

条纹读数则不同, 我们需要事先约定符号。如果约定条纹沿某个方向(例如向右)移动时, 其移动的条纹数取正号, 那么条纹沿相反方向(例如向左)移动时, 移动的条纹数便为负。在判读条纹移动数的整个过程中都必须遵守这一约定。这相当于约定以全息图片中心的观察方向作为记录条纹移动数的“原点”。如果把它与坐标分量的正负号相对照, 上述符号约定是不难理解的。

3. 目前存在的问题

由测定位移的基本公式(1), 我们有:

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta K}{K} + \frac{\Delta \Omega}{\Omega}$$

由于测量空间矢量的分量时, 精度易达到 0.5 mm, 而这些分量本身的长度都在 10 cm 以上, 因此

$$\frac{\Delta K}{K} \approx 5\%$$

但条纹移动数的判读, 在我们目前的实验条件下是用肉眼直接估计, 其分辨率大约为 0.3 条, 而在两个观察方向之间的条纹移动数大约有 3~10 条。因此

$$\frac{\Delta \Omega}{\Omega} \left(\text{或} \frac{\Delta N}{N} \right) \approx 10\%$$

比前者低一个量级。由此可见, 欲提高测量精度, 必须提高对条纹移动数的测量精度。这就需要制作条纹读数仪。根据文献报道, 应用现代实验技术, 条纹测量精度提高到 1% 的量级是不成问题的, 这就为进一步提高测量精度找到了途径。

参 考 文 献

- [1] R. J. Pryputniewicz; 《国外激光》, 1982, No. 12.
- [2] P. Greguss; 《国外激光》, 1978, No. 5.
- [3] 王仕璠, 刘福祥; 《成都电讯工程学院学报》, 1984, No. 2.
- [4] 詹淑仪等; 全国第二届口腔科学学术讨论会报告, 1984年5月.
- [5] 王仕璠, 刘福祥; 《成都电讯工程学院学报》, 1985, No. 1.

(成都电讯工程学院物理系 王仕璠
1984年10月30日收稿)

关于平面全息图反射波再现像的亮度

Abstract: The ratio between the brightness of reconstructed images of the reflected and transmitting waves depends on the intensity ratio of the two waves. This paper studies the relationship between the mentioned ratio and the energy reflectivity on the reflecting plane. It is proved that if the given energy reflectivity is a little higher than 20%, the brightnesses of the two kinds of images will be nearly equal to each other.

对于一般透射式平面全息图, 如果在制作过程中使用的参考光是球面波(或平面波), 当它受到球面波(或平面波)照射时, 透过全息图的光波将形成原被摄物体的一个原始像和一个共轭像^[1]。实验证明, 被全息图反射的光波也形成物体的两个像^[2,3], 它们与前两个像对于全息图平面对称。这一点可以简单地用反射定律加以解释。

对于一般玻璃片基而言, 光能的反射率远低于透射率, 所以应当自然地认为反射波再现像的亮度远低于透射波再现像。但在实验中并未明显地观察到这一现象。下面我们就从理论方面对反射波再现像的相对亮度加以研究。

无论光亮度还是主观亮度都与这一光源的发光

强度成正比, 发光强度又与由这一光源所引起的各处的光强度(光照度)成正比^[4]。所以我们只需研究反射的成像光波与透射的成像光波之间的强度比就行了。

如图 1, 设感光介质层很薄, 并紧贴于玻璃片基的左表面上。可以认为全息图平面 $M'N'$ 与片基左表面 MN 之间的距离接近于零, 但两者又不完全重合。至于片基右表面的作用, 我们暂不考虑。也不考虑玻璃表面对光线的折射作用。

设 S 为再现用照明光源, 考虑两条光线 SA 和 SB , AC 和 BD 为未经全息图衍射的光线。 AE 和 BF 为经全息图衍射后的光线, 它们在 I 处形成物点的一个虚像。 AC' 和 BD' 分别为光线 AC 和 BD 由

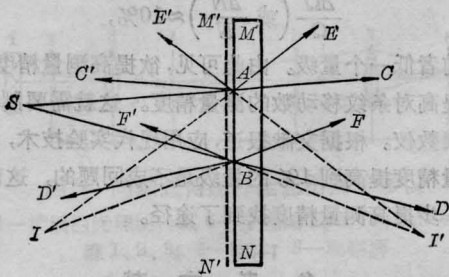


图 1

表面 MN 反射回来的光线, 它们不成像。 AE' 和 BF' 分别为光线 AE 和 AF 由表面 MN 反射回来的光线, 它们在 I' 处也形成物点的一个虚像。虚像 I 和 I' 的亮度之比就等于 AE 和 AE' 上或 BF 和 BF' 上对应点处的光强度之比 (不考虑其他光线的影响)。实像的情况也一样。

我们假设在反射面 MN 处能量没有损失, 如果能量反射率为 γ , 则能量透射率就是 $1-\gamma$ 。由于光能量 (正比于光强度) 与光波振幅的平方成正比, 所以在平面 MN 处光波振幅的反射率和透射率分别为 $\sqrt{\gamma}$ 和 $\sqrt{1-\gamma}$ 。

为清楚起见, 我们把点 A 附近的区域夸大画成图 2 的样子, 光线在介质中面 $M'N'$ 处发生衍射现象, 在片基左表面 MN 处发生反射现象。用符号 I_0 表示在点 A_0 的 S 侧处的光强度, 用 I_{01} 表示在 A_0 的 A_1 侧处的光强度, 依此类推。考虑光线 SA_0 , 虽然同一光线沿途各点处的光强度是不同的, 但由于平面 $M'N'$ 和 MN 非常接近, 故可认为在这两平面间光强度没有变化。设

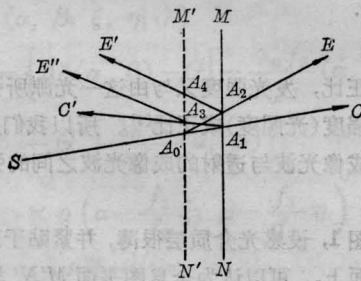


图 2

$$I_{01} = k_1 I_0, \quad I_{02} = k_2 I_0 \quad (1)$$

其中

$$0 < k_2 < k_1 < k_1 + k_2 < 1 \quad (2)$$

则

$$I_{10} = I_{01}, \quad I_{20} = I_{02} \quad (3)$$

如前所述, 在平面 MN 处的能量透射率为 $1-\gamma$ 。利用式(1)和(3)便得

$$I_{2B} = (1-\gamma)I_{20} = (1-\gamma)I_{02} = (1-\gamma)k_2 I_0 \quad (4)$$

在点 E 处的光强度可写作

$$I_E = \theta I_{2B} = (1-\gamma)\theta k_2 I_0 \quad (0 < \theta < 1) \quad (5)$$

其中 θ 是光波由 A_2 传播到 E 时能量的衰减系数。 E' 处的光强度则为

$$I_{E'} = \theta I_{4E'} = \theta k_1 I_{42} = \theta k_1 I_{24} = \theta k_1 \gamma I_{20} = \theta k_1 \gamma I_{02} \\ = \theta k_1 \gamma k_2 I_0 \quad (6)$$

式中的 k_1 与(1)中的 k_1 相同, 这是因为当两平面 $M'N'$ 和 MN 无限接近时, A_4 和 A_0 实际上成了一个点。(6)和(5)中用了同一个 θ , 这是因为 A_4 和 A_2 几乎是同一点, 距离 A_2E 和 A_2E' 相等, 而且透射光波和反射光波除了强度不同之外, 其他性质完全相同。

现在看一下 E'' 处的光强度 $I_{E''}$, 因同样的理由

$$I_{E''} = \theta I_{3E''} = \theta k_2 I_{31} = \theta k_2 I_{13} = \theta k_2 \gamma I_{10} \\ = \theta k_2 \gamma I_{01} = \theta k_2 \gamma k_1 I_0 \quad (7)$$

如果用 a 表示光波振幅, 足标用法同前, 并将光强度和振幅平方间的比例系数取作 1, 由式(5)、(6)、(7)得

$$a_E = \sqrt{(1-\gamma)\theta k_2 I_0} = \sqrt{(1-\gamma)\theta k_2} a_{0s} \quad (8)$$

$$a_{E'} = \sqrt{\theta k_1 k_2 \gamma} a_{0s} \quad (9)$$

$$a_{E''} = \sqrt{\theta k_1 k_2 \gamma} a_{0s} = a_{E'} \quad (10)$$

由于 $M'N'$ 和 MN 非常接近, 故 E' 和 E'' 实际上几乎重叠在一起, 因而在 E' 和 E'' 之间不存在光波相位差。把 E' 和 E'' 看作同一点, 光线 A_2E' 和 A_3E'' 将发生干涉, E' 处的光波振幅为

$$a'_E = a_{E'} + a_{E''} = 2\sqrt{\theta k_1 k_2 \gamma} a_{0s} \quad (11)$$

光强度为

$$I'_E = a'^2_E = 4\theta k_1 k_2 \gamma I_0 \quad (12)$$

由(5)和(12), E 和 E' 处的光强度之比为

$$K = \frac{I'_E}{I_E} = \frac{4k_1 \gamma}{1-\gamma} \quad (13)$$

上面只讨论了一条光线 SA_0 (严格说来, 应为其附近的一小束光) 所产生的效果, 但其结果与选哪条光线是无关的, 即全体成像光线对 E 和 E' 处光强度的贡献之比也是 K 。 K 不仅与光线无关, 与 E 和 E' 是哪一对对应点也无关, 所以 K 就是在对应点 E 和 E' (可以任意) 处 (图 1) 分别观察像 I 和 I' 时所感到的主观亮度之比。

方程(13)表明了像的亮度比和能量反射率之间的关系。对于同一全息图的同一部位 (视线通过处) k_1 是常数。对于不同的 k_1 , K 和 γ 的关系见图 3。

若取 $k_1 = 0.9$, $K = 1$, 可解出 γ 为 0.204, 即只要能量反射率略大于 20%, 反射波再现像的亮度就

光变暗 (下转第 671 页)

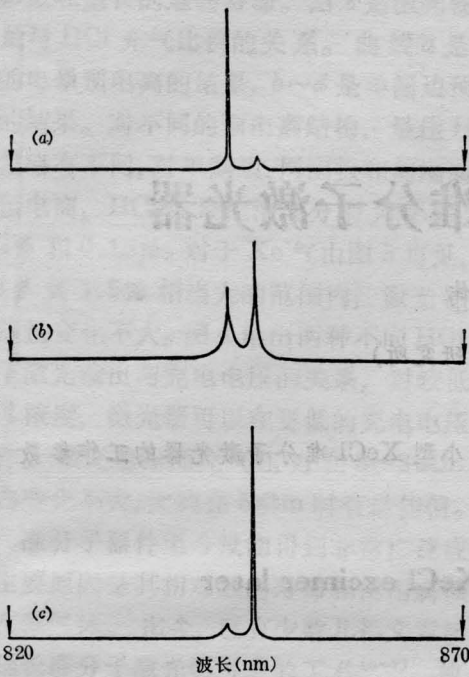


图6 一个双频交替振荡的布儒斯特角二极管激光器在不同时刻的输出谱

事实上,我们对一只零度角的二极管激光器亦进行了检验。在加单面外腔反射的情况下,也测到了双频振荡,这两个输出波长的间距也接近 3.1 nm,结果示于图 7。附带说一句,在该图中,左边的双模还给出了孤立半

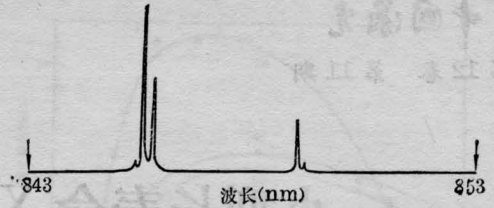


图7 一个运行在有单面外腔反馈情况下的二极管激光器的双频振荡谱

导体激光器内腔模式的间距 $\Delta\lambda \sim 0.18 \text{ nm}$ 。作者谨向提供了帮助的 Dr. W. Sibbett 和 Dr. J. I. Vukusic 表示感谢,并向提供实验中使用的二极管的英国 STL 公司表示谢意。

参 考 文 献

- [1] R. Ludeke *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1972, **21**, No. 12, 499.
- [2] M. W. Fleming, A. Mooradian; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1981, **QE-17**, No. 1, 44.
- [3] S. Kobayashi, T. Kimura; *Electron. Lett.*, 1980, **16**, No. 6, 230.
- [4] J. Chen, Ph. D. Thesis; Univ. of London, 1984, 223.
- [5] 徐承材等;《中国激光》, 1983, **10**, No. 2, 83.
- [6] J. Manning *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1983, **QE-19**, No. 10, 1525.
- [7] G. H. B. Thompson; Private Communication.

(上接第 702 页)

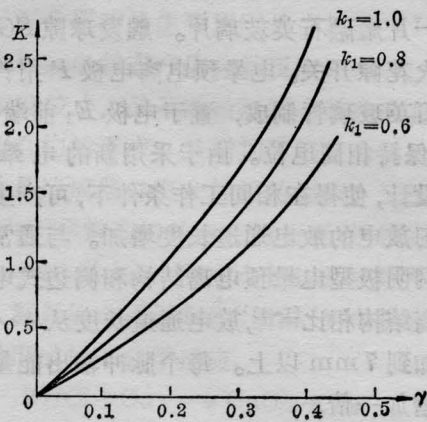


图 3

和透射波再现像相差无几。

至于两次折射和片基右表面的反射作用,只是

稍稍改变了一下光线 A_2E 的位置,并使 E 处的光强度更弱。右表面反射的光线通过平面 $M'N'$ 时还将发生衍射,也能形成虚像,不过其位置离开 I' 稍远些罢了。但就宏观效果而言,它会使 I' 的亮度更强,同时使像有些模糊。这两方面的影响都会使 K 更加提高,这就是看上去反射波再现像也很亮的原因。

参 考 文 献

- [1] H. M. Smith; “全息学原理”, 科学出版社, 1972 年
- [2] 陈怀琳, 秦诚; 《中国激光》, 1983, **10**, No. 12, 861.
- [3] 蔡履中; 《山东大学学报》, 1984, No. 3, 112.
- [4] 母国光, 战元龄; “光学”, 人民教育出版社, 1979, p. 128, 133~134, 145, 195.

(西安交通大学工程力学系 于乃甸
1984 年 9 月 12 日收稿)