

碱性品红光致聚合物薄膜的光致光衍射

马 晨[†] 张保民 张 立 马玉峰 赵维富

(中国电子科技集团公司第三十三研究所第七研究室, 太原 030006)

(2009 年 10 月 15 日收到; 2009 年 12 月 30 日收到修改稿)

本文研究了全息存储实验中以波长 532 nm 的半导体激光器作为记录和读出光源, 碱性品红作为光敏剂的丙烯酸酯基光致聚合物薄膜的光致光衍射现象. 它可以考虑为透过全息干涉条纹的原始入射光和反射光, 与来自光聚物中未曝光的不均匀表面和内部的散射光四波混频的结果. 根据简并四波混频理论中的位相匹配条件对双光束全息写入时产生的衍射光锥, 以及单光束辐照复现时产生的衍射光锥现象分别做出了理论解释; 并且利用全息散射理论结合三角学知识对入射光的入射角与衍射光锥的锥角的依赖关系进行了深入讨论.

关键词: 全息, 光致聚合物, 衍射光锥, 碱性品红

PACC: 4270J, 4270G, 4255P, 4240F

1. 引 言

近十年来, 使用激光束照射某些光折变晶体, 诸如 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ 晶体、 BaTiO_3 晶体、 $\text{KNSBN}:\text{Cu}$ 晶体等从而产生的光致光衍射现象, 引起了一些研究人员的重视, 对此现象和机理进行了探讨和研究^[1-3]. 一般认为这一现象源于晶体缺陷所致的散射光与主光束相干形成的体位相光栅所致. Magnusson 和 Gaylord 在双光束全息实验中观察到存储于 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ 晶体中的体位相光栅, 经再现光的辐照可以产生衍射光锥现象^[4]. 继 Magnusson 发现此现象后, 我国科研人员也陆续加入了光折变晶体光衍射现象的研究热潮中. 南开大学、福建师范大学、中科院上海硅酸盐研究所等科研院所也相继对无机光折变晶体的衍射光锥现象进行了报道^[5-10]. Moran 和 Kaminow 使用高功率紫外激光对光致聚合物中的聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 进行双光束曝光, 观察到了“双环”衍射现象^[11]. 最近 Suzuki 和 Tomita 在 SiO_2 纳米粒子均匀分散的甲基丙烯酸酯光致聚合物中实行全息存储实验过程中, 也观察到了衍射光锥现象^[12]. 但在国内外关于丙烯酸酯基光致聚合物全息存储实验中产生的衍射光锥的现象却鲜有报道. 我们在以碱性品红 (fuchsin basic) 作为光敏剂的丙烯酸酯基聚合物新材料体系

内, 以波长为 532 nm 的半导体激光器作为记录和读出光源的全息存储实验中, 观察到了衍射光锥现象. 它可以考虑为透过全息干涉条纹的原始入射光和反射光, 与来自光聚物中未曝光的不均匀表面和内部的散射光四波混频的结果. 我们根据简并四波混频理论中的位相匹配条件对此现象分别做出了理论解释^[13,14]; 并且利用全息散射理论结合三角学知识对入射光的入射角与衍射光锥的锥角的依赖关系进行了深入探讨^[15].

2. 实 验

2.1. 材料的制备

取 2g 聚乙烯醇 (PVA, $n = 1750 \pm 50$) 加入一定量去离子水后加热到 85 °C, 用磁力搅拌器搅拌直到形成均匀的透明溶液. 取适量 N, N' -亚甲基双丙烯酸酯 (BAA) 加入去离子水后保持温度 30 °C 搅拌使其完全溶解, 然后加入单体丙烯酸酯 (AA) 搅拌均匀. 再取 5 ml 浓度为 40% 的三乙醇胺 (TEA) 水溶液加入其中. 把制得的单体溶液加入到 PVA 溶液中搅拌均匀, 再将碱性品红 (FB) 溶于去离子水中得到一定浓度的染料溶液, 然后取 1ml 染料溶液加入到上述溶液中, 搅拌制得 30 ml 均匀混合溶液. 取一定量的混合溶液滴涂在 6.0 cm × 6.0 cm 干净玻璃基片

[†] E-mail: machen06@gmail.com

(经去离子水、无水乙醇、丙酮超声清洗)上,室温下在暗室中自然干燥 24—48 h,样品固化后薄膜厚度约为 $150\ \mu\text{m}$.

2.2. 实验所用光路

实验中光路示意图见图 1,图中 H 为按上述制备方法制得的光聚物全息干版,记录与读出光源为波长 $532\ \text{nm}$ 的半导体激光器, I_1, I_2 为全息入射光束(定义 I_1 为参考光, I_2 为物光),入射面垂直于全息干版的 Z 轴,来记录非倾斜光栅. T_1, T_2 为透射光束, R_1, R_2 为入射光束在全息干版的后表面的反射光束.在双光束全息写入曝光过程中,产生四个共顶点于 O 处的衍射光锥,锥角分别为 $\theta_{T_1 T_2}, \theta_{T_1 R_1}, \theta_{R_1 R_2}, \theta_{T_2 R_2}$.挡住物光 I_2 ,以单光束 I_1 复现,产生三个共顶点于 O 处的衍射光锥,锥角分别为 $\theta_{T_1 T_2}, \theta_{T_1 R_1}, \theta_{R_1 I_1}$. M, N 为全息写入时与全息干版 H 平行放置且与入射及反射光线相垂直的两个投影屏.

2.3. 实验的结果

1) 双光束全息写入记录非倾斜光栅时,其 M 投影屏上的衍射光环的产生变化如图 2 所示.我们可以看到在记录过程中,两束透射光束的透明斑点

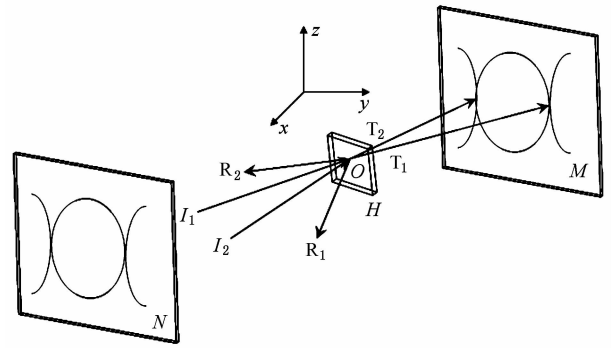


图 1 实验所用光路

随着时间的变化,逐渐形成一个圆环和与该圆环相切的两条对称双曲线.关闭物光 I_2 ,以参考光 I_1 单光束复现,图形如图 3 所示,图的左边亮点为衍射光点,右方为一衍射光环(部分).不难看出,若将右边衍射光环延拓完整,圆环恰好经过左边的衍射光点.从衍射光动态变化的时间来看,完成曝光过程和形成完整的衍射环图形需要约 $50\ \text{s}$,同全息存储实验中较常用的染料亚甲基蓝和赤藓红相比,我们完成碱性品红光聚物的全息曝光时间较长,故可以分析得出,我们制备的光聚物材料的灵敏度较之使用上述两种染料制备的光聚物要低一些^[16, 17].

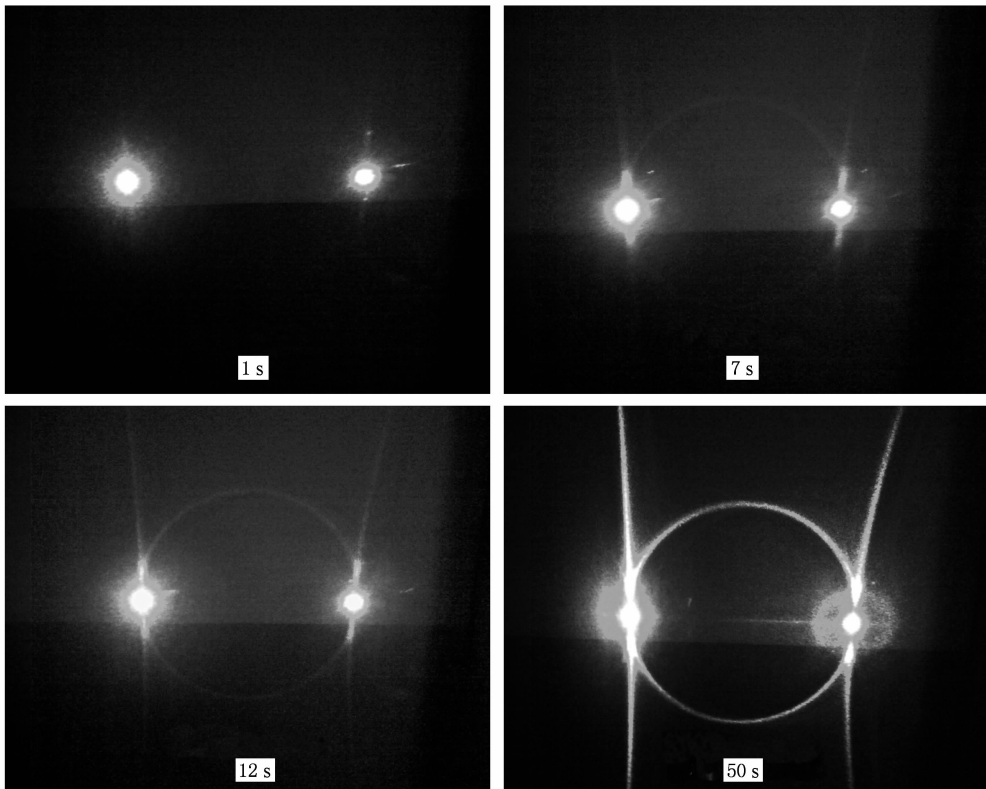


图 2 半导体激光器双光束全息写入随时间变化产生的衍射环

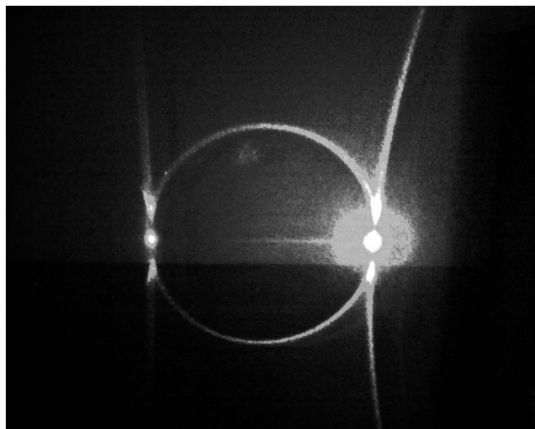


图3 半导体激光器单光束辐照复现时产生的衍射环

2) 若以单光束 I_1 辐照入射, 在 M 投影屏上仅能观察到一个透射光点, 而无衍射环出现; 若在 I_1 辐照时间较短时, 加入 I_2 光后, 屏幕上即出现衍射环及相切的两条双曲线. 若此时再移走 I_1 或 I_2 中一

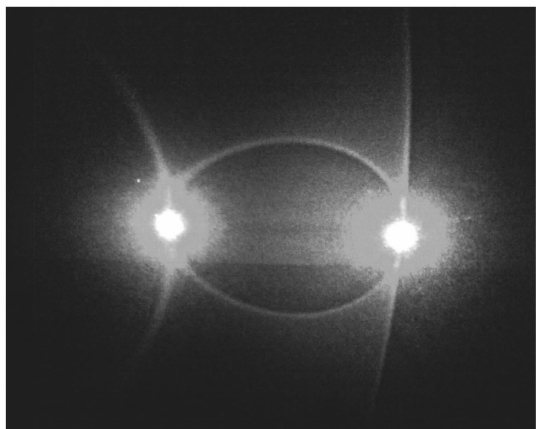
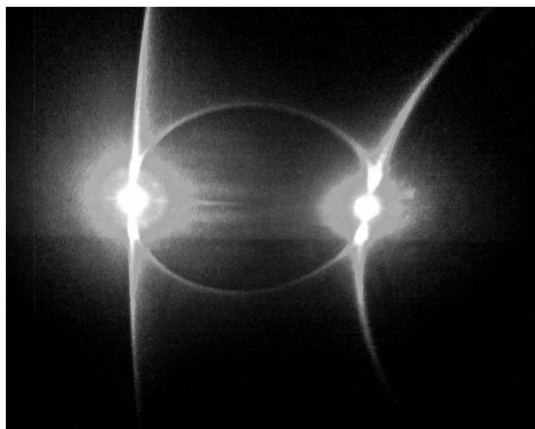


图4 双光束全息写入记录倾斜光栅全息干版法线位于两束光外侧时产生的衍射图形

4) 入射光角度在角度选择性较好的 30° — 60° 范围内逐渐增加, 衍射环的直径逐渐变大, 衍射光环的强度逐渐降低. 从上述实验结果的照片还可以看出, 衍射光环的分布有一个共同的特点: 若衍射光环上某点与薄膜记录点的连线与全息干版的入射光平面的夹角越小, 该点的衍射光强便越大; 若夹角越大, 则衍射光越弱; 事实上, 当夹角趋近于 90° 时, 衍射光强已非常微弱, 在图中可以看出此处光环几乎“断裂”.

5) 光聚物薄膜厚度、所含水分程度对衍射光锥的影响. 在能够实现全息存储的前提下, 薄膜厚度越薄, 同样记录光强下出现衍射环的时间越短, 图

束, 投影屏上图形与先用双光束全息写入, 再移去 I_1, I_2 其中一束光后所产生的衍射图形一致. 若单光束 I_1 辐照时间过长, 则全息干版上光聚物薄膜的此处将会被完全漂白, 产生折射率调制, 此时再加入 I_2 光, 将不再出现衍射环图案, 这与 $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ 等晶体在单光束无论辐照时间多久, 再加入第二束光后所得图形一致有所不同.

3) 双光束全息写入记录倾斜光栅时, 若全息干版的法线仍位于物光与参考光内, 则衍射图像与记录非倾斜光栅的衍射图像一致; 若全息干版的法线位于物光或参考光的一侧, 且物光或参考光与全息干版的掠射角较小, 则衍射图像中的圆环变为不规则椭圆环, 相切于两个透射光斑的曲线的开口方向将由反向变为同向, 衍射图像如图4所示. 因为全息存储过程中为保证图像存储质量及其他全息性能参数最优, 多用非倾斜光栅形式进行曝光存储, 故下面关于衍射光锥的理论讨论前提均为非倾斜光栅记录形式.

形越清晰; 薄膜固化后 24 h 内实验, 衍射环效果明显, 在干燥器中放置一段时间 (3 天以上) 后同等入射光强度下实验, 衍射环出现时间大大加长, 且亮度大幅度下降, 图形比较模糊, 我们认为薄膜中所含水分多少对衍射环的产生有很大影响.

3. 理论解释

对于无机光折变晶体而言, 衍射环是由入射光在晶体内的折射光、折射光在晶体后表面的反射光以及它们的散射光非线性相互作用生成的. 而对于有机光致聚合物, 它可以考虑为透过全息干涉条纹

的原始入射光和反射光,与来自光聚合物中未曝光的不均匀表面和内部的散射光四波混频的结果。

当物光与参考光两束激光射入光致聚合物时,由于光致聚合物表面及内部的缺陷存在而发生散射,散射光与这两束入射光相互干涉形成干涉条纹引起光致聚合物材料的聚合反应,从而产生折射率调制,结果便在光照区形成许多空间频率和取向各不相同的位相光栅。当光照区有一束光或两束光通过时,它能在满足位相匹配条件的那些光栅中发生衍射,从而产生散射光的衍射现象,形成平面截图上的衍射环形状,即三维空间的衍射光锥图形。

3.1. 双光束全息写入时的衍射光锥

设 \mathbf{K}_{I_1} 和 \mathbf{K}_{I_2} 表示两入射光 I_1 和 I_2 的波矢,其波矢和为 $\mathbf{K}_I (\mathbf{K}_I = \mathbf{K}_{I_1} + \mathbf{K}_{I_2})$ 当这两束记录光在薄膜上相互曝光干涉作用后,曝光区域则会形成光栅矢量为 $\mathbf{K}_{I_{12}} (\mathbf{K}_{I_{12}} = \mathbf{K}_{I_1} - \mathbf{K}_{I_2})$ 的折射率调制光栅; \mathbf{K}_{R_1} 和 \mathbf{K}_{R_2} 表示 I_1 和 I_2 两入射光在 O 点区域的反射光的波矢,其反射光波矢和为 $\mathbf{K}_R (\mathbf{K}_R = \mathbf{K}_{R_1} + \mathbf{K}_{R_2})$; \mathbf{K}_{S_1} 和 \mathbf{K}_{S_2} 表示两入射光束的散射光的波矢,其散射光波矢和为 $\mathbf{K}_S (\mathbf{K}_S = \mathbf{K}_{S_1} + \mathbf{K}_{S_2})$; \mathbf{K}_D 表示由 \mathbf{K}_{I_1} 和 \mathbf{K}_{I_2} 两束入射光记录完毕后相互复现时产生的总衍射光的波矢。

当使用两束相干光对光聚物薄膜进行全息曝光记录结束后,可将两束入射光 I_1 和 I_2 分别看作是关闭 I_2 光 I_1 光辐照复现,和关闭 I_1 光 I_2 光辐照复现的线性叠加。则上述波矢满足的位相匹配条件为 $\mathbf{K}_D = \mathbf{K}_{I_1} + \mathbf{K}_{I_2} - \mathbf{K}_{R_1} - \mathbf{K}_{R_2} + \mathbf{K}_{S_1} + \mathbf{K}_{S_2} + \mathbf{K}_{I_1} - \mathbf{K}_{I_2}$ 即

$$\mathbf{K}_D = \mathbf{K}_I - \mathbf{K}_R + \mathbf{K}_S + \mathbf{K}_{I_{12}}, \quad (1)$$

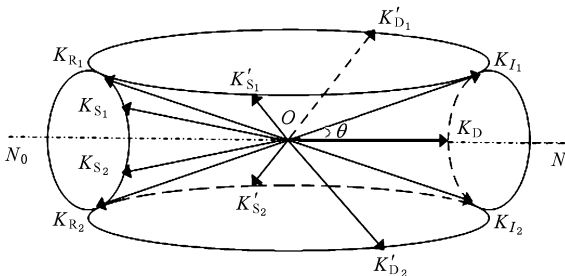


图5 满足双光束全息写入的位相匹配条件的波矢图

$$\begin{aligned} \mathbf{K}_{S_1} + \mathbf{K}_{S_2} &= \mathbf{K}_{R_1} + \mathbf{K}_{R_2} - \mathbf{K}_{I_1} - \mathbf{K}_{I_2} \\ &+ \mathbf{K}_D - \mathbf{K}_{I_1} + \mathbf{K}_{I_2}, \end{aligned}$$

或

$$\mathbf{K}_S = \mathbf{K}_R - \mathbf{K}_I + \mathbf{K}_D - \mathbf{K}_{I_{12}}. \quad (2)$$

(1)式表示由反射光 $\mathbf{K}_R (\mathbf{K}_R = \mathbf{K}_{R_1} + \mathbf{K}_{R_2})$ 和散射光 $\mathbf{K}_S (\mathbf{K}_S = \mathbf{K}_{S_1} + \mathbf{K}_{S_2})$ 相干涉形成的波矢为 $(\mathbf{K}_S - \mathbf{K}_R)$ 的光栅以及由两束入射光 \mathbf{K}_{I_1} 与 \mathbf{K}_{I_2} 形成的波矢为 $\mathbf{K}_{I_{12}}$ 的光栅,用两入射光即复现光 $\mathbf{K}_I (\mathbf{K}_I = \mathbf{K}_{I_1} + \mathbf{K}_{I_2})$ 读出,得到衍射光 \mathbf{K}_D 。

(2)式表示用反射光 $\mathbf{K}_R (\mathbf{K}_R = \mathbf{K}_{R_1} + \mathbf{K}_{R_2})$ 去读出入射光 $\mathbf{K}_I (\mathbf{K}_I = \mathbf{K}_{I_1} + \mathbf{K}_{I_2})$ 和散射光 \mathbf{K}_D 形成的波矢为 $(\mathbf{K}_D - \mathbf{K}_I)$ 以及两入射光形成的波矢为 $\mathbf{K}_{I_{12}}$ 的光栅,得到衍射光 $\mathbf{K}_S (\mathbf{K}_S = \mathbf{K}_{S_1} + \mathbf{K}_{S_2})$ 。

显然,满足上述位相匹配条件的所有衍射光 \mathbf{K}_S 和 \mathbf{K}_D ,分别构成顶点在光照区 O ,以法线 N_0N 为轴,顶角为 2θ 的前向与后向衍射光锥。

如果用 \mathbf{K}'_{S_1} (或 \mathbf{K}'_{D_1}) 和 \mathbf{K}'_{D_2} (或 \mathbf{K}'_{S_2}) 分别表示法线 N_0N 两侧侧向的散射光和衍射光。那么侧向位相匹配条件可以写成

$$\mathbf{K}'_{D_1} = \mathbf{K}'_{I_1} + \mathbf{K}_{R_1} - \mathbf{K}'_{S_1}, \quad (3)$$

或

$$\mathbf{K}'_{S_1} = \mathbf{K}'_{I_1} + \mathbf{K}_{R_1} - \mathbf{K}'_{D_1}, \quad (4)$$

$$\mathbf{K}'_{D_2} = \mathbf{K}'_{I_2} + \mathbf{K}_{R_2} - \mathbf{K}'_{S_2}, \quad (5)$$

或

$$\mathbf{K}'_{S_2} = \mathbf{K}'_{I_2} + \mathbf{K}_{R_2} - \mathbf{K}'_{D_2}. \quad (6)$$

从(3)式可以看出,衍射光 \mathbf{K}'_{D_1} 由两部分组成:一部分来自 \mathbf{K}'_{I_1} 读出的 \mathbf{K}_R 与 \mathbf{K}'_{S_1} 相互干涉形成的光栅;另一部分来自 \mathbf{K}_R 读出的 \mathbf{K}'_{I_1} 与 \mathbf{K}'_{S_1} 相干涉形成的光栅。同理,对衍射光 \mathbf{K}'_{S_1} , \mathbf{K}'_{D_2} , \mathbf{K}'_{S_2} 也可由(4), (5), (6)式做出相似解释。于是满足(3), (4), (5), (6)式的所有衍射光 \mathbf{K}'_{S_1} , \mathbf{K}'_{D_1} 和 \mathbf{K}'_{S_2} , \mathbf{K}'_{D_2} 便构成以 O 点为顶点,以 \mathbf{K}_{I_1} 和 \mathbf{K}_{R_1} 的夹角与 \mathbf{K}_{I_2} 和 \mathbf{K}_{R_2} 的夹角平分线为轴, $(180^\circ - 2\theta)$ 为顶角的双侧向衍射光锥。见图2中第四幅图片,为投影屏 M 与前向衍射光锥相截的结果。

3.2. 单光束辐照复现时的衍射光锥

设 \mathbf{K}_I , \mathbf{K}_{R_1} , \mathbf{K}_{S_1} (或 \mathbf{K}_{D_1}) 以及 \mathbf{K}_{D_1} (或 \mathbf{K}_{S_1}) 分别表示入射光束 I_1 (或复现光束) 的反射光束,散射光束以及衍射光束的波矢。 \mathbf{K}_{I_1} 与 \mathbf{K}_{I_2} 两入射光波矢产生的折射率调制光栅矢量为 $\mathbf{K}_{I_{12}} (\mathbf{K}_{I_{12}} = \mathbf{K}_{I_1} - \mathbf{K}_{I_2})$ 。当关闭 I_2 入射光,以 I_1 入射光 \mathbf{K}_{I_1} 复现时,则上述波矢满足的位相匹配条件为

$$\mathbf{K}_{D_1} = \mathbf{K}_{I_1} - \mathbf{K}_{R_1} + \mathbf{K}_{S_1} + \mathbf{K}_{I_{12}}, \quad (7)$$

或

$$\mathbf{K}_{S_1} = \mathbf{K}_{R_1} - \mathbf{K}_{I_1} + \mathbf{K}_{D_1} - \mathbf{K}_{I_2}. \quad (8)$$

同理, (7), (8) 式的 \mathbf{K}_{D_1} 和 \mathbf{K}_{S_1} 可类同于 (1), (2) 式做出相应解释.

显然, 满足上述位相匹配条件的所有衍射光 \mathbf{K}_{S_1} 和 \mathbf{K}_{D_1} , 分别构成顶点在光照区 O , 以法线 N_0N 为轴, 顶角为 2θ 的前向与后向衍射光锥.

如果用 \mathbf{K}'_{S_1} (或 \mathbf{K}'_{D_1}) 和 \mathbf{K}'_{D_1} (或 \mathbf{K}'_{S_1}) 分别表示侧向的散射光和衍射光. 那么侧向位相匹配条件可以写成

$$\mathbf{K}'_{D_1} = \mathbf{K}_{I_1} + \mathbf{K}_{R_1} - \mathbf{K}'_{S_1}, \quad (9)$$

或

$$\mathbf{K}'_{S_1} = \mathbf{K}_{I_1} + \mathbf{K}_{R_1} - \mathbf{K}'_{D_1}. \quad (10)$$

同理, (9), (10) 式的侧向衍射光 \mathbf{K}'_{D_1} 和 \mathbf{K}'_{S_1} 可类同于 (3) 式做出相应解释. 于是满足 (9), (10) 式的所有衍射光 \mathbf{K}'_{S_1} 和 \mathbf{K}'_{D_1} 便构成以 O 点为顶点, 以 \mathbf{K}_{I_1} 和 \mathbf{K}_{R_1} 的夹角平分线为轴, $(180^\circ - 2\theta)$ 为顶角的单侧向衍射光锥, 见图 6. 不难看出, 图 3 即为投影屏 M 与前向衍射光锥相截的结果.

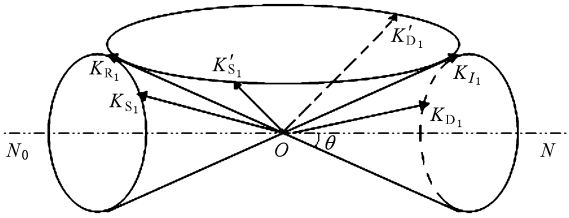


图 6 满足单光束 I_1 辐照复现位相匹配条件的波矢图

3.3. 入射角与衍射光锥锥角的依赖关系

一般来说, 任何违反布拉格条件的角度和波长的改变都会导致衍射效率的下降, 为获得特定波长情况下较好的衍射效率, 我们应在全息记录时保证较好的角度选择性. 当两束写入光的夹角非常小时, 相应的角度选择性很差; 若不考虑介质折射的因素, 入射角越大, 选择角越小, 相应的角度选择性越好; 由于介质折射的因素均不可避免的会在全息写入过程中发生, 故入射角过大时选择角反而会变大, 导致角度选择性变差. 实际的全息存储过程中, 对所有全息图均会采用固定的角度间隔, 这就决定了入射角的差别不能太大, 一般在 30° — 60° 范围内选择.

由图 5 可知, 设 ϕ 为衍射光锥锥角, 其中 ϕ_1 为 \mathbf{K}_{I_1} 和 \mathbf{K}_{I_2} 构成的衍射光锥锥角; ϕ_2 为 \mathbf{K}_{R_1} 和 \mathbf{K}_{R_2} 所对应的锥角; 同理, ϕ_3 为 \mathbf{K}_{I_1} 和 \mathbf{K}_{R_1} 构成的衍射光锥锥

角; ϕ_4 为 \mathbf{K}_{I_2} 和 \mathbf{K}_{R_2} 对应的锥角; α 表示入射光的入射角, λ_w 表示写入激光波长, λ_r 为复现激光波长.

由三角学知识, 衍射光锥锥角 ϕ 与入射角 α 的依赖关系可由下式表示:

$$\phi = 2\arctan[(\sin\alpha)/(\cos\alpha \pm \lambda_w/\lambda_r)], \quad (11)$$

式中的正号表示平行于法线衍射光锥像, 而负号表示侧向衍射光锥像, 因角度有方向性, 故为便于讨论所有角度均取绝对值.

故双光束全息写入入射角与衍射光锥锥角关系可表示为

$$|\phi_1, \phi_2| = 2\tan^{-1}[(\sin\alpha)/(\cos\alpha + \lambda_w/\lambda_r)], \quad (12)$$

$$|\phi_3, \phi_4| = 2\tan^{-1}[(\sin\alpha)/(\cos\alpha - \lambda_w/\lambda_r)]. \quad (13)$$

而单光束辐照复现入射角与衍射光锥锥角关系表示为

$$|\phi_1, \phi_2| = 2\tan^{-1}[(\sin\alpha)/(\cos\alpha + \lambda_w/\lambda_r)] \quad (14)$$

$$|\phi_3| = 2\tan^{-1}[(\sin\alpha)/(\cos\alpha - \lambda_w/\lambda_r)]. \quad (15)$$

在本文中写入波长 λ_w 与复现波长 λ_r 相等均为 532 nm . 因此方程式 (12), (13) 与 (14), (15) 中入射角与衍射光锥锥角的关系可由图 7 表示.

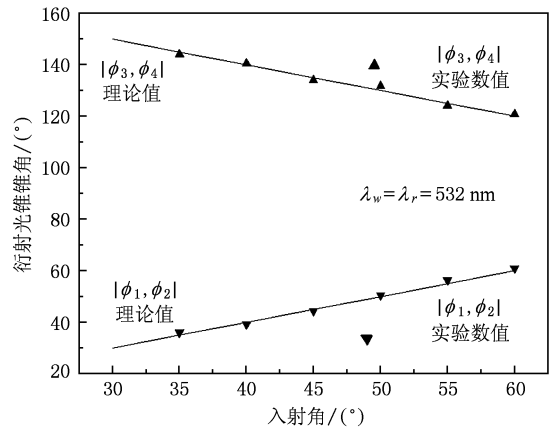


图 7 入射角与衍射光锥锥角的依赖关系

由图 7 可见, 经我们实验测得的数值与预期的理论值符合得很好.

4. 结 论

在我们制备的以碱性品红染料为光敏剂的丙烯酸胺基光致聚合物进行全息存储实验过程中, 发

现了衍射光锥现象. 我们认为衍射光锥的产生是由于透过光致聚合物薄膜的全息干涉条纹的原始入射光和反射光, 与来自光聚物中未曝光的不均匀表面和内部的散射光四波混频的结果. 通过实验证实, 在能够实现全息存储的前提下, 薄膜厚度越薄, 同样记录光强下出现衍射环的时间越短, 图形越清晰; 在干燥器中放置一段时间(3 天以上)后同等入射光强度下实验, 衍射环出现时间大大加长, 且亮度大幅度下降, 图形比较模糊, 我们认为薄膜中所含水分的多少对衍射环的产生有很大影响. 我们根据简并四波混频理论中的位相匹配条件对双光束全息写入时产生的衍射光锥, 以及单光束辐照复现

时产生的衍射光锥现象分别做出了理论解释; 并且利用全息散射理论结合三角学知识对入射光的入射角与衍射光锥的锥角的依赖关系进行了深入探讨, 实验结果与理论计算符合很好, 表明我们解释这种衍射光锥的正确性. 以碱性品红为光敏剂的丙烯酸酯基光致聚合物产生的衍射光锥现象的研究, 将在未来检测光聚物等材料的散射中心方面产生积极的意义.

在此对河南大学的黄明举老师和山西大学的朱建平老师给与的全息实验方面的指导, 以及上海交通大学的刘少华博士提供的资料和探讨表示由衷的谢意.

-
- [1] Phillips W, Amodei J, Staebler D 1972 *RCA Rev.* **33** 94
- [2] Forshaw M 1973 *Opt. Commun.* **8** 201
- [3] Forshaw M 1974 *Appl. Opt.* **13** 2
- [4] Magnusson R, Gaylord T K 1974 *Appl. Opt.* **13** 1545
- [5] Wu Z K, Wang J X, Zhang G Y, Liu S M, Mou C Y, Lv Y B 1987 *Acta Phys. Sin.* **36** 1203 (in Chinese) [吴仲康、王进雄、张光寅、刘思敏、牟崇瀛、吕永彬 1987 物理学报 **36** 1203]
- [6] Qiu Y S, Liu W H, Lv T S, Chen F Z, Xu L Y 1987 *Chin. Jour. Lasers* **15** 345 (in Chinese) [邱怡申、刘文湖、吕团孙、陈方中、徐良瑛 1987 中国激光 **15** 345]
- [7] Liu S M, Zhang G Q, Zhang G Y, Xu J J, Liu J M, Men L Q 1995 *Acta Phys. Sin.* **44** 1035 (in Chinese) [刘思敏、张国权、张光寅、许京军、刘军民、门丽秋 1995 物理学报 **44** 1305]
- [8] Liang J, Zeng L Z 2002 *Acta Phys. Sin.* **51** 2369 (in Chinese) [梁洁、曾令祉 2002 物理学报 **51** 2369]
- [9] Jiang Y Y, Zhou Z X, Li Y, Sun X D, Sun W J, Xu K B, Wan Q Y 1996 *Acta Opt. Sin.* **16** 1259 (in Chinese) [姜永远、周忠祥、李焱、孙秀冬、孙万钧、许克彬、万秋玉 1996 光学学报 **16** 1259]
- [10] Xu J J, Zhang G Y, Liu S M, Men L Q 1994 *Acta Phys. Sin.* **43** 2059 (in Chinese) [许京军、张光寅、刘思敏、门丽秋 1994 物理学报 **43** 2059]
- [11] Moran J, Kaminow I 1973 *Appl. Opt.* **12** 1964
- [12] Suzuki N, Tomita Y 2007 *Appl. Opt.* **46** 6809
- [13] Ye P X, Zhu H N 1985 *Physics* **14** 499 (in Chinese) [叶佩弦、朱化南 1985 物理 **14** 499]
- [14] Ye P X, Zhu H N 1985 *Physics* **14** 561 (in Chinese) [叶佩弦、朱化南 1985 物理 **14** 561]
- [15] Mostafa E, Martin F, Romano R, Theo W, Micro I 2001 *Appl. Phys.* June Part IV
- [16] Huang M J, Yao H W, Chen Z Y, Yu D W, Hou L S, Gan F X 2002 *Acta Phys. Sin.* **51** 2536 (in Chinese) [黄明举、姚华文、陈仲裕、余达文、侯立松、干福熹 2002 物理学报 **51** 2536]
- [17] Huang M J, Wang S L, Wang A R, Gong Q X, Gan F X 2006 *Optik* **117** 231

Optically induced light diffraction in photopolymer of fuchsin basic

Ma Chen[†] Zhang Bao-Min Zhang Li Ma Yu-Feng Zhao Wei-Fu

(The 7th department, 33rd Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Taiyuan 030006, China)

(Received 15 October 2009; revised manuscript received 30 December 2009)

Abstract

In the paper, a holographic storage experiment on laser optically induced light diffraction in acrylamide photopolymer thin film is reported, in which the semiconductor laser of 532nm is used as writing and reading light source, and fuchsin basic is used as sensitizer. The appearance of diffraction rings can readily be explained as being holographic interference fringes formed by the original laser beam and light scattered from internal or surface inhomogeneities in the unexposed photopolymer. According to phase match condition of degenerate four-wave mixing theory, the diffraction cones of double laser beam holographic writing and single laser beam radiative reading are explained separately. The relationship between angle of incidence and diffraction cone angle is deeply studied by using holographic scattering theory with the help of trigonometric functions.

Keywords: holography, photopolymer, diffraction cones, fuchsin basic

PACC: 4270J, 4270G, 4255P, 4240F

[†] E-mail: machen06@gmail.com