

恒温发热 PTC 热敏元件达到国际先进水平

张喜哲 何青

(中国科学院金属研究所, 沈阳 110015)

中国科学院金属研究所在 PTC 材料的研制、开发和生产过程中, 经过几年坚持不懈的努力, 现在已能大规模生产高性能 PTC 热敏元件。其性能达到国际先进水平。

PTC 即英文 positive temperature coefficient 的简称, 表示该材料具有正的电阻温度系数。它是用 BaTiO_3 或者 BaTiO_3 和 SiTiO_3 或 PbTiO_3 的固溶体制成。其特点是在某一特定温度(即居里温度 T_c) 之下, 呈现一种低阻状态。而当温度升到居里温度时, 其电阻能在很小的温度范围之内, 突然升高几个数量级。它的制备过程是首先加入半导化元素使其成为半导体, 然后掺杂微量元素在氧化气氛中烧结, 使晶界形成势垒而变成高电阻。但是在居里温度以下时, 由于铁电体的自发极化补偿了晶界电荷, 导致势垒减弱, 又变成低电阻。

PTC 元件的电阻变化特性使其获得了广泛的应用, 如自动控温加热, 过流过热保护, 时间延迟等。近年来在家电行业已经大量用它来作为恒温加热元件。原理是: 当在 PTC 元件的两端加上电压, 开始时因其处于低阻状态而很快发热。当温度升到居里温度时, 由于电阻变大使电流减小, 升温减慢。最后, 当输入的电功率与元件向环境的散热功率相等时, 温度稳定下来。因为电阻升高是在一个很狭窄的温度范围内进行的, 所以 PTC 元件的温度能够稳定在一个近似于恒定的温度上。这样就同时实现了加热和自动控温的双重作用。

我国的 PTC 材料发展较晚, 最近三、五年间才有了较大的生产厂家。但真正具有一定产量和较为稳定质量的厂家不多。从生产的品种来看, 恒温发热元件占 80% 以上, 另有部分过热过流保护元件以及少量消磁元件和电机启动

元件。从质量上来说, 元件档次不高。尤其是大规模生产的稳定性较差, 因此进一步的发展受到了限制。衡量恒温发热型 PTC 元件的性能好坏有如下几个主要指标: 一是升阻比, 即达到居里温度时电阻值所变化的幅度。国际标准一般要求大于 2.5 个数量级。二是电阻温度系数, 它所反映的是完成电阻变化所需要的温度范围, 范围越窄恒温性能越好。一般以半对数坐标的电阻(温度曲线上的斜率)来衡量, 定义为 $\alpha = \frac{1}{\lg e} \cdot \frac{d(\lg R)}{dT}$ 。一般要求大于 15% / °C。

三是耐电压值, 它与厚度有关, 一般应在 150V/mm 以上。四是抗老化性能, 即电阻值随使用时间的变化不应过大。我国的产品达到上述四项指标的不多。

中国科学院金属研究所从 1984 年开始搞 PTC 材料方面的研究课题。在探索 PTC 效应的机理, 材料配方, 生产工艺等方面均取得了可喜的成绩, 并有两项科研成果通过省级鉴定。为了开发此项科研成果, 1989 年在深圳金科公司建厂投产, 经几年的实践, 取得了非常好的经济效益。在此基础上, 1991 年又在沈阳经济开发区建立了第二个 PTC 生产企业金威公司。在生产过程中, 他们始终把生产和科研结合在一起, 用科研带生产, 较好地解决了实验室成果和大规模生产的衔接问题, 并且也使工厂的产品质量在实验室水平的基础上逐步提高。他们针对产品的质量提高问题, 分成一个一个的课题逐步加以解决。首先经过努力把电阻温度系数提高到 20% / °C 以上, 使产品质量很快跃居国内的先进行列, 受到用户的重视, 并为后来的产品出口打下了基础。以后他们又陆续地把耐电压值提高到 200V/mm 以上, 使升阻比提高

到大于 3。这些指标不但在国内是最高的，在国外也是先进的。

为了更进一步使产品的水平向国际标准看齐，从 1991 年下半年起他们又开始解决 PTC 材料的老化问题。所谓老化，即经过一段时间的使用之后，元件电阻增加，发热功率下降。老化与元件的阻值和居里温度有关。阻值越大，居里温度越高，老化也越严重。所以，解决老化问题主要是针对高温发热元件而言。中国科学院金属研究所与两个生产厂相配合，试验了上千种配方，查阅了大量的技术资料，从原料、配方、

(上接第 128 页)

微电子工程师们竭力开发扫描电子束曝光系统的历史背景。而电子束曝光存在着加工速度慢，难以在生产上使用等缺点。为此，人们正在尝试投影曝光和电子束曝光相兼容的新方法。与此同时，软 X 射线曝光和离子束曝光技术在实验室中的进展也令人鼓舞。

超大规模集成技术的飞速发展，对刻蚀转印图形的重现精度和尺寸控制提出了越来越高的要求。目前，传统的液相湿法刻蚀和以等离子体气相干式刻蚀正在生产中被广泛采用。基于物理溅射和化学反应的离子束刻蚀，反应离子束刻蚀以及聚焦离子束反应刻蚀工艺也正在逐渐完善。近年来，随着激光 CVD(LCVD) 的发展，可以获得清洁、陡峭和无损伤的激光干式刻蚀成为人们的一个颇感兴趣的重点开发课题。而以介观系统为核心的纳米结构与器件研究的兴起，将迫使人们在精细选择刻蚀、各向异性刻蚀、全息刻蚀、STM 刻蚀等方面进行更加富有创造性的探索。

如此看来，似乎光学光刻技术将被淘汰。其实不然，目前光学光刻技术因在光刻胶、相移掩膜、大数孔径分步重复光学设备和顶表面成像技术方面不断取得新进展，仍然具有旺盛的生命力，其中 i 线 (365nm) 光刻是目前制造集成电路的主导光学光刻技术。据保守估计，在进入 21 世纪之前不必担心光学光刻技术会被取代。

当前，我国半导体科学技术的发展正处于一个新的历史转折时期，及时地把握这一时机，

工艺、设备等各个环节逐一分析可能产生老化的原因，终于在较深的层次上弄清了老化产生的原因，解决了困扰国内 PTC 行业多年的老大难问题。

老化问题的解决使 PTC 元件的整体性能达到了国际先进水平，并使一些想使用进口元件的厂家纷纷前来订货，市场迅速扩大。深圳金科公司 PTC 厂 1992 年的产值比 1991 年增加了一倍。由于产品销路好，深圳和沈阳两厂正在扩大规模，增加产量，争取更大进步。

果断采取重大措施，迅速建立一套适合于我国发展模式，独立而完整的半导体工业体系已刻不容缓。如果把调整充实、统一规划、发展优势和优化组合作为总的指导方针，那么设立若干个队伍精干和素质优良的高水平微电子研究中心，并以此为基础建立一批实力雄厚和效益良好的微电子高新技术卫星产业集团，则是具体的实施方案。我们相信，经过重新调整和规划的我国半导体科学技术界，一定会在新一轮高技术竞争中继续获得稳步发展。

作者感谢中国科学技术大学高技术学院院长马俊如教授对本文所给予的有益指导和具体帮助。

- [1] 冯端, 物理, 21(1992), 2.
- [2] S.R.Ovshinsky, *Phys. Rev. Lett.*, 21(1968), 1450.
- [3] W. E. Spear et al., *Solid State Commun.*, 17(1975), 1193.
- [4] L.T.Canham, *Appl. Phys. Lett.*, 57(1990), 1046.
- [5] L. Esaki, *IEEE J. Quantum Electron.*, QE-22(1986), 1611.
- [6] S. C. Jain et al., *Semicond. Sci. Technol.*, 6(1991), 547.
- [7] 彭英才, 自然杂志, 15(1992), 329.
- [8] K. Von. Klitzing et al., *Phys. Rev. Lett.*, 45(1980), 494.
- [9] 黄昆、谢希德等著, 半导体物理进展与教学, 高等教育出版社, (1989), 126.
- [10] K.Takayanagi et al., *Surf. Sci.*, 164(1985), 367.
- [11] 何宇亮等编, 非晶态半导体物理学, 高等教育出版社, (1989), 212.
- [12] T. Mimura et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, 19(1980), 225.
- [13] 徐士杰等, 红外与毫米波学报, 11(1992), 317.
- [14] 坂本统德, 真空, 35(1992), 475.
- [15] M. Hanabusa, *Maser. Sci. Rep.*, 2(1987), 51.
- [16] 彭英才, 物理, 17(1988), 673.
- [17] 王阳元等编, 集成电路工艺基础, 高等教育出版社, (1991), 293—394.