

DDAC LB 膜的电学性质研究(II)—电荷衰变

董亚明

(华东理工大学物理系化学物理教研室,上海 200237)

摘要: 在 DDAC 单分子层在气—液界面上的各种性质以及多分子层电导率随相对湿度的非线性变化^[1-3]的基础上,介绍单分子层及多分子层在不同湿度条件下静电电荷随时间横向衰变的情况。使用半导体(或晶体)电荷渗透的理论来解释多分子层电荷衰变的非线性变化与相对湿度的关系。实验数据表明,电荷衰变可以分成两个阶段,即开始时的迅速衰变和随后的缓慢衰变过程。尽管 DDAC 是绝缘材料,可是它有良好的向空间吸附水分的能力,因而,其导电能力和驱除静电的能力比聚脂材料要好得多。DDAC 不仅是一种良好的纤维软化剂而且在一定的相对湿度条件下具有较高的疏电导电能力。

关键词: 电荷衰变;表面充电;斯克罗窗

中图分类号:O647.3 文献标识码:A

1 引言

从介电物质上驱除静电已引起了纤维纺织工业的极大兴趣。1982 年 Taylor 等人曾报道了多层 LB 膜的电导率有赖于沉积基片及其周围的环境^[4]。由于水蒸气的存在,高电导率和高电荷衰变会在大气的环境中发生。这种现象在吸附有表面活性剂的纤维表面上尤为突出。

早在 1967 年 Ieda 等人就在聚乙烯薄膜上进行了电荷衰变的测量^[5,6]。实验中,薄膜被放置在 4 kV 的电晕放电装置的下方。放电停止立即开始观测^[7]。电荷衰变的快慢取决于放电的初始电位^[8]、放电时间以及测量过程中周围的温度、湿度等实验条件的影响。几乎在同一时期,Baum 等人在聚乙烯和 *n*-十八烷晶体表面上进行了类似的实验^[9]。他们所得的结论是电荷可以沿着介质的表面在水平方向上迁移^[10],他们还发现其电荷衰变曲线与 Sonnonstine 和 Perlman 的理论推导^[11,12]:

$$\alpha(t) = \alpha(t_c) \exp(-\beta t) \quad t > t_c \quad (1)$$

式中, $\alpha(t)$ 为放电结束后 t 时刻介质表面电荷浓度; $\alpha(t_c)$ 为放电过程结束时的表面电荷浓度; β 为衰变常数。

Taylor 等人研究了不同材质的电荷衰变现象^[13],发现表面电阻低的材质其电荷衰变快、表面电阻高的电荷衰变慢。尽管例外的情况还是有的。

在本研究工作中采用上述的原理,观测了聚酯基片及 LB 多分子层覆盖的基片上电荷衰变的情况。再次利用 Fisher、Pike 等人的有关晶粒随机分布与重叠线束及电流大小的关系^[14,15],即渗透的理论解释相对湿度与电荷衰变之间的非线性变化。

* 通讯联系人 Email: ymdonga6@online.sh.cn

收稿日期:2000-01-28;修回日期:2000-06-12。

2 实验方法

有关 LB 多分子层沉积的方法已做了介绍^[3]。清洗的过程中稍有些不同,其方法是将聚酯基片(0.5 mm 厚的薄膜)浸在氯仿溶液中 10 min、甲醇中 1 min,然后再沉积多分子层。

电荷衰变是在覆盖有 2、4、6 Dioctadecyl - Demethyl - Ammonium Chloride (DDAC) 多分子层及洁净(纯)聚酯基片的表面上进行的。表面充电是在克罗那放电探针下进行的(如图 1 所示)。为使电荷均匀分布,探针的下方放置了一个具有固定电压(如 300 V)的金属网,称之为斯克罗窗^[15]。探针放电时,样品被置于金属网的正下方。用一只 O 形金属环(直径 3 cm)将聚酯基片固定在一略小于 O 形环的金属样品台上,而样品台与其它装置绝缘。金属环与地连接,使电荷沿表面横向迁移成为可能。整个样品台又被固定在一个接近旋转平台边缘的位置。为了使测量数据准确,对所有的样品放电时间均定为 1 min,从而减少因放电时间造成的误差。这种误差被 Baum 观察到并由实验得出了放电时间在很大程度上影响了聚酯材料的电荷衰变速率的结论^[6]。

电荷检测装置被放在离样品 1 mm 高的地方。

该检测器由一个电荷感应器和一个放大器组成。输出信号由一台可做信号存储的示波器来监测。每当带有电荷的样品经过电荷感应器,感应器的表面就会因感应聚集起相应数量的反向电荷。这些反向电荷是由放大器中电容提供的。平台旋转一周,示波器就会有一次峰值出现。如此持续旋转,样品上的电荷就会在示波器上感应出脉冲式的波峰。由任意两波峰之间的差值,可以计算出在该时间段上样品表面电荷的衰变情况。整个实验都是在 20℃ 以及相对湿度分别为 35% 和 53% 的条件下进行的。

3 实验数据和讨论

由图 2 可以看出,纯聚酯基片电荷衰变速率很慢而且相对湿度为 35% 和 53% 时其速率相差不大。在相同湿度条件下,DDAC 双分子层的衰变速率还是很慢而且每小时提高的还不到 15%。与这两组数据相比,4 层 DDAC 的速率提高了很多而 6 层则要更快。对 6 层来讲 2 h 之后电荷基本全部消失了。

由图还可看出,在相对湿度为 53% 的条件下衰变速率要比在 35% 时要快。同时还注意到 2 层、4 层之间衰变的差距较大,而 4 层、6 层之间则很小。

Baum 观察到聚合物材料上的电荷可作横向(沿表面)迁移^[9],这可能是绝缘体材料上电荷逃逸的主要途径。Lachish 等人观察到一个相近的现象,即电荷在绝缘体表面上可以作横向运动^[16]。在本实验中,覆盖于聚酯基片表面上的电荷均沿自身表面或 DDAC 多分子层横向运动并通过 O 形环流走(O 形环已接地)。实验中还发现,覆盖了 DDAC 多分子层的基片其电荷衰变速率要远高于聚酯基片。因此可以推论,DDAC 多分子层较纯聚酯材料的驱除静电能力要强得多。

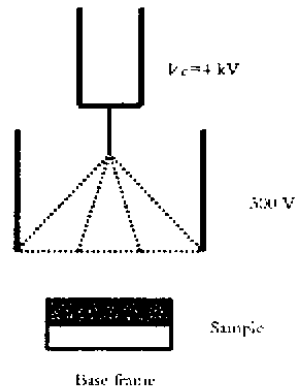


图 1 斯克罗窗放电装置示意图

Fig. 1 Section view of scorotron charging device

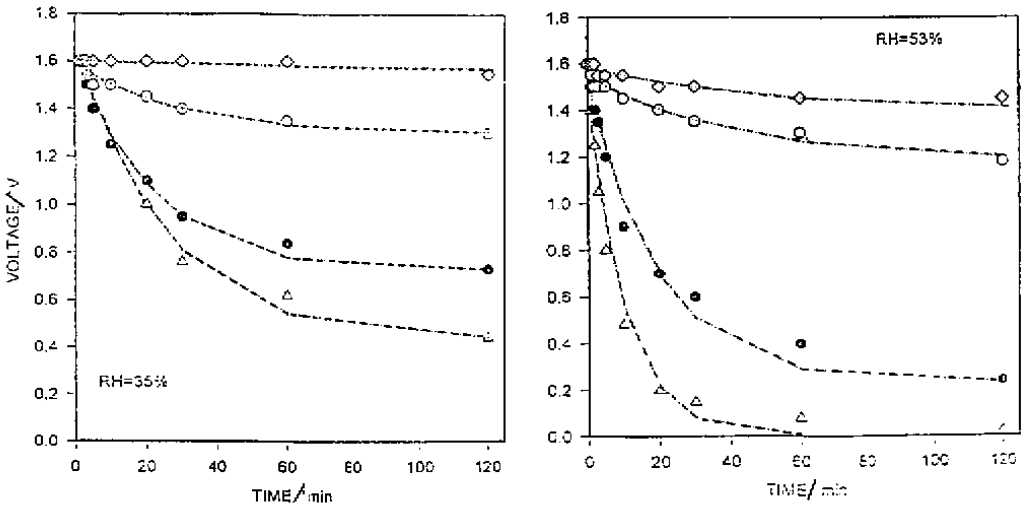


图2 相对湿度下, 2 (○)、4 (●)、6 (△)层 DDAC 及洁净聚酯基片 (◇) 的电荷衰变曲线
 Fig. 2 Charge decay measurements for bare polyester film (◇), 2 (○), 4 (●)
 and 6 (△) - layer DDAC deposited films

DDAC 表面活性分子含有一个很强极性的亲水基, 有很强的吸水性。DDAC 分子会向其周围空间吸收水分。当以单(多)分子层形式存在时, 分子与空气接触的机会增多, 每个分子吸收水分的机会增多, 吸收水的量也就增多。因此分子(晶粒)之间线束连接最大半径提高的机会也随之增加^[1]。从而提高了表面的导电特性, 使静电很快地驱除掉。对纯聚酯基片来讲, 由于没有亲水基, 吸收水分的能力较差, 故静电驱除能力较差是意料之中的。

如果电荷衰变简单地遵从一阶运动规律即式(1), 那么以图2中的电压值的对数为纵轴、时间为横轴, 实验数据应当落在一条直线上。由图3看出无论相对湿度是在35%还是在53%

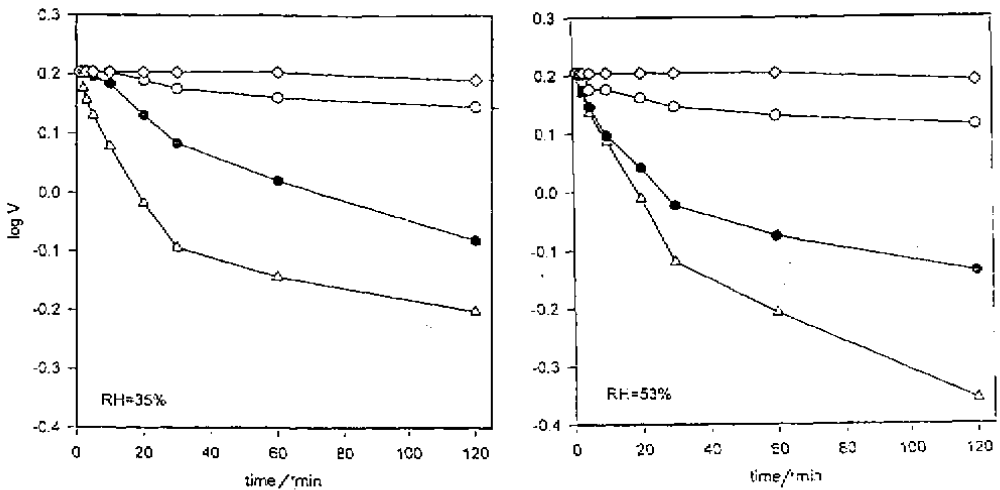


图3 相对湿度下, 2 (○)、4 (●)、6 (△)层 DDAC 及洁净聚酯基片 (◇) 电压随时间的变化
 Fig. 3 Logarithm of the voltage versus time for bare polyester film (◇),
 2 (○), 4 (●) and 6 (△) - layer DDAC deposited films

的条件下,电荷的衰变并不如此简单。因此可以设想衰变过程至少由两部分组成:开始时的迅速衰变过程(一般是开始时的前 30 min)和继之而来的缓慢耗时衰变。这种情况几乎发生在所有绝缘材料的电荷衰变过程当中。

正如前面文章中讨论的那样^[1,3],电荷通过重叠的线束进行渗透。而线束的重叠又受到相对湿度的影响。因此,不同相对湿度和不同厚度的多分子层导致了电导率的非线性变化,从而使电荷的衰变也发生了非线性变化。电荷衰变不遵从式(1)的变化规律也就是很自然的了。

4 结 论

在 DDAC 多分子层上,电荷在停止放电的前 30 min 内几乎以指数衰变。在此之后衰变速率大大减慢。渗透理论可以解释在不同的相对湿度条件下电荷衰变的非线性关系产生的重要原因是重叠线束的多少造成的。尽管 DDAC 多分子层是绝缘的,其导电能力和驱除静电能力还是要比聚酯材料强得多。

参 考 文 献

- [1] Dong Yaming. *Materials Review*, 1996, **10**: 139
- [2] Taylor D M, Dong Yaming, Jones C C. *Thin Solid Films*, 1996, **284**: 130
- [3] Dong Ming(董亚明). *Chin. J. Chem. Phys.*(化学物理学报), 2000, **13**: 363
- [4] Taylor D M, Ma - Jones M G B. *Thin Solid Films*, 1982, **87**: 167
- [5] Ieda M, Sawa G, Shinohara U. *Japan J. Appl. Phys.*, 1967, **6**: 793
- [6] Ieda M, Sawa G, Shinohara U. *Electl. Engng. Japan*, 1968, **88**: 67
- [7] Baum E A, Lewis T J, Toomer. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 1977, **10**: 467
- [8] Baum E A, Lewis T J, Toomer. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 1977, **10**: 2525
- [9] Baum E A, Lewis T J, Toomer. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 1978, **10**: 703
- [10] Baum E A, Lewis T J, Toomer. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 1978, **10**: 963
- [11] Sonnonstine T J, Perlman M M. *Inst Phys. Conf. Ser. No.*, 1975, **27**: 74
- [12] Sonnonstine T J, Perlman M M. *J. Appl. Phys.*, 1975, **46**: 3975
- [13] Taylor D M, Owen D R. *J. Electrostatics*, 1987, **19**: 53
- [14] Finisher M E. *J. Mathe. Phys.*, 1961, **2**: 620
- [15] Pike G E, Seager C H. *Phys. Rev. B*, 1974, **10**: 1421
- [16] Schaffert R M. *Electrophotography*, Interscience Publishers, New York, 1975
- [17] Lachish U, Steinberger I J. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 1974, **7**: 58

Electrical Properties of LB multilayers of DDAC (II)—Charge Decay

Dong Yaming

(*Chemical – Physics Group , Department of Physics ,East China
University of Science &Technology , Shanghai 200237*)

Abstract Many different properties of floating and deposited DDAC films have been introduced , especially introduced the nonlinear variation of conductance on DODAC multilayers. As a fabric softener , the capability of dissipating static charge which obtained by using a Scorotron arrangement , is also very important. In this paper , another electrical property charge decay under different relative humidities (RH) is reported. The percolation theory applied in previous paper is again employed here to interpret the nonlinear relationship between charge decay and RH. The experimental data show that there are two steps for the decay ; the first step is quite fast within the initial 30 min , after that is a rather slow step. Although DDAC is an insulating material , it has very strong ability to absorb moisture from the atmosphere , this makes DDAC a better conductance than polyester. According to the measurement of electrical properties of DDAC , it is not only a very good fabric softener but also a good conducting material under the conditions of high relative humidities.

Key words Charge decay , Charging surface , Scorotron