

“四个现代化”的实现,在语言机器这一新兴领域中,我们也一定能够赶上和超过世界先进水平。

### 参 考 文 献

- [1] 田时秀,《语言的机器识别》,《电子计算机参考资料》, -11 (总 89) (1976), 19—27.
- [2] Dreyfus-Graf, J., *Sonograph and Sound Machine, JASA*, Nov. (1950), 731.
- [3] Davis, K. H. Biddulph, R. and Balashek, S., *Automatic Recognition of Spoken Digits, JASA*, 24 (1952), 637.
- [4] Olson, H. F., *Phonetic Typewriter, JASA*, 28—Nov. (1956).
- [5] Danes, P., *The Design and Operation of the Mechanical Speech Recognizer at University College London, JBIRRE*, 19—Apr. (1956).
- [6] Forgie J. W. and Forgie, C. D., *Results Obtained from a Vowel Recognition Computer Program, JASA*, 31—Nov. (1959).
- [7] Nakata, N., *Spoken Digit Recognizer for The Japanese Language, JAES*, Oct. (1964).
- [8] Kusch, H., *Automatic Recognition of Spoken Numbers, NTZ-Communications J.*, 4—5 (1965).
- [9] 田时秀,《元音识别的初步结果》,《第一届全国声学会议论文摘要》, (1964), 165.
- [10] Itakura, F., *Minimum Prediction Residual Principle Applied to Speech Recognition, IEEE Trans.*, ASSP-23 (1975).
- [11] Reddy, D. R., *Speech Recognition by Machine, A Review, PIEEE*, 64—4 (1976).
- [12] 中国科学院物理研究所语音识别组,《采用相关矩阵识别口呼数字的实验》,《物理学报》, 25 -4 (1976), 352—354.
- [13] Rabiner, L. R. and Sambur, R., *Some Preliminary Experiments in the Recognition of Connected Digits, IEEE Trans.*, ASSP-24—Apr. (1976).
- [14] Baker, J. K., *The ORAGON System—An Overview, IEEE Trans*, ASSP-24—Apr. (1976).
- [15] Reddy, D. R. Erman, L. D. and Neely, R. B., *A Model and a system for Machine Recognition of speech, IEEE Trans*, AU-21—June (1973).
- [16] Martine, T. B., *Practical Applications of voice Input to Machine, PIEEE*, 64—4—April (1976), 487—501.

## 驻极体及其应用

闻建勋

(中国科学院上海有机化学研究所)

### 一、前 言

驻极体 (electret) 是一种永久极化的电介质。长期以来,它一直是一种科学上的珍奇。只是在近三十年间才有了应用方面的研究。最近十多年工业上的研究和应用有了迅速发展。例如,在电声学方面,驻极体麦克风及其它换能器已有商品出售。驻极体在人们面前展现了更多应用的可能性,其前景是鼓舞人的。开展驻极体研究并开拓其应用,对我国社会主义事业是很有意义的。

首先推测驻极体存在的是英国物理学家赫维赛德 (O. Heaviside)<sup>[1]</sup>。1890 年他在一篇文章中首先使用了驻极体这个术语,认为它可以作为磁体的静电类似物而存在。30 年后,日本物理学家江口元太郎<sup>[2]</sup>在研究油类和蜡类电传导性时,首次成功制得驻极体。他原先并不了解赫维赛德的工作,重新发明了驻极体这个术语,但他的工作当时并未受到应有的重视。

1935 年,格曼特 (A. Gemant)<sup>[3]</sup>重复并发展了江口的工作,但他却认为,从理论上看来驻极体不会存

在。这种观点和早期实验所揭示出的一些稀奇性能使驻极体神秘化了。然而,大量事实证明,驻极体效应远非反常现象,而是固体电介质的一种普遍现象,只不过是程度上而非本质上的不同而已。驻极体不同于铁电物质,它的电极化状态不受外电场影响,除非后者足够强,将驻极体破坏。

驻极体有许多种,依不同制备方法,可分为以下几类:热驻极体<sup>[2,3]</sup>;光驻极体<sup>[4]</sup>;热光驻极体<sup>[5,6]</sup>;电驻极体<sup>[7]</sup>;辐射驻极体<sup>[8]</sup>;磁驻极体<sup>[9]</sup>;机械驻极体<sup>[10]</sup>。

本文不讨论无机的驻极体,只讨论合成的有机高分子材料。后者具有良好的加工性能以及由它制成的驻极体的稳定性,因而在应用上是有前途的。文中所涉及的仅是它们的静电效应。

### 二、驻极体生成机理探讨

用驻极体制作的换能器等器件,使用过程中,十分关注的是表面电荷及其稳定性。因而,要求了解驻极体生成和衰减机理。

早期的研究者<sup>[11—13]</sup>对驻极体效应提出过许多解

释,但没有人对实验结果作出定量分析。

格罗斯(B. Gross)的双电荷唯象理论<sup>[14-17]</sup>是人们广泛接受的解释。

驻极体的极化过程如图1所示。

格罗斯把电介质极化分为五种类型,见图2。

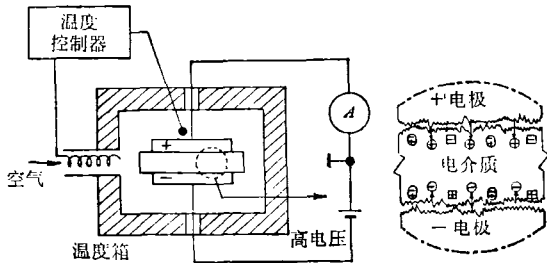


图1 驻极体极化过程示意图

⊕ ⊕ 是空气间隙注入电荷与邻近电极极性相同,叫同号电荷,而⊕ ⊕ 与相邻电极极性相反,叫异号电荷

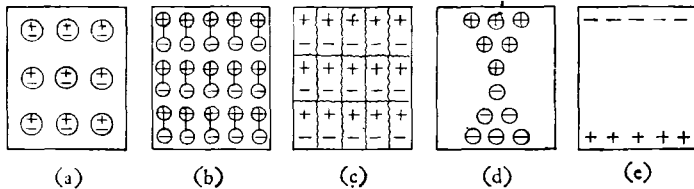


图2 电介质极化类型

(a) 原子极化, (b) 偶极极化, (c) 界面或势垒极化, (d) 空间电荷极化, (e) 外部极化(充电的电介质)

### 1. 原子极化

外加电场作用下,电介质中原子的电荷有很小的移动,负的电子云相对于正的原子核移动,产生很小的暂时偶极矩,产生原子的或形变的极化,该效应发生在很短的时间内,其时间尺度并不能由外部影响发生变化,因而对驻极体的影响可以不加考虑。

### 2. 偶极极化

许多电介质其中包括聚合物,内部有电矩。外电场使这些基元偶极沿电场方向取向,使整个物体产生一个电矩,实质上是体积效应。产生的是异号电荷。偶极极化的一般方法即产生热驻极体的方法。应指出在此过程中,偶极取向往往是不完全的。

### 3. 界面极化或势垒极化

所有电介质都含有少量的自由电荷载流子——离子或电子,或者两者全有。外电场倾向于把正负电荷分开,并将它们分别驱至不同电极。由于许多电介质内部结构不均匀,存在有微观的畴结构或被高度阻力的界面分开的粒状物。由于缺乏足够能量克服势垒,电荷载流子仅能在单一粒状物中相当自由运动,沿势垒堆积。此外,当电介质含有许多不规则分布的深度

不同的陷阱时,载流子沿电场方向运动,直到落入陷阱为止。它们没有足够能量逃出陷阱,除非升高温度再活化。这两种界面间极化构成体积极化,产生异号电荷。

### 4. 内部空间电荷极化

如图2(d)所示,电介质中自由的空间电荷通常是无规排列的,它们彼此抵消并不产生净偶极矩。若在外电场作用下,这些电荷彼此分离并固定在分开后的位置上,形成宏观偶极子,得到异号电荷驻极体。在理想情况下,正负电荷数量相等地移到样品的两个对立面,于是

$$P = \sigma, \quad (1)$$

$\sigma$  是表面电荷密度,  $P$  是极化强度。

均匀电介质中,离子传导电流通常导致在电极区内产生自由电荷云。由于不同符号的电荷运动速度不同且电荷可能陷入不在表面处的其它地方,因而分离是不完全的。因此,一般测定的是某种等效物或有效表面电荷密度。

### 5. 外部极化或称注入空间电荷的驻极体(图2(e))

当用足够大电场强度(例如 $10^5 \text{V/cm}$ )时,电极放电,电荷注入邻近的样品表面。当然是电离后的空气分子的离子注入样品的。这些电荷与相邻电极同号,叫同号电荷。该过程可单用电场,如电驻极体的情况。在热驻极体与光驻极体生成时同时出现该机理。这种电荷的注入直接与物质电击穿有关<sup>[18]</sup>。

根据格罗斯的双电荷理论,驻极体中同号电荷与异号电荷是共存的。这样可以方便地解释驻极体大多数实验事实。成功地解释了异号电荷驻极体向同号电荷驻极体的转变<sup>[14]</sup>。

怀斯曼(Wiseman)<sup>[19]</sup>等人证实了双电荷理论,并且发展了该理论,定量解释了电阻率有限的未屏蔽的电介质的电荷衰减现象。其他唯象理论为古布钦(A. H. Губкин)<sup>[20]</sup>、斯旺(Swann)<sup>[21]</sup>等所发展。两者的区别是斯旺避开了屏蔽作用,而古布钦则将它包括进去。两者共同点是都考虑到驻极体的一种非均匀体积极化,并且假定极化是对应于一个单一的时间常数,他们的理论仅与实验结果定性一致。

格罗斯的著名的双电荷理论成功解释大量事实,但是,近来拉图尔(M. Latour)<sup>[22]</sup>所报导的实验结果不能用格罗斯理论解释,其机理有待进一步阐明。

## 三、电场的分布

驻极体应用中,不仅要知道电荷稳定性,而且应知道电场的分布。塞斯勒(G. M. Sessler)<sup>[23]</sup>及温特尔

(H. J. Wintle)<sup>[14]</sup> 对此作过详细探讨。为简单说明原理,讨论一种简化驻极体模型,见图3所示。

厚度为  $l$  的电介质置于二个电极  $A$  与  $B$  之间,有二个空气间隙,厚度分别为  $d_0, d_4$ 。设二个表面以下  $d_1, d_3$  深度处存在电荷层,电荷密度分别为  $\sigma_1, \sigma_2$ 。两者符号相反。若使  $\sigma_2 = 0$  则变成单电荷的单极驻极体。若  $\sigma_1 = -\sigma_2 = P$  且  $d_1 = d_3 = 0$ , 则图3表示偶极驻极体。

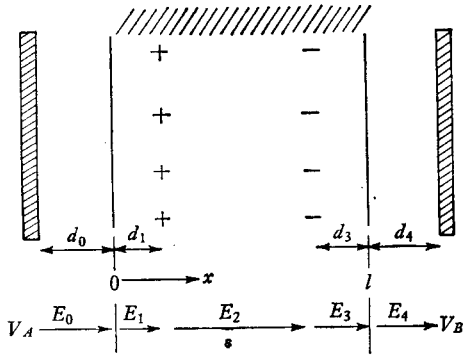


图3 三层驻极体模型。这是理想的模型,电荷层无穷薄且只用一对电荷层,并不涉及同号电荷与异号电荷的共存

由电通量密度连续条件得制约该体系的方程

$$\begin{aligned} \epsilon_0 E_0 &= \epsilon \epsilon_0 E_1, \\ \epsilon \epsilon_0 E_1 + \sigma_1 &= \epsilon \epsilon_0 E_2, \\ \epsilon \epsilon_0 E_2 + \sigma_2 &= \epsilon \epsilon_0 E_3, \\ \epsilon \epsilon_0 E_3 &= \epsilon_0 E_4. \end{aligned} \quad (2)$$

$\epsilon_0$  自由空间电容率,  $\epsilon$  为物质介电常数,  $E$  为电场。电场线积分方程:

$$V_A - d_0 E_0 - d_1 E_1 - (l - d_1 - d_3) E_2 - d_3 E_3 - d_4 E_4 = V_B,$$

$V_A, V_B$  分别为两个电极电位。

计算这一组方程式可得一个很有用的关系式

$$\begin{aligned} V &= V_A - V_B = E_0(d_0 + l/\epsilon + d_4) \\ &+ (\sigma_1/\epsilon_0)(d_4 + l/\epsilon - d_1/\epsilon) \\ &+ (\sigma_2/\epsilon_0)(d_4 + d_3/\epsilon). \end{aligned} \quad (3)$$

电位差为连接到二个电极上的外电路决定。对于一给定构型驻极体,(3)式右边最后两项是固定的。该式指出,外电路任何变化影响  $V$  也影响  $E_0$ 。从图3可知所有场都受影响。在两个电极上的感应的电荷密度为  $\sigma_A, \sigma_B$ 。

$$\sigma_A = \epsilon_0 E_0, \quad \sigma_B = \epsilon_0 E_4.$$

上述讨论可得到两个结果:(1)在短路条件下,  $\sigma_1 \approx -\sigma_A, \sigma_2 \approx -\sigma_B, E_2$  非常小,使电荷不能相向移动而破坏器件。短路方法也是通常保存驻极体的有效方法。相反,当  $d_0 \rightarrow \infty$  时,  $E_2 = \sigma_1/\epsilon \epsilon_0$  为体系中的最大场,使驻极体衰减;(2)可以用静电计测表面电位而

算出表面电荷密度,见费伯尔 (Fabel) 等人<sup>[11]</sup>的工作。

#### 四、表面电荷测定方法

测定驻极体表面电荷主要有二种方法:静电感应法和脱极化方法(下节讨论)。此外还有基于驻极体电场性质的其它方法。

静电感应法首先为江口<sup>[12]</sup>和格曼特<sup>[12]</sup>应用。格罗斯设计了可分电容器法<sup>[16]</sup>,至今还为人广泛采用。由于静电感应法有种种缺点,许多研究者都试图加以改进<sup>[17, 19, 26-29]</sup>。可分电容器法又可分为三个变种,即提升电极法、振动电极法、带有偏压的振动电极法。

##### 1. 提升电极法<sup>[14, 16, 17]</sup>

(a) 短路时,电介质电场在电极上感应出象电荷。(b) 开关断开,上电极提高,电极上的感应电荷转移至电容器  $C$  中,用静电计测出其电压。(c) 关上开关  $S$ , 电容器放电,只余下电介质的表面电荷,根据公式  $\sigma = CV/a$  计算表面电荷密度,  $a$  为上电极面积。

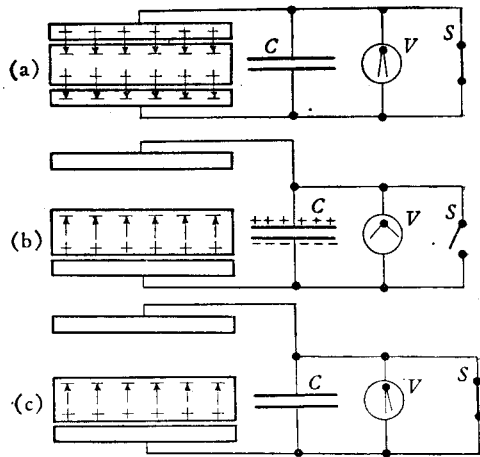


图4 提升电极法

$C$ ——平行板电容器,  $V$ ——静电计,  $S$ ——开关

提升电极法的缺点是空气击穿,使结果不重复。

##### 2. 振动电极法(无偏压)

费里德曼 (Freedman)<sup>[26]</sup>, 古布钦<sup>[20]</sup>以及格罗斯等人都建议在驻极体的电场中振动或旋转一个片状物<sup>[27]</sup>,测定短路时的交流电流或开路电压,将它们与表面电荷联系起来。

此方法的优点是避免与样品表面接触。但是在大气中测定,理想的短路及开路状态永远达不到,结果须为电路参数修正,较麻烦。实际操作时,由于输出信号小,必须将测试系统屏蔽起来。

### 3. 带有偏压的振动电极法

里杜克 (C. W. Reedyk) 等人 1968 年设计出一种新方法, 如图 5 所示。

$$(\sigma_s - Q_s) = \frac{k\epsilon_0 V_B}{d_1}, \quad (4)$$

$(\sigma_s - Q_s)$  为净表面电荷密度,

$k$  为电介质介电常数,  $\epsilon_0$  为自由空间电容率。

公式(4)把净电荷密度简单地与偏压联系起来。调整偏压  $V_B$ , 使空气间隙电场为 0, 信号输出为 0 即可。

除了上述方法之外, 不少人设计了其它一些方法。例如, 谢金 (B. A. Седин)<sup>[30]</sup> 等人 1971 年报导了一

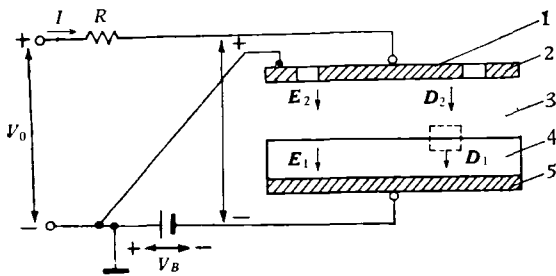


图 5 带有偏压的振动电容器

1. 振动电极; 2. 保护电极; 3. 空气间隙; 4. 电介质;
5. 固定电极

种所谓绝缘电极法, 据说可以避免提升电极法与振动电极法(无偏压)的缺点。也有人利用驻极体性质测定其表面电荷, 如利用可移动的电极在驻极体电场中机械位置<sup>[20]</sup>, 电子束偏移<sup>[31]</sup>以及光学方法<sup>[32]</sup>。但比较麻烦, 未能广泛应用。

## 五、热刺激放电 (Thermally Stimulated Discharge)

热刺激放电方法 (TSD) 中通过对热刺激电流 (TSC) 的测定, 可用来计算表面电荷密度、驻极体平均寿命, 并能区分同号电荷与异号电荷, 这是一般方法所不及的。该方法可用来研究电介质陷阱的能级。同时可作为高分子分子运动的有力的研究手段。它的谱图的许多特征与介电损耗、动态力学谱是可以相对应的。该方法也称为退极化电流法。

TSD 方法的应用可追溯至弗赖 (Frei) 等人, 后来为格罗斯<sup>[33]</sup>等人采取。Fukada<sup>[34]</sup>、利利 (Lilly)<sup>[35]</sup>、克雷斯威尔 (Creswell) 和珀尔曼 (Perlman)<sup>[36]</sup>、特恩豪特 (Turnhout)<sup>[37]</sup>对各种聚合物驻极体进行了广泛的研究。

在低温时冻结的离子由于温度升高而发生移动, 从外界可观测到有电流产生, 这就是热刺激电流 (TSC), 也称为退极化电流。造成 TSC 的电荷可认为

是偶极子、电子或孔穴以及离子等物。TSC 有二种实验方法, 如图 6 所示。图 6 (a) 为接触电极法, 驻极体两面与电极密切接触。(b) 为非接触电极法, 与电极是一面密切接触, 另一面保持一定间隙。

布西 (Bucci) 等人提出 TSC 的离子热导理论, 后来为格罗斯<sup>[38]</sup>所推广。退极化电流  $J(T)$  可用下式表示

$$J = \frac{P_0}{\tau_0} \exp\left[\frac{\Delta E}{kT} - \frac{1}{\beta\tau_0} \int_{T_0}^T \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right) dT\right], \quad (5)$$

放出的全部电荷  $Q = \int_0^\infty J(t) dt$ 。

$P_0$  为偶极取向或离子移动陷阱的全部极化强度,  $\Delta E$  为离子跃迁必须的活化能,  $\tau_0$  为常数,  $\beta$  为升温速度,  $k$  为玻耳兹曼常数,  $T$  绝对温度。

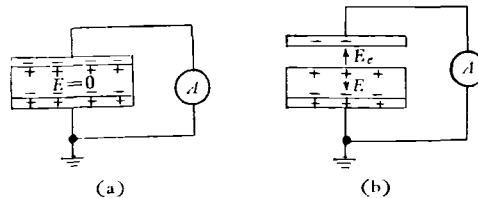


图 6 TSC测定方法 (a) 接触电极法; (b) 不接触电极法

将(5)式微分, 出现电流极大值时的温度  $T_m$ ,  $dJ/dT = 0$ , 则

$$\tau_0 = \frac{kT_m^2}{\beta \Delta E \exp(\Delta E/kT_m)}. \quad (6)$$

由(6)式可知  $T_m$  与极化时的电压及温度无关。从(5)式温度低的部分得

$$\ln J(T) = C - \Delta E/kT \quad (6-3)$$

$C$  为常数,  $\ln J(T)$  对  $1/T$  作图得  $\Delta E$ , 进而由(6)式求  $\tau_0$ 。

下图为 Y. Asano<sup>[39]</sup> 做的对苯二甲酸乙二酯薄膜退极化电流图。

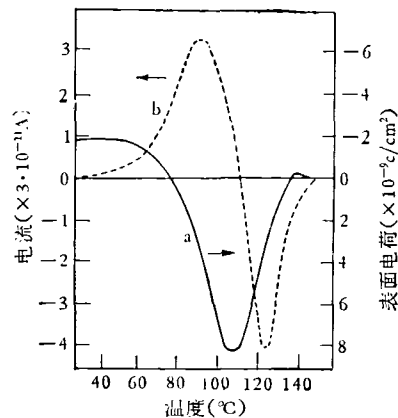


图 7 聚对苯二甲酸乙二酯膜驻极体 TSC 结果  
膜厚  $250\mu$ ,  $T_P = 130^\circ\text{C}$   $V_P = +4\text{kV}$  非接触电极法

$a$ 、 $b$  二曲线为分别作的结果, 随着电流的产生异号电荷下降, 同号电荷显示出来, 到某点同号电荷出现峰值, 在此点电流改变符号, 同号电荷开始下降。对表面电荷曲线  $a$  微分与 TSC 谱图等值。

## 六、驻极体的稳定性

驻极体极化时, 同时产生异号电荷及同号电荷, 前者远不如后者稳定。但近来有报导异常稳定的异号电荷<sup>[40]</sup>, 其实质尚不十分清楚。实用中一般须要稳定的同号电荷驻极体。

驻极体极化条件有很大影响。极化电压的作用: 据报导 PVDF 极化时, 电场强度大于  $1 \times 10^4 \text{ V/cm}$  时得同号电荷驻极体, 小于此值得异号电荷的。温度的作用: 室温电晕放电尽管可得表面电荷很高的驻极体, 但很快衰减掉, 因而须适当选择极化温度。极化时间: 怀斯曼等人<sup>[19]</sup>报导表面电荷的极化与衰减与时间有强烈依赖性。近来有报导说表面电荷的大小, 长时间低电场与短时间高电场的结果是一样的。冷却时间的影响: 巴西棕榈蜡驻极体制备过程中, 固化后, 随着电场长时间作用, 表面电荷下降, 已多有报导。据拉图尔报导<sup>[22]</sup>, 冷却时间愈快愈好。

为制备表面电荷密度高的同号驻极体, 除了须高电场之外, 还须有空气间隙。珀尔曼<sup>[41]</sup>等人报导, 在电极与样品之间须加入一个电介质插入物, 以聚酯薄膜为例, 有插入物时得到数值高的净同号电荷驻极体, 反之得异号电荷的。在真空中极化得到的全是异号电荷。空气压力增大对得到高的电荷密度的同号电荷有利。Y. Asano<sup>[33]</sup>证明, 同号电荷随空气压力增大而增

大, 异号电荷与压力无关。样品的厚度的影响, 有报导<sup>[41]</sup>, 起始的异号电荷数值随厚度增加而减少, 而同号电荷相反。

驻极体效应的所有应用都取决于电介质表面与电极之间电场。空气或其他气体的击穿强度取决于电极距离、构型和气压。图 8 给出驻极体稳定性与空气击穿的关系<sup>[41]</sup>。

1, 2, 3 曲线与帕申(Paschen)曲线不相交, 不会放电。曲线 4 在适当的空隙时与曲线 5 相交, 相交的区域发生击穿放电使这两点间的场强等于或低于帕申曲线的值。击穿限制场强, 降低了净表面电荷密度。但由于击穿强度随气压而增大, 因而在气压箱中制备驻极体可达到较高电荷密度<sup>[31]</sup>。同理, 利用电介质插入物使电极与驻极体保持距离防止击穿是有效的<sup>[41]</sup>。塞斯勒报导<sup>[42]</sup>, 利用电介质插入法可得到表面电荷密度  $10^{-6} \text{ C/cm}^2$  的同号电荷。

驻极体的稳定性强烈取决于材料的固有性质, 还取决于环境的温度与湿度等。

偶极化的异号电荷的衰减是准指数的。作为一次近似有  $dP/dt = -\alpha P$ ,  $\alpha$  为常数。

不均匀极化形成的空间电荷(同号电荷)的衰减, 作为一级近似, 内电流密度为

$$j = -d\sigma_1/dt = E_2/\rho \approx (\sigma_1/\rho\epsilon\epsilon_0) \quad (\text{开路}) \\ \approx (\sigma_1/\rho\epsilon\epsilon_0)(|E_1/E_0|) \quad (\text{短路}).$$

$\rho$  为体积电阻系数。衰减是欧姆型的。由于驻极体中同号电荷与异号电荷共存, 因而衰减呈现复杂的情况。异号电荷比同号电荷衰减得快, 因而在储存时, 往往出现净的偶极矩倒转的现象。同号电荷驻极体平均寿命  $\tau$  取决于材料性质<sup>[44]</sup>

$$\tau = \rho\epsilon\epsilon_0.$$

聚四氟乙烯和四氟乙烯-六氟丙烯共聚物可生成相当稳定的同号电荷驻极体。据报导<sup>[43]</sup>, 用负高压电晕放电产生的驻极体更为稳定, 是因为样品表面发生化学变化。

如果物质是绝缘极好, 但陷阱很浅, 则电荷终将消失, 寿命不长。对稳定的驻极体有贡献的正是深陷阱。塞斯勒等人<sup>[43]</sup>用 TSC 方法发现电荷在深阱中重新被俘获。该工作为其他研究者所支持<sup>[46]</sup>。

关于平均寿命的测定, 可利用高温加速方法<sup>[41, 47]</sup>, 利用 TSC 或不同温度时电荷的衰减的测定, 计算各个较高温度时衰减时间常数, 然后用半对数作图外推出室温衰减的时间常数, 即平均寿命, 与室温自然衰减结果进行比较。

## 七、驻极体的应用及其前景

驻极体有多方面的应用, 其中一个重要的领域就是做驻极体换能器, 1919年首次成功制备驻极体之后,

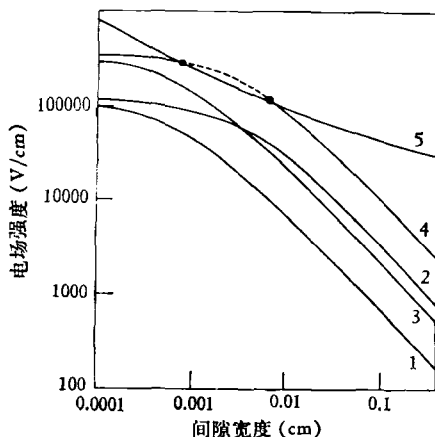


图 8 驻极体的厚度与表面电荷密度  
1:  $2.5 \times 10^{-3} \text{ cm}$   $1 \times 10^{-8} \text{ C/cm}^2$ .  
2:  $1.25 \times 10^{-3} \text{ cm}$   $1 \times 10^{-8} \text{ C/cm}^2$ .  
3:  $2.5 \times 10^{-3} \text{ cm}$   $5 \times 10^{-8} \text{ C/cm}^2$ .  
4:  $1.25 \times 10^{-3} \text{ cm}$   $5 \times 10^{-8} \text{ C/cm}^2$ .  
5: 放电界限 (Paschen 曲线)

人们就一直作这种尝试。驻极体首次大量使用是在第二次世界大战时日本的战地设备中。但由于蜡制驻极体换能器有许多缺点,因而不能广泛使用。40年代末期,人们开始研究聚合物驻极体,直到60年代才开始突破。1968年日本始有商品问世。这种麦克风使高分子薄膜驻极体作为振动元件,其中含氟高分子薄膜有较突出的性能。它们较一般电容传声器的优点是无须直流偏压。它们频响平,灵敏度高,且较少受使用温度和湿度影响。体积小,便宜。

驻极体换能器可分为电声换能器及机电换能器<sup>[48]</sup>。电声换能器的用例,如直接装入磁带录音机中的驻极体薄膜麦克风。小型驻极体麦克风还可作耳机、助听器。还可以制成推挽式驻极体麦克风。驻极体麦克风可用在计算机的记录器件中<sup>[49]</sup>。NAACH 麦克风(Non Acoustic Audio Coupling to the head的简称)可用在杂音多的场合。

电声换能器还可以用作研究工具。这样情况很多。气体分析<sup>[50,51]</sup>,测定大气中污染物浓度,例如对二氧化氮可达 $10^{-10}$ 以上;研究气体反应动力学;固体对光的吸收<sup>[48]</sup>。在航空工业上,可直接装入喷气发动机叶片上测噪音<sup>[52]</sup>。驻极体次声麦克风还可以探测大气中次声<sup>[49]</sup>。在超声的范围内,可激发和探测固体及液体中高达200MHz的超声波<sup>[53]</sup>。还可以用在超声全息术方面<sup>[54]</sup>等等。

机电换能器如键控换能器可用于电话盘,接触换能器可用于振动的监视,冲击换能器用于空间站检漏<sup>[48]</sup>。

纯电学方面还有许多可能的用途,如静电记录系统<sup>[55,56]</sup>仪器中偏压电源<sup>[57]</sup>;分子束静电透镜<sup>[58]</sup>;近来有报导聚合物驻极体对X-射线及热中子的剂量很敏感,作成辐射剂量计<sup>[59]</sup>,寿命长,价格低,且可以重新充电。

塞斯勒等人报导用击穿带电的方法可制得电荷表面密度很高且稳定的驻极体,这使它可能用于非线性光学、静电式空气过滤器以及电储存器件<sup>[43]</sup>把驻极体作为抗血凝材料也正在研究。以上这些应用领域不少还未超出研究阶段,因为它们使用的驻极体处于未屏蔽构型,稳定性较差。但这些应用的前景却是令人鼓舞的。

### 参 考 文 献

[1] Heaviside, Oliver. *Electrical Papers I*, Macmillan, London, (1892), 488.  
 [2] Eguchi, M., *Proc. Phys.-math. Soc., Japan*, **1** (1919), 326. *Phil. Mag.*, **49**, (1925), 179.  
 [3] Gemant, A., *Phil. Mag.*, **20** (1935), 929.  
 [4] Pillai, P.K.C., *Phys., Stat. Sol.* (a) **6** (1971), 9.  
 [5] Padgett, E. P., *Radio Electronics* **2** (1955), 61.

[6] Pillai, P.K.C. et al., *J. Appl. Phys.*, **42** (1971), 525.  
 [7] Gross, B., *Charge Storage in Solid Dielectrics*, Elsevier Publishing Co., Amsterdam (1963). Sessler, G. M., West, J. E., *Anneal Report Conf. on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena*, (1970).  
 [8] Murphy, P. V., *J. Chem. Phys.* **38** (1963), 2400. *J. Phys. Chem. Solids* **24** (1963), 329.  
 [9] Pillai, P.K.C. et al., *J. Electrochem. Soc.* **118** (1971), 1675.  
 [10] 高松俊昭,《理研报告》, **48** (1972), 109.  
 [11] Adams, E. P., *J. Franklin Inst.*, **204** (1927), 469.  
 [12] Gemant, A., *Physics Today* **2-3** (1949), 8.  
 [13] Ewing, M., *Phys. Rev.*, **36** (1930), 378.  
 [14] Gross, B., *Endeavour*, **30-111** (1971), 115.  
 [15] Gross, B., *Phys. Rev.*, **67** (1945), 253.  
 [16] Gross, B., *J. Chem. Phys.*, **17** (1949), 866; *Phys. Rev.* **66** (1944), 26; *Phys. Rev.* **57** (1940), 57.  
 [17] Gross, B., *Brit. J. Appl. Phys.*, **1** (1950), 259.  
 [18] Bradwell, A., *Proc. Inst. Electr. Eng.* **118** (1971), 247.  
 [19] Wiseman, G. G. et al., *J. Chem. Phys.*, **26** (1957), 521.  
 [20] А. Н. Губкин и др., *Приборы и техника эксперимента*, **-4** (1959), 118.  
 [21] Swann, W. F. G., *J. Franklin Inst.* **250** (1950), 219; **255** (1953), 513; **258** (1953), 167.  
 [22] Latour, Mirelle. *J. Appl. Phys.*, **46** (1975), 42-4.  
 [23] Sessler, G. M., *J. Appl. Phys.*, **43** (1972), 405, 408.  
 [24] Wintle, H. J. *J. Phys.*, **E 3** (1970), 334.  
 [25] Fabel, G. W., *Phys. Stat. Sol.*, (a) **6** (1971), 535.  
 [26] Freedman, L. A. et al., *Rev. Sci. Instrum.*, **21** (1950), 896.  
 [27] Kojima, S. et al., *J. Phys. Soc. Japan.* **6** (1957), 207.  
 [28] Kakiuchi, Y., *J. Phys. Soc. Japan.* **6** (1951), 278.  
 [29] Baumann, N. P. et al., *J. Appl. Phys.*, **25** (1954), 1391.  
 [30] Селин, В. А. и др., *Измерительная техника*, **-3** (1971), 54-56.  
 [31] Saito, H., *Jap. J. Appl. Phys.*, **4**, Nov. (1965), 11.  
 [32] Ballik, E. A., *J. Appl. Phys.*, **43** (1972), 302.  
 [33] Gross, B. et al., *J. Chem. Phys.* **37** (1962), 710-713.  
 [34] Takamatsu, T. et al., *Polymer. J.*, **1** (1970), 101-106.  
 [35] Lilly, A. C. et al. *J. Appl. Phys.*, **41** (1970), 2001-2014.  
 [36] Creswell, R. A. et al., *J. Appl. Phys.*, **41** (1970), 2365-2375.

- [37] van. Turnhout, J., *Polymer J.* 2 (1971), 173—191.
- [38] Gross, B., *J. Electrochem. Soc.* 115 (1968), 376.
- [39] Asano, Yoshihiro. et al., *Japan. J. Appl. Phys.*, 11 (1972), 1139.
- [40] MURAYAMA, Naohiko. et al., *J. Polymes. Sci., Polymer Physics Ed.*, 13 (1975), 1033—47.
- [41] Perlman, M. M. et al., *J. Electrochem. Soc.*, 115 (1968), 45.
- [42] Khanna, S. L. *J. Chem. Phys.*, 46 (1967), 4989.
- [43] Sessler, G. M. et al., *J. Appl. Phys.*, 43 (1972), 922.
- [44] 高松俊昭, «高分子», 273 (1974), 832.
- [45] Carlsson, D. et al., *Can. J. Chem.*, 48 (1970), 2397.
- [46] Ikezaki, K. et al., *J. Electrochem. Soc.*, 122 (1975), 1356.
- [47] Sessler, G. M. et al., *J. Electrochem. Soc.*, 115 (1968), 836.
- [48] Sessler, G. M. et al., *J. Acoust. Soc. Am.* 53 (1973), 1589.
- [49] McDowell, C. B. et al., *Proc. 1971 IEEE Fall Electronics conf.*, 77—102.
- [50] Губкин, А. И. и др., *Проб. тех. эк.*, 3 (1968), 124.
- [51] Kreuzer, L. B. et al., *Science*, 177 (1972), 347.
- [52] Lienard, P. A., *Proc. Seventh Int. Congr. Acoust.*, Budapest, (1971), paper 19 Gr.
- [53] Legros, D. et al., *J. Acoust. Soc. Am.*, 53 (1973), 1662.
- [54] Nigam, A. K. et al., *Appl. Phys. Lett.*, 21 (1972), 229.
- [55] Richardson, D. E. et al., *IEE Trans. Audio*, 10 (1962), 95.
- [56] Seiwatz, H. et al., *IEEE Trans. Audio*, 12 (1964), 63.
- [57] Jefimenko, J., *Am. J. Phys.*, 39 (1971), 776.
- [58] Lainé, D. C. et al., *J. Phys.* D4 (1971), 444.
- [59] Fabel, G. W. et al., *Phys. Status. Solidi*, A6 (1971), 535.

# 中子弹是怎么回事？

黄祖洽

## 一、假缓和、真备战的产物

七月初以来，美国报刊纷纷报道了有关美国正准备在欧洲部署中子弹，供北约组织的战术导弹或大炮之用的消息。七月十三日，美国参议院通过授权美国总统卡特着手生产中子弹。中子弹的部署，说明以美帝为首的北大西洋公约组织，在苏修咄咄逼人的军事压力前面，想用这种新型的核武器来抵消苏修在常规军事力量和一般核武装力量在欧洲方面所占的优势。这是当前苏美两霸假缓和、真备战，疯狂地迅速扩充和加强战争力量，企图争霸全球的又一具体表现。什么“缓和”，什么“裁军”，什么“限制战略武器”，什么“防止热核战争”，统统都不过是两霸互相欺骗和麻痹世界人民的鬼话！事实上，所谓“欧安会”开后一年来，苏美两霸扩军备战的步伐日益加剧，他们在全球（特别是在欧洲）的军事力量有增无已，所部署的各种武器花样翻新。“欧安会”实际上就是“欧危会”，这一真理已经越来越为人们所认识了。

中子弹是怎么回事？是不是一种前所未有的“神秘武器”呢？它和普通的核弹（包括原子弹和氢弹）有什么关系？又有什么不同呢？从具体技术设计和制造方面说，中子弹目前的确还被美帝看成一种绝密的

军事武器，并且被当成和苏修争霸的一张王牌。但是，从一般原理上看，中子弹也并没有什么“神秘”之处：它不过是一种经过特殊设计，减弱了它爆炸时的冲击波和热辐射的破坏作用，加强了有高度贯穿能力的中子辐射的杀伤作用的核弹。因此，中子弹有时又被称为“强辐射武器”。很久以来，人们就不时谈到中子弹，事实上，据报道，美国的洛杉矶阿莫斯实验所和加利福尼亚州利弗莫尔实验所远在二十年前就已经开始进行有关中子弹的设计研究了。这两个实验所是美国核武器的研究设计机构。

## 二、从核弹的基本物理过程讲起

大家知道，一般核武器的破坏作用是由于大量核能在极短时间（约 $10^{-7}$ 秒）内释放出来引起的。不同核弹爆炸时放出的能量相当于从千吨级到千万吨级TNT炸药爆炸时释放的能量<sup>1)</sup>。释放核能的基本物理过程，对于原子弹来说，是中子在（达到了超临界状态的）可

1) 一千吨TNT炸药爆炸时释放的能量大约相当于 $10^{12}$ 卡的热量，或 $4.2 \times 10^{13}$ 尔格的能量，或56克铀-235全部裂变所释放的能量，或5克氘和7.5克氚全部聚变所释放的能量。