

识,形成所谓星际分子波谱学。作为强有力的研究手段,预计波谱学今后还将进一步向各门学科渗透,其中最重要的趋势似乎是用波谱研究生物化学和生物物理的问题。

王天眷、张承修教授以及叶朝辉同志对本文提供了一些宝贵材料,深表感谢。

参 考 文 献

- [1] David J. E. Ingram, *Radio and Microwave Spectroscopy*, Butterworths, (1976).
- [2] Becker, *Applied Spectroscopy*, **26**(1972), 421.
- [3] Derek Shaw, *FT NMR Spectroscopy*, Elsevier Scientific Publishing Company, (1976).
- [4] D. T. Edmonds, *Physics Report*, **29c**(1977), 235.
- [5] R. Blünc et al., *J. Chem. Phys.*, **57**(1972), 5087.
- [6] Alan Corney, *Atomic & Laser Spectroscopy*, (1977), 535.
- [7] William Happer, *Rev. Mod. Phys.*, **44**(1972), 169.
- [8] J. P. Marchal and D. Canet, *J. Chem. Phys.*, **66**(1977), 2566.
- [9] K. P. Dinse, R. Biehl and K. Möbius, *J. Chem. Phys.*, **61**(1974), 4335.
- [10] J. K. Srivastava and R. Nagarajan, *Sixth International Symposium on Magnetic Resonance*, (1977), 45.
- [11] P. Mansfield, *Contemporary Physics*, **17**(1976), 555.
- [12] Paul. C. Lauterbur, *Sixth International Symposium on Magnetic Resonance*, (1977), 312.
- [13] P. Mansfield, *Sixth International Symposium on Magnetic Resonance*, (1977), 283.
- [14] R. G. Griffin, *Anal. Chem.*, **49**(1977), 951 A.
- [15] 孟庆安,《物理》, **6**, (1977),341.
- [16] W. P. Auc, E. Bartholdi and R. R. Ernst, *J. Chem. Phys.*, **64**(1976), 2229.
- [17] Arthur Rich, John C. Wesley, *Rev. Mod. Phys.*, **44**(1972), 250.
- [18] R. S. Van Dyck, Jr. P. B. Schwinberg and H. G. Dehmelt, *Phys. Rev. Lett.*, **38**(1977), 310.
- [19] Haroche, *Annales de Physique*, **6-4-5** (1971), 189, **6-6** (1971), 327.
- [20] Derek Shaw, *Scientific Instruments*, **7**(1974), 689.
- [21] W. Duncou and E. E. Schneider, *J. Sci. Instrum.*, (GB), **42**(1965), 395.
- [22] M. Keut and P. R. Mallard, *J. Sci. Instrum.*, (GB), **42**(1965), 505.
- [23] Muneyuki Date, *J. Phys. Soc. Jpn* (Japan), **39**(1975), 892.
- [24] Muneyuki Date et al., *J. Phys. Soc. Jpn* (Japan), **39**(1975), 898.
- [25] Harry Pfeifer, *Physics Reports*, **26c**(1976), 295.

陶瓷半导体的原理及应用

技术陶瓷教研室

(天津大学化工系)

引 言

随着热敏电阻、压敏电阻、CdS 太阳能电池、半导体瓷介电容器以及敏感元件等的研制和应用,陶瓷半导体这个名称渐渐被人们采用。

陶瓷是微细晶体的烧结体,它与单晶材料不同,是由晶粒及晶界构成的。正是由于陶瓷内部晶界的存在和利用,使得陶瓷半导体具有一些优于单晶半导体的特性。再者,陶瓷半导体的制造不要求象单晶半导体那样的高纯原料,而且便于大量生产,成本低,这些都是单晶

物理

半导体所不能相比的。

近年来,陶瓷半导体已成为陶瓷领域内极为活跃的分支,它已和非晶态半导体、有机半导体构成了一个新的半导体家族。

现在,概括地介绍陶瓷半导体有关的理论基础和应用。

一、陶瓷半导体基础

根据导电性质,物体区分为导体、绝缘体和半导体。陶瓷为绝缘体。如何使陶瓷转变为半导体,又如何利用晶界的特性来制造各种半

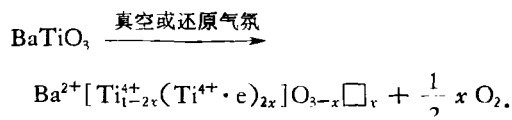
体器件,这些都是首先需要阐明的问题。

1. 陶瓷的半导化

BaTiO₃ 陶瓷在室温下的体积电阻率为 10¹²—10¹³ Ω·cm,通常是作为介质材料使用的。BaTiO₃ 的禁带宽度为 3 eV。如果要增大 BaTiO₃ 的电导率,使其变为半导体,则需要增加 BaTiO₃ 内的弱束缚电子。

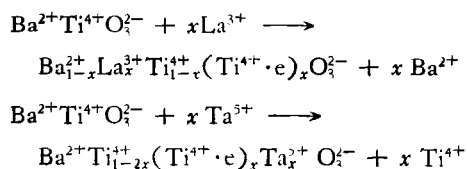
陶瓷的半导化有两种方法:强制还原法和掺杂法(原子价控制法)。

BaTiO₃ 在真空、惰性气氛或还原气氛中加热处理,可以获得电阻率为 10⁰—10³ Ω·cm 的半导体。这就是强制还原。强制还原时,失氧使 BaTiO₃ 内产生氧空位。为了保持电中性,部分钛离子俘获电子。被钛离子俘获的电子的活化能很低,在外电场作用下俘获电子很易移动,因而使电导增高。这个过程可用下式表示:



这里,氧空位(□_x)可看作是施主。由于氧空位的浓度很难于控制,这种办法只有在需要重掺杂时才被采用。

对高纯度的 BaTiO₃, 如果用离子半径与 Ba²⁺ 相近的三价离子(如 La³⁺、Gd³⁺、Sm³⁺、Dy³⁺、Sb³⁺ 等)来置换 Ba²⁺ 离子,或是用离子半径与 Ti⁴⁺ 相近的五价离子(如 Ta⁵⁺、Nb⁵⁺、Sb⁵⁺ 等)置换 Ti⁴⁺ 离子,这时,为了保持电中性,容易变价的钛离子,会有一部分 Ti⁴⁺ 俘获电子变为 Ti³⁺(即(Ti⁴⁺·e))。很明显,掺杂的三价或五价离子都是施主杂质。这就是掺杂微量的施主杂质使 BaTiO₃ 变为 n-BaTiO₃ 半导体的办法。这样得到的半导体称为原子价控制型半导体。原子价控制型半导体的形成机理可用下式表示:



实验表明,当采用上述施主掺杂时,施主浓

度对 BaTiO₃ 的电导率有明显的影。在施主杂质为 0.2—0.3 克原子%时, BaTiO₃ 电导率最高。进一步增高施主杂质浓度,则使 BaTiO₃ 电导率下降,以致最终又重新变为绝缘体。图 1

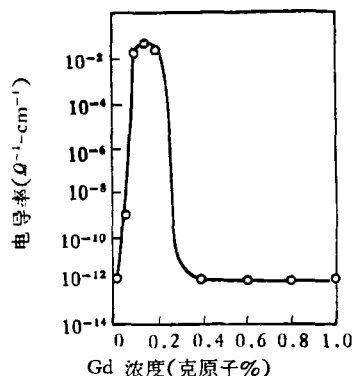
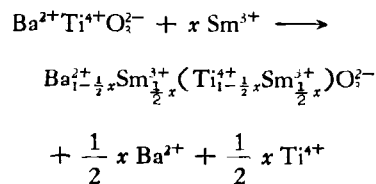


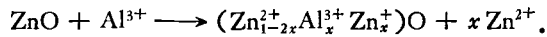
图 1 室温下电阻率与 Gd 掺杂量的关系

所示为掺杂 Gd³⁺ 时,掺杂浓度与 BaTiO₃ 电导率的关系。该现象是由于杂质浓度改变时,杂质离子在 BaTiO₃ 置换位置不同而引起的。例如,对稀土元素(Sm³⁺、Gd³⁺)掺杂的 BaTiO₃ 陶瓷,用电子自旋共振测定稀土元素置换位置的实验表明,当掺杂浓度小于 0.2 克原子%时,Sm³⁺ 离子占据 Ba²⁺ 位置,起施主作用;当掺杂浓度大于 0.2 克原子%时,Sm³⁺ 不仅占据 Ba²⁺ 位置,而且同时占据 Ti⁴⁺ 的位置,占据 Ti⁴⁺ 位置的 Sm³⁺ 则起着受主的作用。这样,由于电荷的补偿作用, BaTiO₃ 又重新变为绝缘体。当掺杂浓度增高, BaTiO₃ 陶瓷重新被绝缘化的机理可用下式表示:



实验证明,当在配料内引入适量的 SiO₂、Al₂O₃ 等氧化物时,采用化学纯的原料也可制成性能合于要求的 BaTiO₃ 半导体,这样,就可以使 BaTiO₃ 半导体更适合于采用陶瓷工艺大量生产。SiO₂ 及 Al₂O₃ 等的作用是在烧成时能够形成液相,使原料中有害的杂质溶解在晶界相中,从而消除了它们对半导化的不利影响。

对氧化物来说,同样可以采用原子价控制的办法使其半导化.例如,ZnO掺杂 Al^{3+} 离子时,部分 Zn^{2+} 离子将变为 Zn^+ 离子($Zn^{2+} \cdot e$),以维持电价平衡.这种弱束缚电子在外界条件的影下可形成导电的载流子,即ZnO变成了价控n型半导体.其间的关系可用下式表示:



2. 表面势垒

大家知道,通常的晶体二极管、晶体三极管等半导体器件,它们的工作都是以p-n结势垒区内载流子的运动规律为基础的,这些器件都属于p-n结器件.但是,对于陶瓷半导体来说,形成这样的p-n结势垒是难于实现的.例如,用上述的掺杂方法,分别以低于 Ba^{2+} 或 Ti^{4+} 的一价离子和三价离子置换它们,并不能得到P型 $BaTiO_3$.因为Ba高于二价及Ti高于四价的状态是不存在的,这时只能靠形成氧缺位使电性中和.所以,在室温下, $BaTiO_3$ 仅能形成n型 $BaTiO_3$.这样就不能在 $BaTiO_3$ 晶体内形成p-n结势垒.但是,陶瓷半导体可以形成表面势垒和晶界势垒,使制成各种陶瓷半导体器件.现在先谈表面势垒.

当n型半导体与金属接触,而且金属的功函数(ϕ_M)大于半导体的功函数(ϕ_s)时,则会引起电子从半导体一侧穿过界面向金属扩散.例如,n- $BaTiO_3$ 半导体表面烧渗上银电极就是这种情况.这样扩散的结果,在界面附近形成一个势垒,称作表面势垒,如图2所示.正负电荷之间形成方向由半导体指向金属的电场,阻碍电子从半导体向金属扩散.待过程达到热平

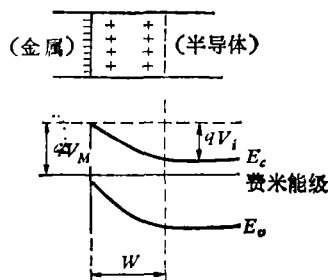


图2 金属与n- $BaTiO_3$ 的表面势垒($\phi_M > \phi_s$)

衡后,在界面附近就建立起一个宽度为 W 的相对稳定的空间电荷区.

表面势垒具有整流特性,即非对称的导电特性.当势垒两端加上正向偏压时,由于外电场与内建场方向相反,势垒高度(qV_i)降低,势垒宽度(W)减小,电流导通.反之,则不导通.

当P型半导体与 $\phi_M < \phi_s$ 的金属接触后,同样形成表面势垒.

由于陶瓷半导体与金属接触后形成表面势垒,就可以利用载流子在表面势垒内的运动规律来制造陶瓷半导体器件.

3. 晶界层势垒

如上述,陶瓷是由微细晶粒及晶界构成的.在烧结过程中,各个晶粒生长相遇的界面就是晶界,因而,晶界与单晶的表面非常类似.由于单晶表面的电价不完全平衡,存在着许多悬空的价键,这就使得晶体表面的晶格结构发生某种程度的歪曲和杂乱,并且,悬空的价键容易吸附其他杂质原子而构成复杂的表面状态.同样,晶界也存在着相似的状态.因而,晶界的主要特征可以认为是:晶格结构的紊乱,组成的非化学计量(组成比例的变动)和俘获中心的存在.

但是,陶瓷中各氧化物形成的晶界与金属(单元素)中形成的晶界还不完全相同,氧化物的晶界并不象金属晶界那样,可以看成是晶粒的相互粘附.陶瓷的晶界几乎不保持晶界两面晶格结构的连续性.在烧结过程中,晶粒与晶粒间,由于相互扩散,会形成连续变化的层,晶粒内的杂质会扩散到或溶解在晶界,晶界处还会吸附烧成气氛中的气体或发生氧化过程.因此,陶瓷的晶界可认为是包含杂质、缺陷、气孔等与晶粒在组成及性质上完全不同的界层,具体说来,陶瓷晶界层具有以下性质:

- (1) 与晶粒的机械性质不同;
- (2) 通常,在晶界层内的扩散较晶粒内扩散快;
- (3) 存在偏析杂质;
- (4) 与晶粒的电学及磁学性质不同;

(5) 存在较多的电子俘获中心, 易形成势垒。

(6) 易存在气孔。

陶瓷半导体就是利用晶界间易于扩散和易于存在偏析杂质的性质来改变陶瓷性质的。

由于晶界层内杂质的偏析, 存在较多的俘获中心, 所以在晶界层内便形成作用于半导体晶粒的自建电场。晶粒内的电子被俘获, 便在晶界处形成势垒。图 3 所示为 n-BaTiO₃ 晶界

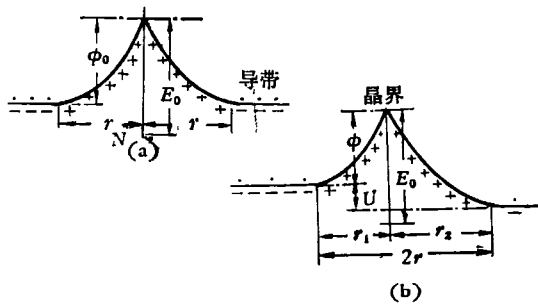


图 3 n-BaTiO₃ 晶界层势垒模型
(a) 无外电场时; (b) 有外电场时

层势垒的模型。如势垒宽为 $2r$, 晶粒介电常数为 ϵ , 掺杂浓度为 N_D , 则势垒高 ϕ_0 可表示为

$$\phi_0 = \frac{e^2 N_D r^2}{2\epsilon\epsilon_0}$$

式中, e 为电子电荷, ϵ_0 为真空下的介电常数。

陶瓷半导体晶界层势垒犹如单晶半导体的 p-n 结势垒一样, 可以利用载流子在晶界层势垒内运动规律来制造陶瓷半导体器件。

二、陶瓷半导体的应用

各式各样的陶瓷半导体元件不断出现, 它们的应用涉及到许多技术领域。这里, 在前述基础上介绍一些已经获得应用的陶瓷半导体元件。

1. BaTiO₃ 正温度系数热敏电阻 (PTC 热敏电阻)

PTC 热敏电阻是一类以 BaTiO₃ 或 BaTiO₃ 基固溶体为主晶相的陶瓷半导体电阻。

当温度改变时, BaTiO₃ 陶瓷半导体的电阻

率呈现明显的非线性。在居里温度时, 电阻率产生异常变化, 突然上升几个数量级。图 4 所示是一个典型的 BaTiO₃ 陶瓷半导体的温度特征曲线。

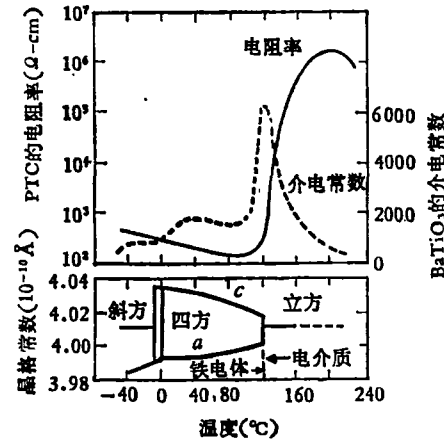


图 4 BaTiO₃ 半导体的温度和晶格常数、介电常数、电阻率的关系

半导化的 BaTiO₃ 单晶在居里点时不显示电阻率的异常变化, 只有多晶的 BaTiO₃ 陶瓷半导体才具有这种特性。电阻率在居里点时的异常现象是由于晶界层势垒所造成的。利用 BaTiO₃ 陶瓷半导体在居里点时电阻率突增的特性, 可以制成具有开关特性的热敏电阻。

采用 BaTiO₃ 铁电陶瓷中常用的“移峰”效应, 以 Sr²⁺ 或 Pb²⁺ 取代 Ba²⁺ 离子, 可以使居里点在很广的范围内移动。这样就可制成在 -100 至 +400℃ 温度范围内的热敏电阻, 参看图 5。

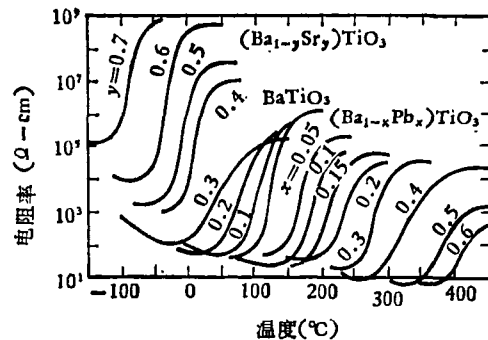


图 5 PTC 的温度和电阻率关系特性

开关型热敏电阻主要用于无接点开关, 电流限制、稳压、稳流、温度调节等方面。

最近,利用 PTC 的起动特性和恒温发热特性制成彩色电视自动消磁器、马达起动器和家庭电热器的发热体,进一步扩大了 PTC 的应用。

2. 半导体瓷介电容器

半导体瓷介电容器的结构和等效电路示于图 6。根据结构的不同,半导体瓷介电容器可分为:阻挡层型、表面再氧化型和晶界层型三类。阻挡层型的容量取决于表面势垒;表面再氧化型的容量取决于氧化绝缘层的厚度;晶界层型利用晶界势垒来制造的。

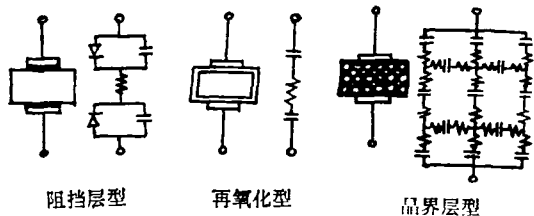


图 6 各种陶瓷半导体电容器的结构及等效电路

目前,采用 BaTiO_3 和 SrTiO_3 为主体, BaTiO_3 用原子价控制法实现半导化, SrTiO_3 在室温下为立方晶系,用原子价控制法难于半导化,通常要与强制还原法并用,使其半导化。

阻挡层电容器是在 $n\text{-BaTiO}_3$ 的烧结体表面覆盖一层 Ag 或 Cu 金属,在氧化气氛中烧渗成电极。这样在电极及 BaTiO_3 半导体的界面间形成 Ag_2O 与 $n\text{-BaTiO}_3$ 的 p-n 结型的表面势垒,利用阻挡层的整流特性可以获得很大容量。这种电容器的容量可达 $0.2 \mu\text{F}/\text{cm}^2$, $\text{tg } \delta$ 为 6.47%,方阻为 $2.25 \text{M}\Omega/\text{cm}^2$,但是,这种电容器的缺点是工作电压较低。

再氧化型电容器是在 $n\text{-BaTiO}_3$ 烧结体的表面上,使其有控制地氧化,形成一层很薄的电介质层。电容器的容量取决于介质层的厚度。例如,在 $n\text{-BaTiO}_3$ 瓷体上涂敷 Ca、Mn、Cu 等氧化物,当加热处理时,这些离子扩散入 $n\text{-BaTiO}_3$ 表面,形成一层电介质层。这种电容器的容量可达 $0.15\text{—}0.2 \mu\text{F}/\text{cm}^2$, $\text{tg } \delta$ 4—7.5%,绝缘电阻 $20\text{—}200 \text{M}\Omega/\text{cm}^2$ 。这种电容器的工作电压较阻挡层型高。

物理

晶界层电容器与前两类不同,它是利用晶界层势垒来获得大容量。在晶粒发育较好(晶粒尺寸为 $20\text{—}100 \mu$)的半导体瓷体上,涂敷 Mn、Cu、Bi 等氧化物,在加热处理时,使这些氧化物均匀扩散在晶界内,形成晶界层势垒。 BaTiO_3 系的材料的电容器的容量可达 $0.1\text{—}0.5 \mu\text{F}/\text{cm}^2$, $\text{tg } \delta$ 5%,绝缘电阻 $500 \text{M}\Omega/\text{cm}^2$, SrTiO_3 系的材料,电容器可达 $0.08 \mu\text{F}/\text{cm}^2$, $\text{tg } \delta < 1\%$,绝缘电阻 $500\text{—}1000 \text{M}\Omega/\text{cm}^2$ 。这类电容器的工作电压可高于 100V_{DC} 。

由于半导体瓷介电容器的比容大,特别是晶界层电容器抗潮性能好,现在已用于集成电路。

3. ZnO 非线性压敏电阻

压敏电阻是一种非线性电阻,它的伏安特性可用下列实验式表示:

$$I = kV^\alpha$$

非线性系数 α 是表示变阻器特性的主要参数,它表示了变阻器偏离欧姆定律的程度,即非线性的大小。图 7 为一种 ZnO 压敏电阻(ZNR)的特性,其 α 值约为 40。

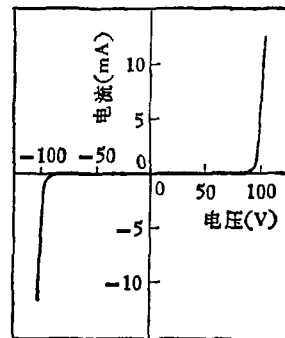


图 7 ZnO 压敏电阻(ZNR)的特性

氧化锌压敏电阻是以氧化锌为主体,掺杂一些其它添加物,用陶瓷工艺烧结的一种陶瓷半导体。

ZnO 压敏电阻可分为结型和体型两种。结型 ZnO 压敏电阻的非线性是依靠瓷体与电极间形成的界面势垒的整流特性。结型压敏电阻的工作电压只有几伏。体型 ZnO 压敏电阻的非线

性是依靠瓷体内晶界层的绝缘特性。体型压敏电阻的工作电压范围极广,为 0.6 伏—50 千伏。而且非线性系数 α 可达到 50。

ZnO 晶体属纤维状结构,是金属过剩的非化学计量氧化物,为 n 型半导体。

体型 ZnO 压敏电阻的晶界绝缘层是通过添加物的作用,在烧结过程中形成的。添加物可以是 Bi_2O_3 等氧化物,或是稀土氧化物等。

通常在以 Bi_2O_3 为主要加入物时,为了改善晶界绝缘层的性能,同时还加入一些其他的氧化物。例如,除 Bi_2O_3 外,还同时加入 CoO 、 MnO 、 Sb_2O_3 和 Cr_2O_3 。电子探针对试样的研究表明,所添加的 Bi_2O_3 等并未均匀地与 ZnO 固溶,而是在 ZnO 晶界处析出。图 8 就是上述添加物形成的晶界绝缘层示意图。 Bi_2O_3 相构成了连续的绝缘层,其中分散着尖晶石相。实验表明,组成和烧成温度等因素对晶界绝缘层有明显的影响,形成连续的晶界绝缘层是具有压敏特性的首要条件。

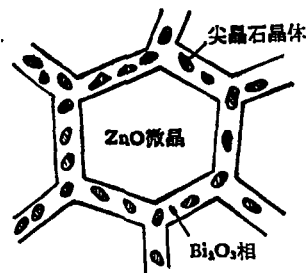


图 8 ZNR 烧结体的微观结构

虽然,目前已经掌握了获得优良性能压敏电阻的工艺,但对晶界绝缘层为什么会有这种压敏特性,有各种说法,如隧道效应、空间电荷限制电流等,还没有统一的结论。

ZnO 压敏电阻的应用范围很广,可以作为电路中的稳压、过压吸收、熄灭火花、变频、调幅和自动控制的元件。

4. CdS 陶瓷太阳能电池

太阳能电池是一种利用光生伏特效应将太阳能或其他光源能直接转换成电能的半导体元件。

硅单晶太阳能电池作为能源,已大量地应用于卫星、航标、无线电中继站等方面。CdS 陶瓷太阳能电池,成本较硅太阳能电池低,是很有发展前途的。

CdS 陶瓷太阳能电池是利用晶界层产生的光生伏特效应进行工作的。目前,研究最多的是 CdS-Cu₂S 系统。

取 CdS 烧结半导体作为基体。为了使 CdS 陶瓷具有高的电导率,CdS 基体需要在含微量氧的气氛中烧成,以便形成 S 空位的 CdS_{1-x}。使 Cu 离子从 CdS 基体的一面沿晶界向内扩散,则在晶界间形成 Cu_{2-x}S-CdS 的 p-n 结层。再在其上附以铜栅网作为正电极,在 CdS 陶瓷基体的另一面镀上薄层 Ni 或 Cd 作为负电极,这样就构成了一个太阳能电池。由于 p-n 结存在于晶界,使 CdS 陶瓷电池的 p-n 结有效面积增大,提高入射光的吸收率,从而也就提高了电池的光电转换效率。

目前,CdS 陶瓷电池转换效率已可达 6—8%,接近于硅太阳能电池转换效率的平均值(8%)。然而,按功率重量比来说,CdS 陶瓷电池小于硅太阳能电池,因此,CdS 陶瓷太阳能电池较适合于地面使用。

5. 气敏元件

通常,半导体表面吸附着气体分子,由于半导体与被吸附分子间的能量不同,半导体与被吸附分子间的电子将发生偏移。如果在 n 型半导体表面吸附了氧,半导体表面层某些施主能级上的电子就会向吸附层移动,氧吸引电荷,而半导体表面附近的导电电子减少,形成耗尽层。这时,半导体的体积电导率将会显著下降。反之,若吸附还原性气体,则体积电导率会上升。陶瓷半导体气敏元件的工作原理就是以吸附气体后,晶界层势垒的变化引起体积电导率的改变为依据的。

陶瓷半导体气敏元件采用 SnO₂、ZnO 等 n 型半导体为主体。制造工艺可采用厚膜技术中的丝网印刷法,即将经过 800℃ 预烧的瓷料印刷在覆盖有铂电极的 Al₂O₃ 瓷板上,然后在

400—800℃ 下烧结,就构成气敏元件。

氧化物半导体气敏元件测定 CO 、 CO_2 、 SO_2 等有害气体较通常的红外线吸收法优越。气敏元件对大气污染的微量气体感量灵敏,而且测定方法方便,价格便宜,所以得到很快发展。

除去上述各种陶瓷半导体元件外,氧化钒热敏电阻(具有特征温度的负温度系数的热敏电阻)、钛酸锌陶瓷半导体二次电子倍增管(用于电子测量及空间探测器)以及湿敏元件等陶

瓷半导体元件也都有较快的发展。

参 考 文 献

- [1] W. Heywang, 应用物理 39-4(1970), 294—300.
- [2] W. Heywang, J. Material Science, 6(1971), 1214—1226.
- [3] 早川茂, Nat. Tech. Rept., 20-1 (1974), 21—34.
- [4] 田中哲郎ほか, 电子技术, 19-2 (1977), 10—18.
- [5] 二木久夫, 17. セラ, 8 秋号(1977), 50—56, 9 冬号(1978), 51—55.

(上接第 83 页)

电视台曾报导苏联科学家发现氯化亚铜是 140 K 的高温超导体。大会讨论表明,氯化亚铜的反常抗磁性是在美国首先发现的,苏联人只是重复了该实验,并宣称得到了近 90% 的抗磁性,提出是超导迈斯纳效应的假设。由于苏联

人的实验现象很难重复,所谓高温迈斯纳效应的假设是十分可疑的。

第十六届国际低温物理会议将于 1981 年在美国洛山矶举行。

透明导电薄膜研究现状

崔 元 日

(郑州测绘学院)

一

透光率高电阻率低的透明导电薄膜,在飞机、航天飞行器和太阳能光伏电池诸方面,都有重要应用。具体地说,可用作电光显示器件的透明电极;超大口径电光快门透明电极;飞行器上防霜加热玻璃窗;防反射多层膜以及特制毛

玻璃等。透明导电薄膜,有各种制备材料及制备方法。制备材料有金、银等纯金属和金属氧化物。金属氧化物中,目前最好的材料为 SnO_2 和 In_2O_3 等。获得透明导电膜的方法,通常有下列几种。

1. 蒸熏法

把 SnO_2 等金属氧化物和被镀基片放在特