

可录光盘 (CD-R) 的优化功率研究*

唐晓东 顾冬红 干福熹

(中国科学院上海光机所 上海 201800)

陈群 潘珂

(深圳市先科数字光盘有限公司 深圳 518029)

提要 采用旋涂工艺制备出了大面积的均匀花菁化合物染料薄膜和以其为记录介质的 CD-R 光盘。通过染料薄膜光谱的分析,发现该染料薄膜在 780 nm 波长处有较大的吸收和较高的反射,多层膜的反射率达到 75%,这符合橙皮书对反射率大于 70% 的要求。通过不同记录功率条件下对 CD-R 光盘的反射率和误码率等性能测试,确定了 CD-R 光盘的优化功率为 7 mW

关键词 光盘存储,旋涂工艺,优化功率

1 引言

光盘存储技术是 70 年代发展起来的一项新型存储技术^[1]。在光盘存储技术的发展过程中,由于光盘存储技术的一系列突出优点^[2],其应用领域不断扩展,在声视、信息存储、软件分配、电子出版、游戏娱乐等方面得到了广泛的应用。目前,光盘技术的产业化进程极为迅速,现已成为光电子行业的主要支柱,1995 年全世界光存储行业的产值超过了 150 亿美元。可录光盘 (CD-R) 是近年来开发得较为成功的光盘产品,它允许用户自行记录文字、声音、图像等信息。目前,CD-R 已成为市场上最为畅销的光盘产品之一,1997 年的销售量突破 2 亿片。

在光存储技术的发展过程中,开发性能优异的光存储材料一直是研究开发的关键和核心,世界上许多著名的大公司,如日本的索尼、东芝、日立、理光,美国的柯达,RCA 和荷兰的飞利浦等均投入了大量的人力和物力进行研究和开发。与最早应用于光存储技术中的无机材料(碲基合金)相比较^[3],有机材料具有以下一系列优越性能:(1) 低的熔化和软化温度;(2) 小的热传导系数;(3) 高的溶解性能;(4) 通过改变有机分子的结构来调整光学和热学性能;(5) 来源广泛,毒性较小^[4]。这使其在光盘存储技术中有着越来越广阔的应用前景,尤其是作为一次写入型光盘存储材料。花菁染料具有强的吸收系数和高的反射率,而且在有机溶剂中溶解性能良好,一直是一次写入型光盘存储介质研究开发的重点^[5,6]。目前,作为一次写入型光盘存储介质,花菁染料已成功地应用在可录光盘 (CD-R) 的研究和生产中。

本文采用自行开发的花菁染料,通过旋涂方法和调整工艺参数,制备出了大面积的均匀有机记录薄膜。在带预刻槽的 CD-R 基片上制备了 5" (可录光盘 (CD-R) 样盘,经过标准的 CD-R 测试仪在不同记录功率条件下对盘片的反射电平和误码率的测试,确定了以该染料为记录介质的 CD-R 光盘的记录功率为 7 mW,符合橙皮书对记录功率为 4 mW~ 8 mW 的要求。

* 上海市科技发展基金资助项目。

2 制样和测试

实验所采用的光存储记录介质为直链类花菁化合物,溶剂采用四氟丙醇(TFP),所用基片分别为双面抛光的K9玻璃(Φ30 mm× 1.2 mm)和带预刻槽的聚碳酸酯(PC)CD-R基片

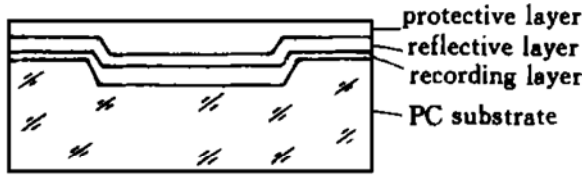


图 1 CD-R光盘的结构示意图

Fig. 1 Schematic structure of a compact disc-recordable (CD-R)

(Φ120 mm× 1.2 mm) 薄膜制备采用旋涂(spin-coating)工艺,旋涂时的温度为 22℃,湿度为 60% RH,采用 GKF-121型匀胶机。CD-R样盘制备采用的是带预刻槽的 PC盘基,首先采用旋涂工艺涂布有机染料薄膜,然后溅射膜厚约为 100 nm的金属反射层(Au),最后再涂敷保护层(Lacquer胶)。CD-R光盘的结构示意图如图 1所示。

薄膜的吸收、反射和透射光谱是在室温和正入射条件下,从 Perkin-Elmer Lambda 9UV/VIS/NIR型光谱仪上测量得到的。光盘性能的优化功率测试是在深圳市先科数字光盘有限公司的 APEX OMMT-500型 CD-R测试仪上完成的。

3 结果和讨论

图 2是花菁染料薄膜的吸收、反射和透过光谱。从图中可看出薄膜在 640 nm和 702 nm处有两个吸收峰,分别为染料多聚体和单体的吸收峰。该染料的单层薄膜在 780 nm处的反射率为 23%,经过多层膜匹配加镀金反射层后,多层膜系的总反射率可达 75%,这完全符合 CD-R光盘标准(橙皮书)对光盘反射率大于 70%的要求。

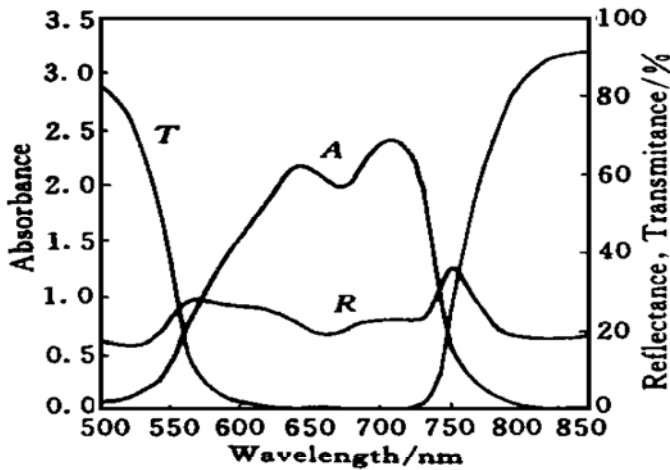


图 2 染料薄膜的吸收(A),反射(R)和透过(T)光谱
Fig. 2 Wavelength dependence of the absorption (A), reflection (R) and transmission (T) of the cyanine thin film

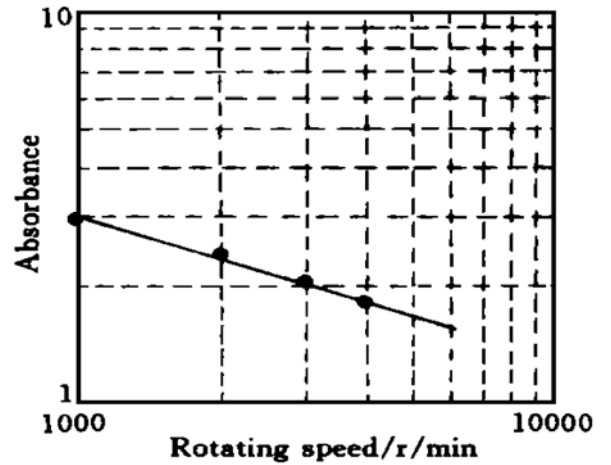


图 3 不同转速下制备的薄膜的吸收变化
Fig. 3 Measured absorbance of the spin-coated cyanine thin film as a function of spin speed

染料薄膜的制备是采用旋涂工艺完成的。图 3为不同旋转速度下制备的薄膜吸收的变化图。根据 Meyhofer的模型和分析^[7],对于粘度不随切变速度变化的牛顿型液体,用旋涂工艺制备薄膜的最终厚度 h_f 和旋涂转速 k 的关系符合

$$\lg h_f = \lg c - \frac{1}{2} \lg k$$

由于薄膜的吸收 A 和厚度 h_f 成正比,从图 3 可以看到 $\lg A$ 和 $\lg k$ 成良好的线性关系且直线的斜率接近 -0.5 ,符合上述关系式。这说明该花菁染料的 TFP 溶液属于牛顿型液体,可以通过旋涂方法制备出大面积的均匀薄膜。图 4 为采用旋涂工艺制备的记录层 CD-R 光盘自中心孔向外不同半径处的预刻槽内反射率 (R_g),台阶上的反射率 (R_l) 和光密度 (Optical Density) 根据反射率的变化来看,从光盘中心 22.5 mm 直至边缘 57.5 mm 反射率的变化是基本不变的,这也说明了采用旋涂工艺制备记录层的 CD-R 光盘薄膜的均匀性是比较好的。

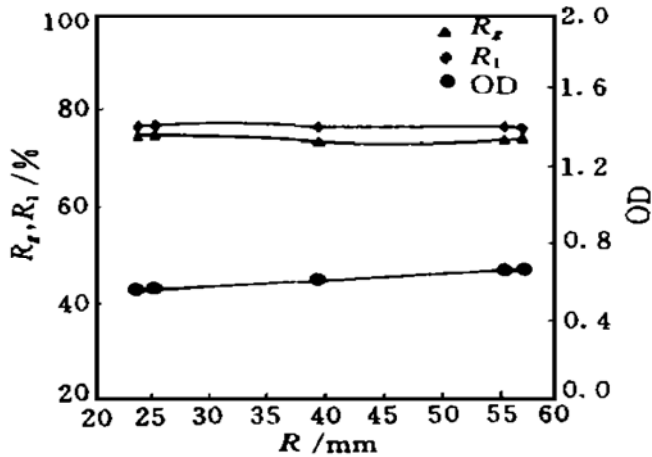


图 4 CD-R 光盘不同半径处的 R_g 和 OD 值

Fig. 4 Reflection in groove (R_g) and on land (R_l), and optical density (OD) at different radius of a CD-R sample

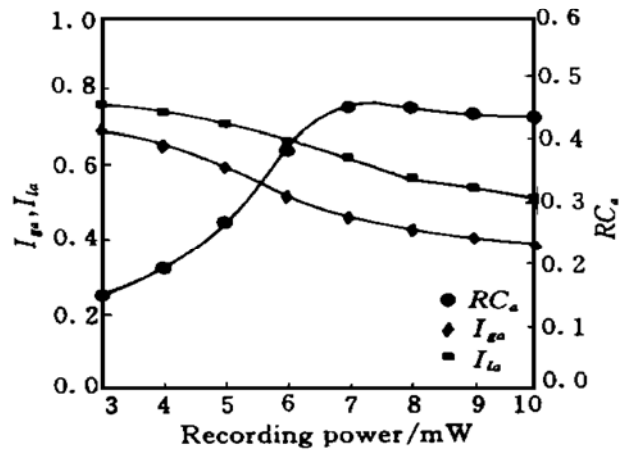


图 5 CD-R 光盘的 I_{ga} , I_{la} 和 RC_a 随记录功率的变化

Fig. 5 Recording power dependence of I_{ga} , I_{la} and RC_a of a CD-R sample

图 5 为 CD-R 光盘在单倍速记录情况下,以不同功率记录后的预刻槽内反射电平 (I_{ga}),台阶上的反射电平 (I_{la}) 和径向对比度 (RC_a) 的变化。总的来说, I_{ga} 和 I_{la} 随着记录功率的提高逐渐下降。在低记录功率阶段 (3~4 mW) RC_a 上升缓慢,当记录功率达到一定数值 (>4 mW) RC_a 迅速增大直至最大值,此时记录功率约为 7 mW,随即 RC_a 随记录功率的变化趋于平稳并略有下降。

根据 CD-R 光盘的存储机理,记录激光束会聚于染料记录层,使得激光照射区域产生物理和化学变化,从而导致该区域的反射率下降而实现信息记录。由于 CD-R 光盘的反射电平与其反射率成正比关系,所以随着记录激光功率的增大,反射电平呈下降趋势。 RC_a 随着记录功率的增大逐步增大,达到最大值后略有下降趋势。这是因为 RC_a 是一个与 I_{ga} 和 I_{la} 直接有关的参数: $RC_a = 2 \times (I_{la} - I_{ga}) / (I_{la} + I_{ga})$,而在记录功率变化过程中,预刻槽内反射电平 I_{ga} 和台阶上反射电平 I_{la} 下降幅度的不同,导致了 RC_a 的不同变化趋势。由于 CD-R 光盘预刻槽的宽度要小于激光束斑点的大小,记录时总有部分激光能量集中在台阶上,所以激光在预刻槽内进行记录时,同样会对台阶上的染料记录层产生作用,只是在不同记录功率时程度不同而已。当记录功率较低时,记录区域的形变主要还是集中在预刻槽内,此时槽内反射电平的下降幅度要大于台阶上的,随着记录功率的增大,记录区域逐渐扩展到台阶上,槽内和台阶上的反射电平的变化幅度相当,在 7 mW 左右 RC_a 达到最大值。记录功率进一步增大后,记录激光对台阶的影响略大于槽内的,所以在记录功率较大时, RC_a 呈略微下降的趋势。

图 6 为单倍速记录条件下,制备的 CD-R 光盘的误码率 (BLER) 随记录功率的变化。在记录功率逐步增大的过程中,盘片的误码率随记录功率呈现出先下降后上升的现象,其中在记录

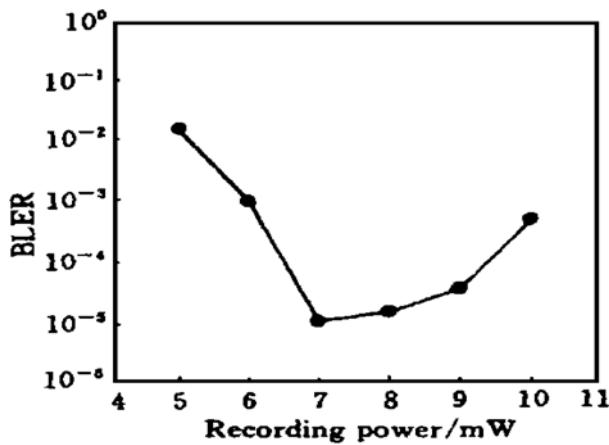


图 6 不同记录功率下 CD-R 光盘误码率的变化
Fig. 6 Recording power dependence of BLER
(Block Error Ratio)

可以采用旋涂工艺制备出大面积的均匀薄膜。对制备的 CD-R 盘片的优化功率测试表明,记录功率为 7 mW 时,盘片能获得较好的记录性能。

功率为 7 mW 时,光盘的误码率达到了最低值,约为 1.15×10^{-5} 。这种情况的出现也主要与不同记录功率下形成记录点的质量有关,当记录功率较低时,会聚于染料层的能量也较低,不足以形成大小规整、边缘清晰的信息记录点,相反,当记录功率较高时,由于能量过大反而对记录点的形成起破坏作用,同样不利于形成完整的记录点。只有在适当的记录功率条件下(7 mW 左右),记录点形成状态最为理想,光盘的误码率也最小。

本文所选用的花菁染料在 780 nm 处具有良好的吸收和反射,通过加镀金反射层可以获得大于 75% 的反射率。花菁染料的四氟丙醇溶液是牛顿型液体,其粘度不随切变速度的变化而变化,可以

参 考 文 献

- 1 Fuxi Gan. Digital Optical Disks and Optical Storage Media. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publisher, 1992. 2~ 3 (in Chinese)
- 2 Fuxi Gan. Digital Optical Disks and Optical Storage Technologies. Beijing: Scientific and Technical Publisher, 1998. 1~ 2 (in Chinese)
- 3 G. M. Blom. Single Te films and Te trilayers for optical recording. *Appl. Phys. Lett.*, 1979, **35**(1): 81~ 83
- 4 Qiyang Chen, Donghong Gu, Juping Shu *et al.*. Optical and recording properties of copper phthalocyanine films. *Material Science and Engineering*, 1994, **B25** 171~ 174
- 5 W. S. Mischke, W. Hoffman, F. Bauer. Manufacturing of CD-R media. *SPIE*, 1996, **2931**: 43~ 51
- 6 Tang Fulong, Gu Donghong, Chen Qiyang *et al.*. Study on optical storage performance of a cyanine-polymer film. *Acta Optic Sinica* (光学学报), 1996, **16**(12): 1773~ 1777 (in Chinese)
- 7 D. Meyerhofer. Characteristics of resist films produced by spinning. *J. Appl. Phys.*, 1978, **49**(7): 3993~ 3997

The Study on Optimum Recording Power of Compact Disk-recordable

Tang Xiaodong Gu Donghong Gan Fuxi

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Chen Qun Pan Ke

(Shenzhen SAST Digital Optical Discs Co., Ltd., Shenzhen 518029)

Abstract In this paper, the cyanine thin films and CD-R samples were prepared by the spin-coating process. The transmission, reflection and absorption spectra of the cyanine thin films were measured by the spectrophotometer and the reflection and the absorption of this cyanine thin film are high enough for optical recording at 780 nm. The reflection of multi-layers reached up to 75%. The results of the optimum recording power measurement indicate the optimum writing power is about 7 mW.

Key words optical disc storage, spin-coating proceeding, optimum recording power