

驻极体传声器

(专题译丛)

中国人民解放军字一八三部队

一九七一年四月

毛 主 席 语 录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

说 明

薄膜驻极体传声器是近几年来国外研制成的一种新型电容式传声器。据称，这种传声器既具有普通电容式传声器所有优点，又克服了其需另加偏压、电容量低等缺点，结构简单，易小型化，有希望在多种特殊环境下使用。当然，也还存在一些有待解决的问题，例如：耐高温、高湿度性能差等。

在伟大领袖毛主席的英明领导下，我们伟大社会主义祖国的电子工业正在飞速发展。用战无不胜的毛泽东思想武装起来的**中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。**

为了配合薄膜驻极体传声器的研制，遵照伟大领袖毛主席关于“**洋为中用**”的教导，我们和京字 127 部队、国营北京第一无线电器材厂等单位共同编译了本专题译丛，供有关同志参考。

由于这些资料来源于资本主义国家，吹嘘及弄虚作假之处一定很多，我们应遵循伟大领袖毛主席关于“**批判地吸收外国文化**”的教导，批判地吸收其中一切有益的东西。

由于我们活学活用毛泽东思想不够，业务水平有限，编译错误之处请批评指正。

编 译 者

目 录

1. 驻极体的应用.....(1)
2. 薄膜驻极体的制造和电荷的衰变.....(7)
3. 薄膜驻极体及其在电容传声器中的应用.....(14)
4. 薄膜驻极体传声器.....(22)
5. 优质而高可靠的驻极体传声器.....(32)
6. 电话装置用驻极体送话器.....(39)
7. 薄膜驻极体送话器.....(46)
8. 薄膜驻极体式抗噪声传声器.....(50)
9. 电话换能器的探索.....(56)

驻极体的应用

本文叙述并讨论了电驻极体、热驻极体、光驻极体、放射性驻极体^(注)和磁驻极体的众所周知的应用,并特别详述了磁驻极体的发展。对于在日本、印度、西德、苏联、匈牙利、巴西和美国就诸如换能器、功率变换器、发电机等的应用以及用于数据存储和再现等方面所作的研究和发展进行了讨论。本文叙述了 Xerox 复印机的发展,并对所提出的可能的研究和应用的发展进行了讨论。

仪器设备研究者把希望寄托于发展改进的驻极体。驻极体是一种永久极化了的电介质,能够用于静电场作电源。“驻极体”这个词是 1885 年由英国物理学家奥利弗·赫维赛为了叙述作为永久磁铁的电类似物的这种永久极化了的电介质而创造的。

制造驻极体的第一个工作者是日本物理学家江口,他于 1919 年制成了驻极体。他在研究经固化的油类和蜡类的导电性的过程中发现了这种现象。他以相等分量的巴西棕榈蜡和树脂^①的熔化的混合物(大约 120°C)制得了驻极体。一个浅的圆金属盆作一个电极,而用绝缘绳悬挂的一个空的金属盘作另一个电极。盆和盘电极都涂上锡箔。在冷却过程中施加 10 千伏/厘米的电场。此后这项技术得到了改进,即把熔化的混合物灌注到衬有锡箔的电容器内,并把整个装置放入油槽中,以便控制冷却速度。

经过冷却并将电场除去后,冻结的混合物即呈现内部电极化。在原来连接正电极的样品的表面上测得负电荷,在连接于负电极的表面上测得正电荷。这些测量过的电荷后来被命名为“异号电荷”,意思是不同的电荷。异号电荷在几天之内即衰变,并出现相反符号的表面电荷。这些电荷被叫做“同号电荷”,即与极化电极相同极性的电荷。江口发现将驻极体保存于干燥器中并使其电极短路,可保持其特性达三年以上。由于他把一个驻极体分割成两部分而成为两个永久驻极体,所以他下结论认为驻极体特性是一种体积现象。后来又确定异号电荷是体积极化,而表面上的同号电荷,则是由于在电极及大气的作用下的异号电荷的衰减所形成的。现在还没有出现能够成功地解释全部驻极体现象的理论。

现在所知道的各种形式的驻极体是根据它们极化所用的物理方法来命名的。江口最早制成的驻极体现在被叫做热驻极体;仅用施加电场的方法来得到的驻极体叫电驻极体;使用光线照射制得的驻极体叫光驻极体;利用 γ ——辐射制得的驻极体叫做放射性驻极体;而在磁场中制得的驻极体则叫做磁驻极体。在美国使用广泛和较成功的仅是光驻极体。

热驻极体

继 1951 年到 1955 年的研究工作之后,堪萨斯大学根据陆军通信兵合同制成了几种热驻极体装置。他们制成了下列驻极体装置:辐射剂量计、传声器,耳机、静电计、炸药的引火装置和直流发电机。

1935 年, R. E. 拉瑟福德使用永久驻极体制成传声器而获得美国专利。1940 年左右英国格门特和当时的美国都获得了几种关于驻极体用于传声器、静电计和扬声器^②的英国专利。

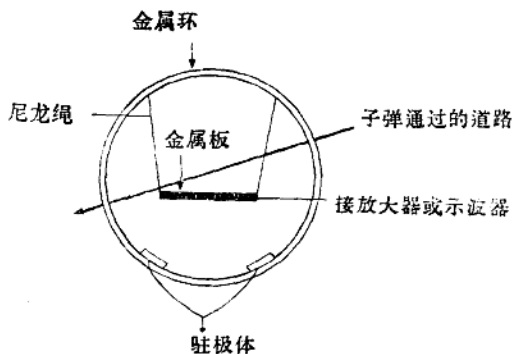
注:放射性驻极体又叫“人工驻极体”或赝驻极体。——译者注——

然而，直到第二次世界大战，当得知日本人已实际应用驻极体时，我们才真正注意这个国家。被缴获的日本野战式电话机和送话器中使用了驻极体来提供极化电压，在振膜后面通常所用的金属片已被驻极体所代替。由于声波的作用使振膜振动时，振膜和驻极体之间的电容产生变化，因而使电荷比也发生变化。由于与这些变化成比例的相互作用而产生一个交变电流。采用驻极体的送话器和电话都不需要电源，具有很高的内部电容，而且还可使用于声学测量和在音频电桥和补偿电路中作为零指示器。自 1962 年以来，贝尔电话实验室一直在进行采用一种聚酯⁽¹²⁾薄片驻极体或薄膜驻极体制电容耳机和送话器的研究工作，这些器件的电容量较普通电容式器件的电容量大十倍⁽²⁾。

赛斯勒尔和威斯特曾讲述过使用电介质薄膜例如碳氟化合物的固体电介质薄膜制成电容传声器。这种电介质薄膜是在高温下的静电场中进行预极化处理的，它具有下列特性：(a) 不需要直流偏压，(b) 在多年的期间内灵敏度稳定，(c) 能在很大的温度和湿度范围内工作，(d) 具有较大的电容量⁽⁴⁾。该电容量大是和电极之间间隔较小及薄膜的介电常数较大有直接关系。由于采用薄膜驻极体作为换能器，使很多测量仪器的设计更为实用。用薄膜驻极体代替现在传声器结构中的振膜，由于驻极体受到振动、加速度、压力等的激励，所以便能得到来自驻极体的一个相称的交变电流读数。有人已指出，在公路研究中需要一种铺路振动计，这种振动计用这种方式便可成功地得到发展。

自第二次世界大战以来，苏联也重新开始对驻极体感到兴趣。他们对驻极体进行极化处理并已应用于传声器、电话、静电计、湿度计和摄影技术等。

1949 年，帕吉特曾报导了在测量枪炮发射子弹速度的计时器中使用驻极体的文章⁽⁵⁾。将两个椭圆形的金属环固定在台架上，两者按规定的距离分开。在每个金属环里用尼龙绳悬挂一片扁平的小金属板，这样便构成一个电容器，金属环和金属板分别是一个电极。这些电极通过适当的放大器被连接于一个示波器。再将驻极体固定在两个金属环中的每个金属环的内缘上，便可完成该装置。当子弹或炮弹通过金属环时，使电容改变，示波器屏上便出现脉冲信号。校准示波器可给出脉冲之间的时间间隔。知道了金属环之间的距离，可简便地计算出子弹的速度。



图一. 电容器

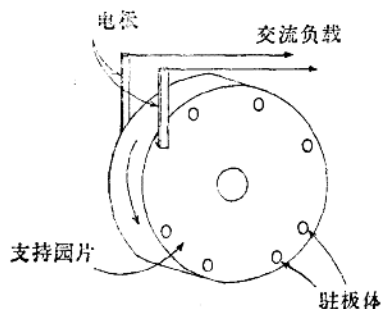
1957 年，苏联的科学家发现用无机的钛酸盐或陶瓷材料能够制成较稳定的驻极体。因为共介电常数大、体积电阻率高、熔点和居里点高以及电场的极化响应大而且慢，所以这些材料具有许多优越性。使用陶瓷介质片制备稳定的驻极体，其工序和有机材料的工序实质上相同，所不同的是没有熔融状态。

把一个 5 毫米厚、大约 60 毫米直径的样品放置在 30 毫米直径的电极圆片之间，并施加一个 20 千伏/厘米的电场。将样品保持在室内温度达 30 分钟，再在 2 小时之内升高到 200℃，并保持该温度达 2 小时，然后在 2 小时之内降低到 65℃⁽⁶⁾。这些驻极体不必保持短路，并

注：采用聚乙烯对苯二甲酸酯——译者注——

且也不像有机驻极体对于湿度表现得那样敏感。因为驻极体由于涂层或潮湿薄膜的吸引力显然会自然发生短路，所以无需有意识地使其短路。辛辛那提大学已经成功地极化了钛酸锶驻极体^⑦。

1959年，苏联报导了一种能得到15,000伏的交流高压发电机。这是以一个活动圆片的简单图形为基础的^⑧。然而，以范德格拉夫带式发电机或一种旋转圆筒无刷发电机的原理研制静电发电机是大有希望的。现在美国空军正在研究用于空间推进系统的静电发电机。几种可能的主要电荷源现正在研究之中：放射性电容器、驻极体、化学电源、热电装置、光电装置和压电装置。由于驻极体能够在高真空或空间环境中很好地工作，所以使用驻极体的静电发电机具有明显的优越性^⑨。静电发电机的优点是功率重量比高和效率极高。因此，使用电场而不使用磁场作为工作基础的电化学变换装置，便需受到更大的注意。



图二. 静电发电机

光驻极体

公元前约600年，迈尔塔斯的赛尔斯^⑩发现用蚕丝摩擦过的琥珀能够吸住小羽毛、少量的稻草和棉绒。1600年，女皇伊利莎白一世的内科医生威廉·吉尔伯特指出，除去琥珀之外，很多物体也表现出这种效应。在此以前，几乎没有更多的知识贡献到静电学方面来。1932年有人建议在驻极体上录音^⑪。二十世纪二十年代，匈牙利布达佩斯Tungsram研究实验室的物理学家赛林尼发展了一组有趣的静电记录方法^⑫。赛林尼称谓电记录法的方法，是用电子束或离子束在绝缘表面上书写并用粉末把影像显示出来。电分析的方法是在空气中使用一个短离子束^⑬。所要记录的信号使该离子束的强度发生变化，并不使它产生偏转。涂氧化钨的钨丝的热阴极，有一部分被封装入带有一个圆形或线状孔隙的金属盖之中。此金属盖作为一个控制电极或栅极。阳极是一个固定在栅极孔隙前面旋转的金属圆筒。在金属圆筒上涂一层绝缘材料或者复盖一层绝缘薄片。从阴极上出现的电子附着在气体分子上，并受到通过栅极孔隙的阳极电压所激励而聚集在阳极的绝缘外层上。当阳极圆筒旋转时，即出现一条电荷的螺旋线。在栅极上施加一个小信号电压时，电子束的强度改变，因而呈现出可变的电荷密度线。在绝缘层上撒一层能够固定的可见记录的细粉末。因为该系统反应极其迅速，适用于记录很快的电气现象，诸如脉冲电压、放射现象和波形图等。

1936年，赛林尼对于由传真扫描^⑭所形成的静电影象的粉末显影所做的工作，又引起卡尔森^⑮对于在光电导的绝缘层上的静电影象的形成进行了一番研究，结果获得了叫做静电显象术^⑯的专利。接着又得到了自动拷贝机的专利。该拷贝机在制造和试验方面都得到了一些成功^⑰。这是采用一种光驻极体现象又叫做干燥显象术(干燥记录)的方法。此方法是先给导电地板上的一层光电导的或光电的电介质材料的表面充电，然后把它暴露于光图象下，使被照亮的区域释放电荷，在这层电介质材料上便留下一个与光图象相一致的静电潜象。

1944年，巴特莱纪念会将上述方法作了进一步的发展。1947年，纽约州罗彻斯特的Haloid公司开始支持巴特莱纪念会所进行的研究工作。1948年10月22日美国光学学会在底特律首先公开宣布和表演了这种方法^⑱。1950年Haloid Xerox公司将该方法作了进一步的

发展,并制成 Xerox 拷贝机投入市场^⑩。

自 1950 年以来,在静电记录领域内,在干燥显象术、电记录法和非光学系统等方面的研究和发明都有所进展。1954 年美国无线电公司以 Electrofax 为名发表了一系列的粘合(剂)式静电显象技术^⑪。其基本特点是使用一张直接记录式的静电显象纸,该显象纸基上涂复一层掺入树脂粘合剂的氧化锌的白色或去白色的光电导绝缘涂层。所介绍的磁刷法,是使用磁体上的铁粉和粘合色调粉在静电影象上扫过,这样便在 Electrofax 显象纸上直接融合成粉末影象而制成最后的拷贝。

纽约大学已提出在数据存储和显示器中使用磷光驻极体(永久性的内部极化)^⑫。施加 200 伏直流的同时,使磷粉层受到光的激励,可分别产生 10^{-8} 和 10^{-7} 库仑/厘米² 之间的电荷密度。样品的电容量约为 10^{-11} 法拉/厘米² 的数量级,而所得到的能量贮存则是在 10^2 和 10^3 尔格/厘米² 之间。

还介绍了一种模拟电介质记录器,这种记录器中,电介质的电荷经电离空气的导电途径聚集在圆筒的绝缘涂层上,电离空气则是由稳定的射频电晕放电所产生的^⑬。然后使用接收探测器扫描探测信号。

在聚酯和其他塑料带上静电记录信号的另一种系统,涉及到在刀刃和弹性垫片的电极之间带动平衡的或预加偏压的带子^⑭。

曾有人研究过一种使用静电学原理的 X 射线显象的方法——电离显象术^⑮。用 X 射线引起空气电离使带电的塑料薄片放电,再用粉末显示影象。

还叙述过一种静电热显象术,这种方法是利用所加电荷的热耗散作用进行静电印刷^⑯。将一带电的塑料层(例如聚乙烯)和吸热的原始影象相接触,并被暴露于热射线。原始影象的符号所吸收的热量,可使塑料层上的相应点的温度提升,因而使其电阻率降低。在塑料层上便形成一电荷分布图,并用粉末显示出来。原基部仍然保留电荷,但符号上的电荷已被释放,这样便制成一负片。

放 射 性 驻 极 体

1961 年,伯恩哈德·格罗斯和普莱斯顿·摩菲发展了放射性驻极体^⑰。巴西棕榈蜡和聚四氟乙烯薄膜中的驻极体状态是由于钴⁶⁰所发出的穿透性的 γ 射线和电场的同时作用而产生的。应用新的放射性驻极体或 γ 照射对驻极体的去极化作用,可从辐射指示器和积分剂量计的指示中得到预知。所得到的驻极体状态是直接和辐射剂量成比例。人们发现,根据指数定律,辐射对热驻极体有去极化作用,其衰减常数约 1 毫伦琴。这些方法中的任一种方法对于直接读出式剂量计的发展都是有希望的。

1962 年,格罗斯和戴·莫雷斯作出了驻极体存在均匀的体积极化的一个相当明确的证明^⑱。他们使用解剖技术来测定一种巴西棕榈蜡热驻极体的内部电荷分布。通过测量,得到了与厚度无关的衡定的值,这就证明了体积极化的存在。

磁 驻 极 体

1964 年,印度博帕尔的巴特纳加介绍了最新的驻极体——磁驻极体^⑲。使热熔化了的巴西棕榈蜡,在 1 毫米厚、2 厘米直径的圆盘中固化,并把它加热到大约 80°C ,这个温度刚

好在蜡的熔点之上。用一稳定的直流电通过电磁铁来施加均匀的磁场(产生 6000 高斯的均匀磁场)。使蜡逐渐冷却,当温度降低到 40°C 时,便把该磁场断掉。用静电计测量该磁驻极体的电荷是 3—4 个静电单位,它对于湿度和短路的灵敏度和其他驻极体相同。后来, M. L. 凯尔和巴特纳加教授用微晶蜡、虫胶蜡、剑麻蜡、蜂蜡、石蜡、聚乙烯和一种介电有机玻璃制成了磁驻极体^③。并且巴特纳加还研究了巴西棕榈蜡磁驻极体的电荷衰减特性^④。

格罗斯的假定三种独立的现象(喷射电荷、离子位移和偶极子取向)的重叠的理论,是驻极体的形成和电荷衰减的性质和机理的最能令人接受的理论^⑤。在这种情况下,喷射电荷的影响一定要排除掉,因为电介质在电场下不会固化^⑥。巴特纳加指出,离子位移和偶极子取向形成了所观察到的电荷。可以观察到,在较高温度下制得的磁驻极体,其电荷的逆变所需的时间较长,这可能是由于在较高温度下较大数量的离子所引起的,这些离子可能重新结合而形成偶极子,也可能随着时间而中和。

欧德尔所报导的磁电效应^⑦已被建议用于记录数据和用来测定晶体的磁对称。可能磁驻极体也具有同样的应用。

结 语

看来采用电容传声器的原理,应用热驻极体装置来测量加速度、压力、高度、旋转、振动等是有希望的。热驻极体已经在静电计中证明有优越性,因为热驻极体能够在一个狭窄的间隙中产生强烈的静电场,并且能够代替通常的电源而大大减小仪器的尺寸。已被付诸于有益的、使用的光驻极体,能够利用其光波输入的特性,用于各种测量装置中作为换能器。因此,在驻极体领域中似乎大有研究和发展的前途。

参 考 文 献

- ① M. Eguchi, Phil. Mag., 40, 178 (1925).
- ② A. Gemant, Rev. Sci. Instr., 11, 65 (1940).
- ③ G. M. Sessler and J. E. West, "Electrostatic Microphones with foil electret," International Congress on Acoustics, 5th, Liege, Belgium—Congress Report 1-6, 1965 paper J-42, 4 pp.
- ④ G. M. Sessler and J. E. West, J. Acoust. Soc. Am., 40, No. 6 (1966).
- ⑤ E. D. Padgett, Tele-Tech, 8, 36 (1949).
- ⑥ A. N. Gubkin and G. I. Skanavi, Zh. Eksperim. i Teor. Fiz., 32, 140 (1957) Soviet phys. JETP English Transl., 5, 1, 140 (1957).
- ⑦ H. Weik and V. L. Lambert, Phys. Rev. Letters, 10, No. 2, 51 (1962).
- ⑧ "Electrets—Electric Analogs of the Magnet," Tekhnika Molodegghi, No. 3, pp. 37-39 (March 1959).
- ⑨ R. E. Mathew, Elec. Eng., 81, No. 11, 850 (1962).
- ⑩ "Encyclopedia Britannica," Vol. 8, p. 169 (1955).
- ⑪ R. E. Rutherford, U. S. Pat. 2,200, 741, May 14, 1940.
- ⑫ P. Selenyi, Z. Physik, 47, 895 (1928) etc.
- ⑬ P. Selenyi, U. S. Pat. 2, 143, 214, Jan. 10, 1939.
- ⑭ P. Selenyi, Electronics, 9, 44 (1936).
- ⑮ "History of Electrostatic Recording," C. F. Carlson, "Xerography and Related Processes," Focal press. N. Y. (1965).
- ⑯ C. F. Carlson, U. S. Pat. 2,297, 691, Oct. 6, 1942.
- ⑰ C. F. Carlson, U. S. Pat. 2,357, 809, Sept. 12, 1944.

- ⑮ R. M. Schaffert and C. D. Oughton, J. Opt. Soc. Am., 38, 991 (1948).
- ⑯ Time Magazine, pp. 92-93, April 12, 1963.
- ⑰ C. J. Young and H. G. Greig, RCA Rev., 15, 469 (1954).
- ⑱ H. P. Kallmann and J. Rennert, Electronics, 32, 39 (1959).
- ⑲ V. C. Anderson, Rev. Sci. Instr., 28, 504 (1957).
- ㉓ D. E. Richardson et al., Proc. IRE, 50, No. 3, Part 1, 356 (1962).
- ㉔ Nondestructive Testing, 17, 297 (1959).
- ㉕ P. M. Cassiers, Phot. Sci. Eng., 4, 199 (1960).
- ㉖ P. V. Murphy et al., J. Chem. phys., 38, No. 10, 2400 (1963).
- ㉗ B. Gross and R. J. de Moraes, ibid., 37, No. 4, 710 (1962).
- ㉘ C. S. Bhatnagar, Indian J. Pure Appl. Phys., 2, No. 10 (1964).
- ㉙ M. L. Khare and C. S. Bhatnagar, ibid., 3, No. 9 (1965).
- ㉚ C. S. Bhatnagar, ibid., 4, No. 9 (1966).
- ㉛ B. Gross, J. Chem. Phys. 17, No. 10, 866 (1949).
- ㉜ "Magnetoelectrics—A New Class of Materials," T. H. O'Dell, Electronics and Power, pp. 266-267, Aug. 1965.

译自 Electrochemical Technology Vol. 6 No. 1-2 pp. 3-6
(1968).

"Electrets—Applications unlimited?
Virginia Ann Johnson Carbauh.

薄膜驻极体的制造及其电荷的衰变

此项工作的目的是获得带电的介质薄膜——驻极体，这种驻极体在开路状态下数年间还保持有电荷。这样的薄膜引起人们日益注意，因为利用其电势可做实用的器件，如电容传声器、静电录音头和空气滤波器等。从给薄膜充以极强的电荷到测量其电荷衰变速度的工序均已发明。在各种温度下，用不同的充电方法对不同材料充电，以便比较其电荷衰变的工作也已经进行过。研究出一种方法，即是采用高温下短暂的电荷衰变时间的外推法，可以预测出室温下驻极体的长寿命。已识别出许多材料适宜成为极长寿命的驻极体。

具有大量净同号电荷的驻极体的制造

驻极体的同号电荷衰变时间一般要比异号电荷的长得多。因此，希望能获得带有大量净同号电荷的样品。此项研究中采用的薄膜的厚度为0.25—5密耳。如果这类薄膜用通常的方法充电，即将其放在两块金属电极之间，加热并加电场，则获得净异号电荷。假若还想增大电场以获得净同号电荷，则通过电极表面上的疵点、灰尘点或微观的不均匀点将立刻产生电弧。

要想没有电弧而产生大量净同号电荷，可以在金属电极和薄膜之间插入适当的介质^①。插入的介质、空气隙和薄膜就组成一个五层电容器(图1)。(为了消除介质——电极之气隙，把插入的介质远离薄膜的一面加以金属化)。各层中的电场可以用麦克斯韦方程来确定。从空气隙的电场表达式就可以解释为什么用插入的介质能得到大量的净同号电荷。

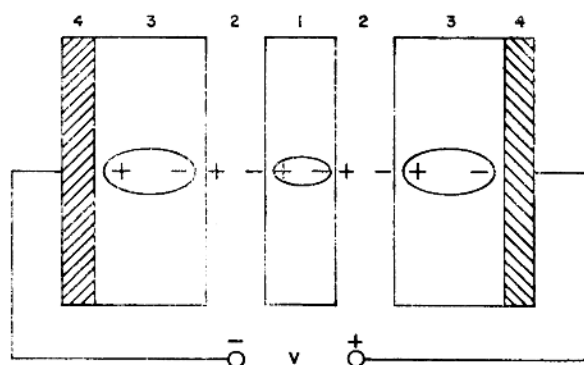


图1. 有插入介质的五层电容器：1—薄膜；2—空气隙；3—插入的介质；4—金属电极。

假设气隙的作用就象一个介电常数为1的理想介质，利用电场的线积分定律，高斯定律和与电位、场强和极化强度相联系的表达式，可以得到^②

$$E_2 = \frac{V + [d_1(P_1 - \sigma_{r1}) + 2d_3(P_3 - \sigma_{r3})]/\epsilon_0}{d_1 + 2d_2 + 2d_3} \quad (1)$$

式中 E_2 是气隙中的电场强度； V 是外加充电电压；下标 1、2 和 3 分别表示薄膜、空气和插入介质； d 是厚度； σ_r 是实际的同号电荷； P 是体极化强度或异号电荷。

在 $t=0$ 时, 没有同号电荷, 即 $\sigma_{r1}=\sigma_{rs}=0$ 。当充电时, 异号电荷 P_1 和 P_3 增加, 致使气隙中产生电场。最后, 这个场强超过气隙中空气的击穿强度, 出现雾状放电 (即同号电荷沉积), σ_{r1} 和 σ_{rs} 增大。式(1)中的分子因而减小, 然后气隙场强下降到击穿值以下, 放电消失。异号电荷接着又增加, 如此循环下去。

充电时, 有或没有插入介质都会出现异号电荷和同号电荷。可是, 有插入介质时, 插入体的极化对气隙场强的作用与薄膜的极化对气隙场强的作用的相比是 $2d_3P_3/d_1P_1$ 。在这些实验中, 后面这一量值的范围是 25—500 之间, 因为插入介质是 1/16 吋厚, 薄膜是 0.25—5 密耳厚, 而 P_3 和 P_1 是相同数值。用没有插入介质时气隙场强表达式与式(1)对比 (在式(1)分子中, 令 $d_3=0$; 分母中 $2d_2+2d_3$ 是空气隙的厚度), 可以看到, 在极化过程中有插入介质时气隙击穿的时间要比没有插入介质时长, 所以在前一情况中, 可以得到较大的同号电荷。图 2 示出了两种情况下气隙的典型电压与时间的关系曲线。可以注意到在前一种情况下击穿的频率较大。 V_0 是气隙的击穿电压。

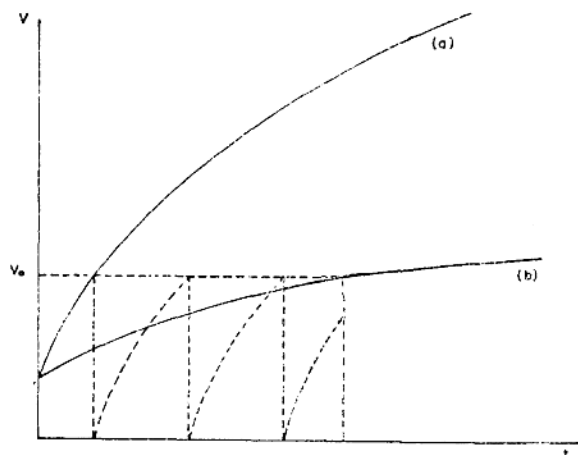


图 2. 气隙电压 V 与时间 t 的关系曲线
(a) 带插入介质; (b) 无插入介质。

如果要想没有插入介质时向一个理想的介质上充电, 则式(1)分子中 $d_3=0$, 气隙是 $2d_2+2d_3$, $\sigma_{rs}=0$, P_1 是常数, 因此气隙场强为常数, 反复的击穿也就不会出现。有插入介质时, P_3 变化, 出现异号电荷——同号电荷的循环。显然, 这就可以利用足够强的电场产生电晕

或唐森德放电, 从而在整个薄膜上产生同号电荷 (理想的或非理想的)。有插入介质时充电产生大量的同号电荷, 同时还在非理想的介质上产生体极化, 这对我们所考虑的长寿驻极体是很需要的。

绝大多数样品在 5 千伏下充电, 时间半小时, 温度 120°C 。最初的场强在薄膜中是 30 千伏/厘米, 气隙中是 100 千伏/厘米, 插入介质中是 20 千伏/厘米。最初获得的电荷约 5×10^{-8} 库仑/厘米²。整个薄膜一面金属化, 装入传声器中, 其带电表面与金属背极接触。薄膜仅是部分受掩蔽, 因为膜表面与背极之间的平均气隙和薄膜的厚度是同一数量级。

测量电荷时, 加声压使薄膜振动, 输出信号加到示波器上, 再在薄膜金属化面与背极间加一适当的直流偏压, 使输出信号为零^③。

净表面电荷 ($\sigma_r - P_s$) 和偏压 V_B 之间有如下关系:

$$(\sigma_r - P) = K\epsilon_0 V_B / d_1 \quad (2)$$

式中 K 是薄膜的介电常数, ϵ_0 是自由空间的导电率。

典型的带有同号电荷和异号电荷的薄膜驻极体

利用插入介质进行极化时, 整个薄膜获得了大量的净同号电荷; 若没有插入介质, 则主要

是净异号电荷。不过,不论有无插入介质极化,同号电荷和异号电荷都将同时存在。图 3 和图 4 所示就可以说明这一点。图 3 中,一片 5 密耳厚的聚酯薄膜无插入介质极化,最初有偏压为 1200 伏异号电荷。(利用式(2),代入介电常数和薄膜厚度的适当值,可以把所述 V_B 的值换算成净表面电荷密度 $\sigma, -P_s$)。电荷在室温下衰变,经 20 天下降到 200 伏。要是把样品加热到 80°C,衰变速度加快。在 4 小时内净异号电荷衰变到零,并反号到 48 伏的净同号电荷。图 4 中,一片 5 密耳的聚酯膜,有插入介质极化,最初有偏压为 500 伏的净同号电荷。80°C 时电荷衰变。开始一小时,净同号电荷增至 750 伏,以后十天则衰减。开始时净同号电荷的增长是因为异号电荷的衰减,这也正好证实了在净同号电荷样品中同时存在着同号电荷和异号电荷。有插入介质极化的样品中的实有同号电荷至少比无插入介质极化的多 15 倍。

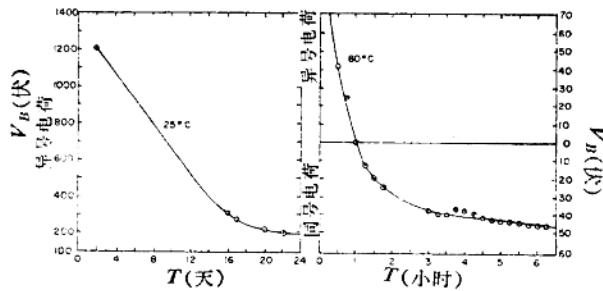


图 3. 驻极体净异号电荷的衰变 (5 密耳聚酯膜, 充电时无插入介质)。

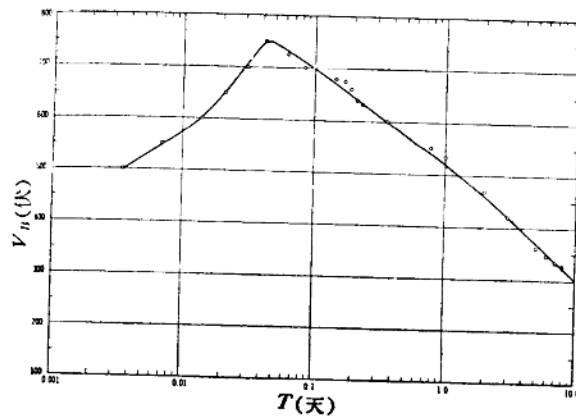


图 4. 驻极体净同号电荷的衰变 (5 密耳聚酯膜, 充电时有插入介质)。

要在薄膜驻极体中产生同号电荷必须要有空气击穿。为了证实这一点,在室温下,将 0.25 密耳的聚酯膜在 10^{-5} 托的真空中极化。极化过程中用一个可分电容器来测量电荷,可以看到在十天中,异号电荷缓缓增加。如果将样品加热,净异号电荷就衰减到零,甚至电荷反号,这就证实了在真空中仅有异号电荷。

上述试验表明:在处理两种共存的电荷的衰变时,结果出现一种净表面电荷的衰减,即薄膜中的真正的驻极体现象。

各种温度下电荷衰变的比较

在室温和高温之下对多种不同薄膜材料的电荷衰变进行了比较。图 5 是室温下几种薄膜材料的电荷衰变曲线。其中 1 密耳厚 K-1 聚碳酸酯驻极体^①，7 个半月内都没测量到电荷的衰变。目前这些测量工作还正在延长。K-1 聚碳酸酯在室温下储存一年半后，也没测到其电荷的衰变。其测试点是 375 伏的初始偏压，变化范围是 $\pm 6\%$ 。图 6 比较了 95°C 下各种驻极体薄膜的电荷衰变。图 7 比较了 130°C 时 K-1 聚碳酸酯膜和聚氟化乙烯丙烯膜的电荷衰变。

K-1 聚碳酸酯驻极体是所试验过的所有材料中最好的一种。这种材料若应用于传声器，在宽温度范围内寿命很长，机械性能理想。从图 5 和图 7 看来，在室温下 K-1 聚碳酸酯比聚氟化乙烯丙烯寿命长，而在 130°C 时，K-1 聚碳酸酯稍差。聚氟化乙烯丙烯驻极体在所选择的材料中居第二位，它的寿命比聚酯和其它许多种薄膜长，可是高温时在应力下它有流动的倾向。

在室温下 H-薄膜比聚酯膜次。但在 95°C 时较好。Makrofol KG 聚碳酸酯和聚丙烯 (Profax) 是短寿命驻极体。另外两种其电特性有发展前途的薄膜是 Surlyn 薄膜和聚苯乙烯膜。它们的体电阻率高，工作温度低。在室温下除 K-1 聚碳酸酯膜外，Surlyn 膜的寿命比所有其它薄膜都长，可是只要比室温高 10°C，其衰变甚至比聚酯膜还要快。

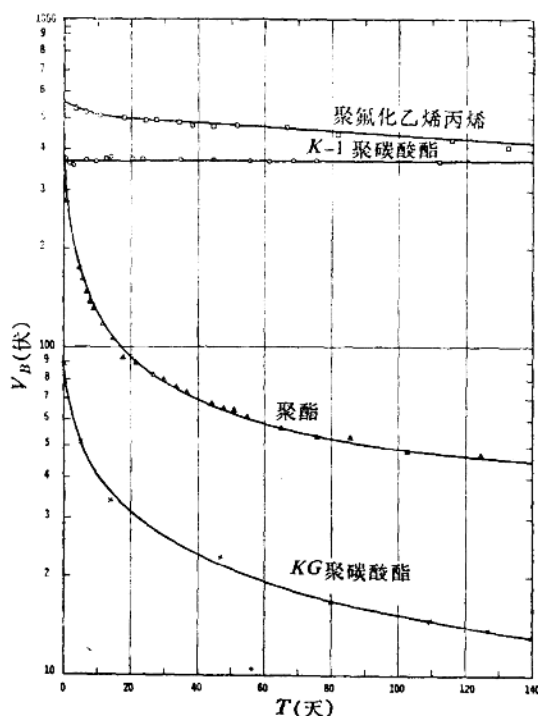


图 5. 25°C 时各种薄膜材料的电荷衰变

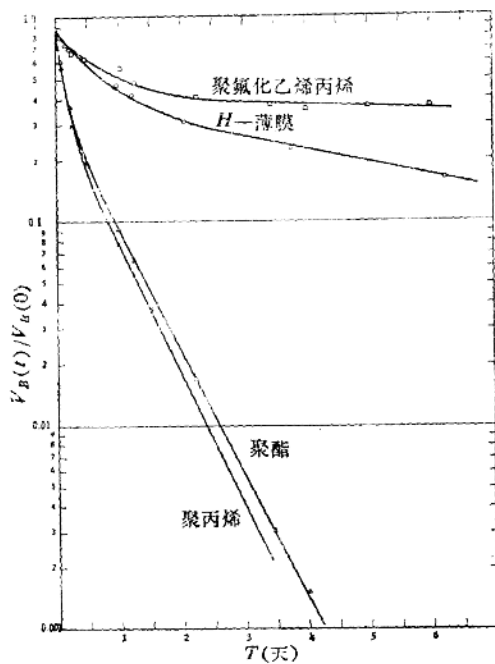


图 6. 95°C 时, 各种薄膜材料的电荷衰变

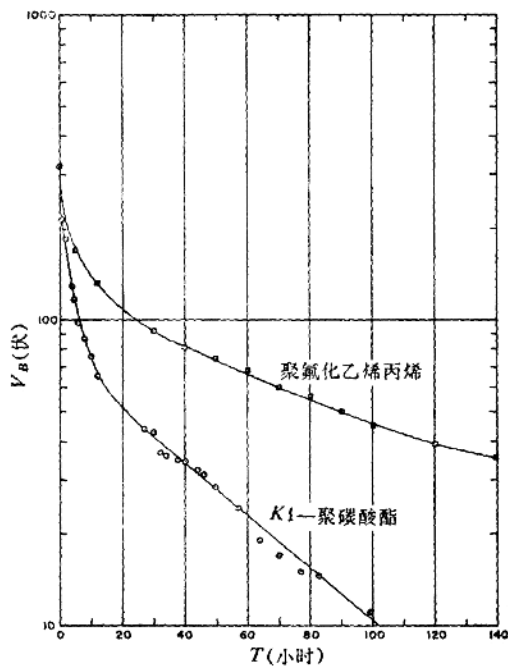


图 7. 130°C 时, 1 密耳厚薄膜的电荷衰变。

阿雷尼厄斯图的外推法

在高温下测量短暂电荷衰变寿命的外推法已经研究出来,采用此方法可预计出室温下的寿命长短。在许多电介质中,衰变一段时间之后,接下去的衰变可以用一个简单的弛豫时间 T_2 来表征。这个时间取决于绝对温度 θ ,如下式:⑤

$$T_2 = \alpha e^{\epsilon/k\theta} \quad (3)$$

式中 ϵ 是激活能, α 是常数, k 是玻尔兹曼常数。 $\ln T_2$ 对 $1/\theta$ 的阿雷尼厄斯图通常给出一条或多条斜率不同的直线。斜率在玻璃化温度上发生变化。

图8是1/4密耳厚的聚酯膜在25°—100°C的温度范围内实验的阿雷尼厄斯图。聚酯膜的玻璃化温度是80°C。低于此温度是非结晶形,高于此温度部分结晶。在80°C之上和之下的两条直线是很明显的。图8也画出了1密耳的K-1聚碳酸酯膜在5个不同温度的测试值以及1密耳聚氟化乙烯丙烯膜在三个不同温度的测试值。K-1聚碳酸酯在任何温度下都是非晶形的⑥。因此,有希望通过5个点描一根直线,并外推至室温。这就可得出长达千年的有效的寿命。如上所述K-1聚碳酸酯驻极体的电荷测了一年半均无变化。也可注意到,激活能可以从阿雷尼厄斯图的斜率来确定。

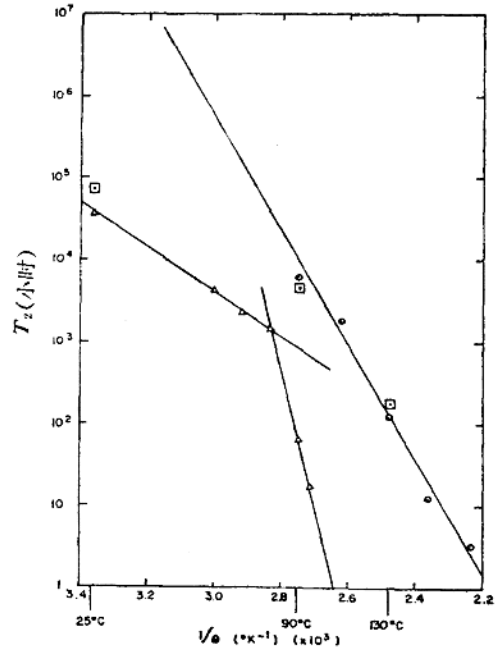


图8. 电荷衰变寿命的阿雷尼厄斯图。
△—0.25密耳聚酯膜; ○—1密耳K-1聚碳酸酯膜;
□—1密耳聚氟化乙烯丙烯膜

最佳寿命参数

当电介质在某一温度极化,而在另一温度衰变时,驻极体的净表面电荷与内电场、材料常数相关的理论目前不适用。不过,可以推测出影响寿命的某些参数。

净同号电荷驻极体的电荷衰变寿命之所以长,是由于存在着两种极性相反的电荷,这两种电荷都在衰变。如果同号电荷和异号电荷两者的衰变速率相同,则净电荷(即两者之差)就保持不变。因此,希望同号电荷和异号电荷衰变的速率要大体相同。

衰变时,净同号电荷驻极体内电场与充电方向相同。通常,体电阻率应很大 ($> \sim 10^{18}$ 欧-厘米),或者若气隙不为零,则在很短的时间内同号电荷通过传导就消失了。如果内电场与充电方向相反,则剩余的异号电荷在较短的时间内就衰减掉。因为电阻率大就意味着同号电荷衰变速率慢,所以对长寿驻极体而言,其材料的极化强度的变化必须相当慢。

一片掩蔽不完备的被充电的厚样品其内电场较小,而从实验来看,其寿命比薄样品长⑦。材料的结晶性对寿命有一种不利影响。在高温时电晕放电之下充电,以产生深透和吸收,可能延长同号电荷的寿命。还可以通过给理想介质加进各种离子杂质,从而控制异号电荷的寿命。

参 考 文 献

- ① P. Fatovic, "Fixture for Use During the Polarization of an Electret," Pat. pend.
- ② M. M. Perlman and C. W. Reedyk, Northern Electric Co. Final Report on Condenser Microphone Contract 9PJ4-40. The Department of Defence Production. Canada.
- ③ C. W. Reedyk. etc. «J. Electrochem. Soc.» 115, 49 (1968).
- ④ M. M. Perlman etc. "Long-lived K-1 Polycarbonate Electrets" Pat. pend.
- ⑤ P. H. Sutter etc. «J. Appl. Phys» 34, 734 (1963).
- ⑥ R. G. Devaney. «Proc. of the Sixth Electrical. Insulation Conference» Sept. 13-16 (1965).
译自 Journal of the Electrochemical Society Vol. 115. N. 1.
(1968). pp. 45-49.
Production and Charge Decay of film Electrets (M. M. Perlman and C. W. Reedyk).