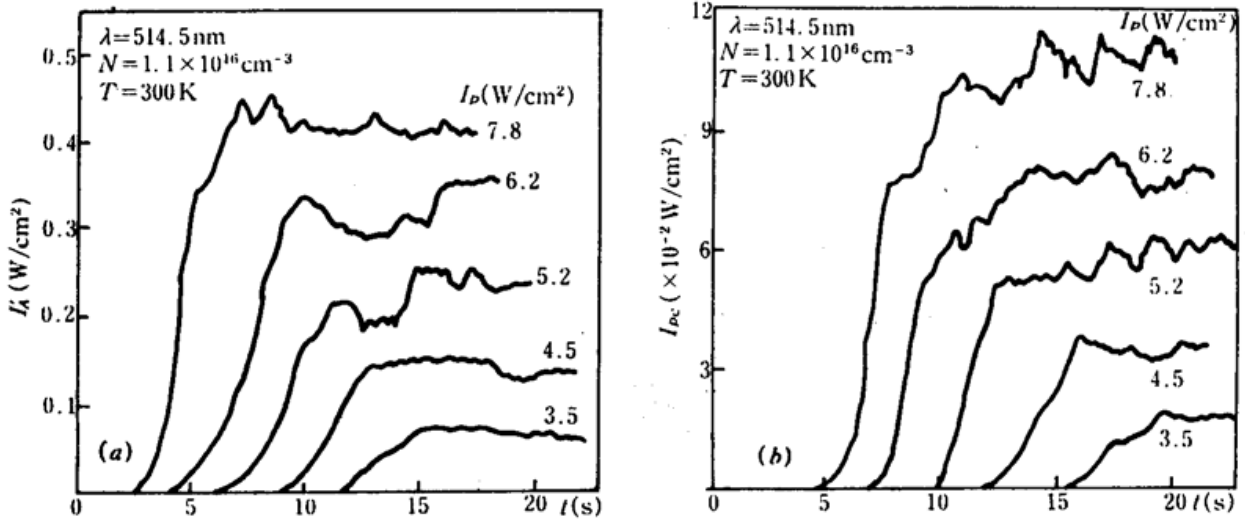


Fig. 2

(a) Build-up process of oscillate light I_A for $\text{KNbO}_3 : \text{Fe}$ linear resonator

(b) Built-up process of phase conjugate light I_{PC} for $\text{KNbO}_3 : \text{Fe}$ linear resonator

$= I_{PC}/I_P$, 它与入射光的关系如图 4 所示, 随入射光的增强呈线性上升的趋势, 在我们入射光条

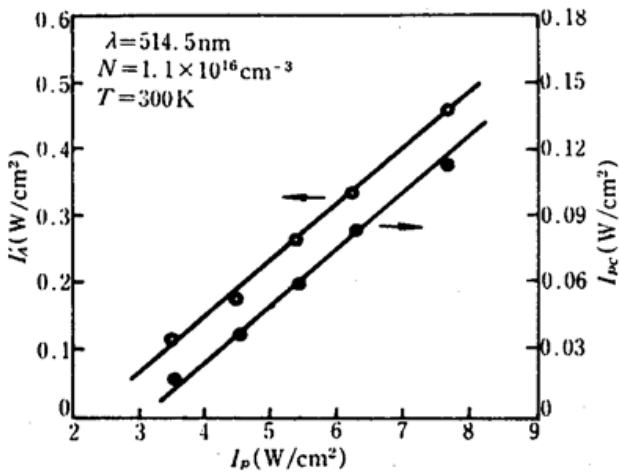


Fig. 3 Oscillating intensity I_A and phase conjugate light I_{PC} versus incident light I_P .

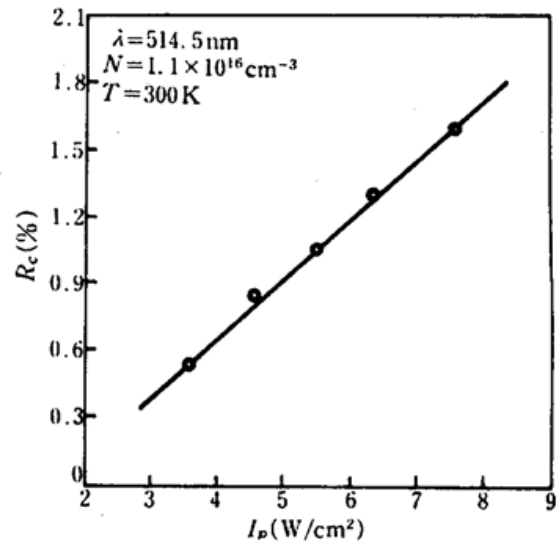


Fig. 4 Phase conjugate reflectivity R_C versus incident light I_P .

件下没有出现饱和现象。最大值仅为 $R_C = 1.6\%$, 效率很低, 这与实验中反馈镜的损耗大有关。图 5 给出了谐振光建立时间常数 τ_0 与共轭光建立时间常数 τ_c 和入射光 I_P 的关系, 两者与入射光的乘积均为常量, 分别为

$$\tau_0 \cdot I_P = 53 \text{ (W/cm}^2\text{)} \cdot S$$

和

$$\tau_c \cdot I_P = 78 \text{ (W/cm}^2\text{)} \cdot S$$

显然时间常数和光折变 $\text{KNbO}_3 : \text{Fe}$ 晶体的性能, 实验装置中的几何配置和损耗等因素有关。

本工作得到张合义、何雪华和让庆澜等同志的帮助, 作者在些表示衷心的感谢。

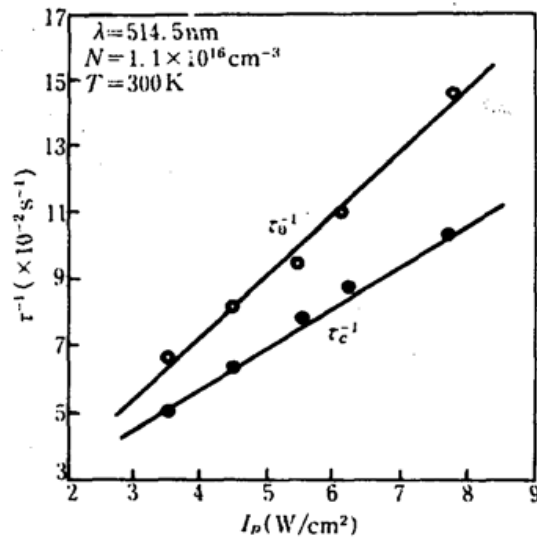


Fig. 5 Characteristic time constants τ_0 and τ_c versus incident light I_p

参 考 文 献

- 1 王威礼 *et al.*, 发光学报, 12, 12(1991)
- 2 G. Pauliat, P. Gunter, *Opt. Commun.*, **66**, 329(1988)
- 3 G. Pauliat *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **25**, 201(1989)
- 4 P. Gunter *et al.*, *Opt. Commun.*, **55**, 210(1985)