

锆钛酸铅 (PZT) 粉体合成的研究进展

马桂红

(淄博市新材料研究所, 淄博 255040)

摘要: 锆钛酸铅 ($\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$, PZT) 陶瓷是一类重要的铁电、压电、介电材料, 其粉体的相组成、化学组成、热稳定性和烧结活性影响着陶瓷制品的铁电、压电和介电性能。本文详细综述了合成 PZT 粉体的固相反应法和湿化学方法的发展现状, 并对几种合成方法的特点进行了评介, 为低温合成纯相 PZT 粉体和 PZT-维纳米结构指出了可能的方法。

关键词: 铁电; 锆钛酸铅; 粉体; 合成

锆钛酸铅 ($\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$, PZT) 是于 20 世纪 50 年代发明, 并迄今为止仍然在研究和使用的铁电材料。与其它的压电陶瓷相比, PZT 陶瓷不仅具有较高的居里温度 (约 380°C) 和压电系数 (约 600 pm/V), 而且易于掺杂改性, 具有较好的稳定性, 因而在电子机械制造业具有很重要地位, 是制备声纳、水听器、超声发生器、高电压发电机和位置微调器等大部分电子机械装置的基础材料。

但是 PZT 陶瓷属于含铅类压电陶瓷, 铅在烧结过程中易于挥发, 难以保证准确的化学计量比, 导致在结构中产生缺陷, 影响陶瓷材料的最终性能。因此, 欲得到性能优良的 PZT 功能陶瓷, 不仅要使得陶瓷烧结致密, 而且要防止氧化铅的挥发。而实现 PZT 陶瓷的低温烧结, 是防止氧化铅挥发的有效途径。为此材料工作者对 PZT 的合成进行了大量研究, 设法合成具有高纯、超细、粒度分布均匀、分散性好、化学计量准确、掺杂均匀等特性的 PZT 粉体, 提高粉体的烧结活性, 降低陶瓷的烧结温度, 以得到性能优良的 PZT 陶瓷材料。

目前, PZT 粉体的合成方法主要可分为两大类, 即固相反应法和湿化学合成法。本文主要综述了合成 PZT 粉体的这两类方法的特点和最新研究进展, 并对需要进一步研究的问题进行了展望。

1 固相反应法

传统的固相反应法是将 ZrO_2 、 TiO_2 和 PbO 等氧化物粉料通过粉磨混合均匀, 在高温下煅烧合成, 然后再经机械粉磨获得钙钛矿相 PZT 粉体。由于该方法具有成本低产量高以及制备工艺相对简单等优点, 仍然是目前国内外合成 PZT 粉体应用最普遍的方法。但利用固相反应法合成 PZT 粉体时, 一般要经历生成 PbTiO_3 (PT) 或 PbZrO_3 (ZT) 的中间反应, 导致所合成的 PZT 相组成波动和不均匀, 使得准结晶学相界 (MPB) 产生弥散^[1,2], 严重影响材料的铁电、压电和介电性能。另外, 固相反应法合成 PZT 的煅烧温度较高, 一般不低于 1100°C ^[3], 易于产生硬团聚, 粉体颗粒较粗, 烧结活性低, 需要较高的烧结温度 (1200°C) 和较长的烧结时间, 才能获得烧结致密的 PZT 陶瓷。这使得在煅烧合成和烧结的过程中, 铅挥发损失严重, 难以保证准确的化学计量比, 在 PZT 结构中产生铅或氧空位缺陷, 影响制品性能。

针对以上所述的缺点, 众多的材料研究工作者对合成 PZT 粉体的固相反应法进行了改进。

1.1 部分草酸盐固相反应法

Kakegawa 等^[3] 首先利用喷雾热解法于 900°C 合成 ZrTiO_4 (ZT) 粉体, 然后将其与等摩尔

作者简介: 马桂红 (1965~), 女, 本科, 工程师, 主要从事新材料方面的研究。

的 PbO 混合, 煅烧合成 PZT 粉体。该方法强化了居于钙钛矿结构同一节点的金属离子 Z 和 T 的结合, 防止了煅烧过程中中间反应的发生, 避免了中间相的生成, 经 $650 \sim 800^\circ\text{C}$ 煅烧, 直接合成出单一相的钙钛矿 PZT 粉体。Yamamoto等^[4]在此基础上, 对固相反应法进行了进一步的改进, 发明了合成 PZT 粉体的部分草酸盐固相反应法。在该方法中, 以草酸作沉淀剂, 将铅离子以草酸铅的形式沉积粘附于 ZT 粉体颗粒上, 进一步提高了反应物的反应活性, 降低了 PZT 的合成温度, 经 650°C 煅烧, 便可直接合成出单相 PZT 粉体。但是, 当利用部分草酸盐法将草酸铅沉积到氧化锆和氧化钛的混合粉体颗粒上时, 仍然会发生中间反应, 使得得到的 PZT 相的化学组成发生偏离。所以利用 Z^{2+} , T^{4+} 离子结合紧密的 ZT 粉体作为引入锆、钛的原料, 使实现制备纯相 PZT 粉体的关键。

利用 ZT 粉体和 PbO 反应, 是固相反应法合成钙钛矿 PZT 相的一个巨大改进, 不仅防止了中间相的出现, 而且使得合成温度有较大降低。但是, 由于需要预先合成 ZT 相, 增加了制备工艺的复杂性, 且煅烧温度仍然相对较高, 有必要结合湿化学制备方法的优点, 进行进一步的改进。

1.2 机械化学固相反应法

机械活化作用是获得高分散体系的有效方法之一, 机械化学固相反应法利用机械能代替热能来激活并实现固相反应的进行, 所合成的粉体往往具有较高的比表面和良好的分散性。机械化学处理工艺首先被应用于合金或金属间化合物纳米晶粉体的制备。最近, 作为一种新的机械化学技术也被应用于陶瓷粉体的固相合成, 并在室温下利用机械球磨成功实现了钙钛矿结构氧化物的合成^[5-7]。由于利用机械化学固相反应法合成的粉体颗粒细小, 分散性好, 具有良好的烧结活性, 利用这种粉体烧结得到的功能陶瓷具有相当优良的电学性能, 可与其他方法制备的陶瓷材料相比拟。

通常机械球磨仅仅是为了增强氧化物或氢氧化物的反应性能, 为了获得具有良好结晶的钙钛矿结构化合物, 仍然需要进一步的热处理。机

械固相反应法合成钙钛矿相 PZT 粉体一般先将 PbO , TiO_2 , ZrO_2 原料粉体湿法球磨混合, 烘干后得到具有较高反应活性的超细粉体, 然后置于高速摇摆磨或行星磨机中, 干法高速球磨, 反应合成钙钛矿相 PZT 粉体。在干法球磨过程中, 反应物经历了无定型化、钙钛矿相 PZT 成核和长大等过程, 最终实现 PZT 超细粉体的合成。但是如果球磨活化的时间过长, 将会导致 PZT 相颗粒尺寸的过分减小, 使得合成的钙钛矿相 PZT 粉体重新无定型化^[5,6]。

以活性更高的低温 (400°C) 热处理的无定型共沉淀前驱体粉体为初始原料^[10], 可以进一步提高所合成的 PZT 粉体的性能。Xue利用摇摆磨球磨 20 h 制备出单一相的 PZT 粉体, 颗粒尺寸在 $30 \sim 50 \text{ nm}$ 范围内, 且具有良好的分散性^[7]。

机械化学固相反应法合成的 PZT 粉体不仅具有超细, 分散性好等特点, 而且由于是在一个密闭的系统中, 没有铅的挥发损耗, 很好的保持了化学组成, 并且在机械化学反应的过程中, 没有 PbO 或 ZT 等中间相出现, 所合成的 PZT 粉体相组成更加均匀, 克服了传统的固相反应法固有的缺陷。但是如何避免在球磨过程中带入其它的杂质和缩短合成周期是需要考虑的问题。

2 湿化学合成法

湿化学合成法又称液相法, 主要是指溶胶凝胶法 (Sol-Gel)、共沉淀法、水热或溶剂热合成法。湿化学合成法所使用的原料一般均可溶解为溶液状态, 实现在分子或原子水平上的混合, 不仅各组分的含量可以精确控制, 而且合成温度相对较低。湿化学合成法特别适用于多组分、超细粉体的合成。通过对工艺条件的准确控制, 不仅可以实现纳米粉体的合成, 而且所合成的粉体具有较窄的粒度分布和良好的烧结活性。

2.1 溶胶凝胶 (Sol-Gel) 法

从狭义上说, 溶胶是一种可流动的液相, 足够小的胶质状固体颗粒 (一般不大于 100 nm) 依靠布朗运动分散在该液相中; 凝胶是一种至少包

含有两相的固体,其中固相形成网络并将液相包裹和固定。 Sol-Gel 法是湿化学方法中合成粉体的新兴方法,一般是利用金属醇盐或可溶性无机盐溶于溶剂中,在液相中均匀混合并反应,形成稳定且无沉淀的液相(溶液)体系,通过放置一定时间或升高温度实现胶体化,形成凝胶,再经过干燥和煅烧合成所需要的晶相粉体。

金属醇盐基 Sol-Gel 法是低温制备陶瓷粉体,尤其是制备陶瓷薄膜的一个有效方法。 Sol-Gel 法合成 PZT 通常采用醋酸铅、四丙醇锆和四异丙醇钛为初始原料,四甲基乙醇为溶剂和稳定剂制备 PZT 前驱体。尽管四甲基乙醇具有优异的螯合性和低粘度等特点,是锆、钛等金属醇盐的良好有机溶剂,但由于是一种毒性试剂,现已很少使用,正被丙二醇、冰醋酸、丙酮和乙醇胺等低危害有机溶剂所取代。

Sol-Gel 法合成 PZT 粉体所用的初始原料和溶剂的选择影响着金属醇盐的水解、缩聚,并进一步影响着材料的最终相组成、形貌和微观结构。目前,在 Sol-Gel 合成 PZT 粉体的研究中,主要集中在如何选择适当的反应前驱物、溶剂及稳定剂,以缓和水解、缩聚的反应速率,形成均匀的溶胶,降低合成钙钛矿 PZT 相的煅烧温度,实现低温下制备相组成和化学组成均一的 PZT 粉体。 Wu 等^[8]利用硝酸铅代替醋酸铅作为铅的引入原料,用硝酸和乙二醇分别作为锆醇盐和硝酸铅的稳定剂,尽管不能避免少量焦绿石相的过渡,直接从前驱体中合成出纯相 PZT ,但实现了纯钙钛矿相 PZT 在低于 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的煅烧合成。 Sol-Gel 法合成 PZT 时,一般遵循连续反应机理,前驱体首先形成焦绿石相(*pyrochlore*),然后再转化为钙钛矿相(*perovskite*) PZT 。只是由于焦绿石相向钙钛矿相转化的速率较快,所以在合成的 PZT 粉体中很少出现焦绿石相。研究发现焦绿石相向钙钛矿相的转化过程是由成核速率所控制的。为此,为了降低焦绿石相向钙钛矿相转化的势垒,加快其转化速率,防止在合成的 PZT 粉体中残留焦绿石相, Chen 等^[9]在 Sol-Gel 法合成 PZT 时引入晶种(颗粒大小不大于 200 nm 的 PZT 粉体),所得到的前驱体在 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 煅烧便可观察到钙

钛矿 PZT 相的形成,经 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 热处理得到了纯相 PZT 粉体。

Sol-Gel 法合成的 PZT 粉体组分均匀、化学计量比准确、超纯、超细,且易于实现均匀掺杂,能实现 PZT 压电陶瓷的低温烧结,可以制备出性能优良的 PZT 压电陶瓷。但同时存在原料昂贵,配料时需考虑烧结过程中铅的挥发及溶胶的制备须在干燥气氛中进行等不足。

2.2 共沉淀法合成 PZT 粉体

共沉淀法通常是将可溶性原料溶于水中制备成前驱体溶液,然后在搅拌状态下引入到沉淀剂溶液中,或反之将沉淀剂溶液引入到前驱体溶液中,使得前驱体溶液中的阳离子生成不溶性羟基氧化物或金属盐沉淀,再经过滤、洗涤、干燥、煅烧等工艺来合成相应化学组成和相组成的粉体。该方法具有反应过程简单、成本低等优点,能制取数十纳米的超细粉体。共沉淀合成钙钛矿 PZT 粉体,依据共沉淀物的不同可分为羟基氧化物和草酸盐两种共沉淀法。

羟基氧化物共沉淀法合成 PZT 粉体的一般工艺流程是首先以无机盐 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2$, $\text{TiO}(\text{NO}_3)_2$ 或 TiCl_4 为原料,去离子水为溶剂,按一定化学计量比配制成透明前驱体溶液,然后引入氨水溶液进行共沉淀,并控制 pH 值在 $8.7 \sim 10$ 范围内,以保证金属离子的完全沉淀。得到的 $\text{Pb}(\text{OH})_2$, $\text{ZrO}(\text{OH})$ 和 $\text{TiO}(\text{OH})_2$ 共沉淀物,经过过滤、去离子水清洗、无水乙醇脱水,烘干后,煅烧合成钙钛矿相 PZT 粉体。通常在煅烧过程中有少量焦绿石或 PbO 相出现,高于 $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ 煅烧合成出纯相钙钛矿 PZT 粉体。如果以锆、钛的醇盐为原料,以硝酸或有机溶剂为溶剂,预先配制出透明的锆钛溶液,再与硝酸铅溶液混合,也可形成透明的前驱体溶液,实现 PZT 的共沉淀合成^[10-11]。

也可以以草酸为沉淀剂,实现锆、钛、铅三种离子的共沉淀,合成 PZT 粉体。由于锆、钛、铅的草酸盐形成沉淀的 pH 值范围较宽,草酸盐法相对氢氧化物共沉淀法更易于操作,但是如果单纯形成草酸盐沉淀,易于得到 $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48}\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4)_2) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{Pb}(\text{ZrO}(\text{C}_2\text{H}_4)_2) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 的混合

沉淀物^[11], 低于 600 °C 煅烧热处理时, 得到的是 PZT 和 PI 的混合物, 只有经过 900 °C 以上煅烧才能合成出纯钙钛矿相 PZT 粉体。为此, Guiffard 等^[12]以 $Zr(C_4H_9O)_4$ 和 $Ti(C_4H_9O)_4$ 、 $PbAc$ 为原料, 草酸和氨水为沉淀剂, 调节沉淀液的 pH 值达 9.6 得到了草酸铅和锆、钛羟基氧化物的共沉淀物, 在较低的温度下 700 °C 煅烧合成出纯相的钙钛矿 PZT 粉体, 防止了 PI 等中间相的生成。

共沉淀法合成的陶瓷粉体往往团聚严重, 分散性较差。为此, 人们在共沉淀工艺过程中采取了许多措施, 以防粉体的团聚, 改善其分散性。首先, 在固液混和状态下, 用去离子水将液相中残余的各种盐类杂质离子 NH_4^+ , OH^- , Cl^- 等, 尽可能地彻底清洗干净, 以减小因盐桥形成的团聚。然后再用表面张力较低的非极性无水乙醇或丙酮等有机溶剂洗涤, 以脱出剩留在颗粒间的水, 减小氢键的液桥作用, 以获得团聚程度较轻的前驱体粉体。除了以上措施外, 在沉淀过程中或在沉淀物洗净脱水后, 加入有机大分子表面活性剂, 如聚丙烯酰胺、聚乙二醇等, 也可降低前驱体粉体的团聚程度。Ee 等^[13]借助微乳液法共沉淀合成了准结晶学相界附近的 PZT 粉体。在配制共沉淀前驱体溶液时引入环乙胺和混合表面活性剂, 形成油水乳液, 在沉淀过程中, 由于表面活性剂的位阻效应, 将沉淀微粒限制在微小的乳滴中, 防止了微粒的团聚, 经 450 °C 煅烧, 得到了粒径在 100~200 nm 的四方相 PZT 粉体。

2.3 水热法

尽管大部分粉体合成方法都能很好的保证所制备粉体的相纯度和化学计量, 然而却很难实现对颗粒尺寸、形貌以及团聚程度的控制。而水热法合成氧化物粉体时, 可以通过对核化、生长和反应时间的良好控制, 很方便地实现对粉体颗粒尺寸、形貌、团聚程度的控制。而且水热法所用的物料相对较便宜, 工艺简单, 成本较低, 在较低的温度下便可以实现粉体的合成, 因而被广泛地用于陶瓷粉体的商业制备。

水热法的基本原理是高温高压下一些氢氧化物在水中的溶解度大于对应的氧化物的溶解度, 于是氢氧化物溶于水, 同时析出氧化物, 从

而实现氧化物的水热合成。用于水热合成粉体的物料一般是溶液、悬浮液或凝胶。作为反应物的氢氧化物可以是预先制备好的, 也可以是通过化学反应在高温高压下即时生成的。

水热合成组成在准结晶学相界 (MPB) 附近的 PZT 粉体的一般步骤是, 首先以硝酸铅、氧氯化锆和四氯化钛为原料, KOH 为矿化剂, 去离子水为溶剂, 按一定比例配制成溶液; 然后注入到聚四氟乙烯高压釜中, 密闭并置于高温炉中, 在 140~350 °C 保温一定时间完成 PZT 相的水热合成。待反应釜冷却后, 产物过滤, 依次用去离子水、60~100 mL 的质量分数为 10% 醋酸溶液、去离子水、无水乙醇清洗, 产物于空气中烘干, 即得到所合成的 PZT 粉体。用醋酸溶液清洗是为了除去过量的 Pb , 无水乙醇清洗是为了防止颗粒团聚脱出颗粒间的水分。物料 Zr 、 Ti 引入时, 也可以首先用氨水为沉淀剂, 共沉淀制备出锆、钛的氢氧化物共沉淀物, 以锆、钛氢氧化物的形式引入。相应的水热合成 PZT 存在两种反应机制, 即原位合成机制和溶解沉淀机制。

水热法合成 PZT 时, 人们不仅研究钙钛矿相的合成, 而且也详细观察了所合成粉体的颗粒形貌^[14]。当矿化剂 KOH 的浓度较高时, 粉体的颗粒为立方体形, 并且随着反应温度提高或矿化剂浓度的增加颗粒尺寸减小。当碱性较低, 即矿化剂浓度较低或无碱性矿化剂时, 水热合成的 PZT 粉体颗粒不是立方体形而是呈现其它的形貌。当反应物锆和钛以共沉淀物的形式引入, 而且矿化剂 KOH 浓度较低时, 所得到的 PZT 粉体将保持反应物的球状颗粒形貌, 此时生成 PZT 相的反应机制主要是原位合成机制。相反, 较高浓度的 KOH 将促进前驱体反应物的溶解, 借助溶解沉淀机制形成具有规则刻面的四方或立方状颗粒粉体^[15]。

3 结束语

合成高纯、超细、相组成均匀、化学计量准确的 PZT 粉体是制备性能优异的 PZT 陶瓷的前提。尽管固相反应法合成 PZT 粉体已实现工业化生

产,但合成得粉体相组成波动较大,烧结活性低,不利于制备高性能的PZT陶瓷,限制了其应用。湿化学方法合成的PZT粉体,合成温度低,组份均匀,烧结活性高,可以满足制备高性能PZT陶瓷的要求。但是, Sol-Gel法和水热法相对来讲成本较高,工艺复杂,不易于实现工业化生产。而有望实现工业化生产的共沉淀法合成的粉体中含有少量PbO相,导致低温铅挥发损耗,降低了粉体的热稳定性。结合部分草酸盐固相反应法的特点,强化反应物料中居于钙钛矿结构同一结点的铅、钛离子的结合,对共沉淀法进行改进,有望避免PbO相的形成,低温合成出纯相、具有良好热稳定性的PZT粉体,实现PZT粉体共沉淀合成的工业化生产,促进PZT陶瓷的应用。

水热法可以合成出具有规则颗粒形状的PZT粉体,说明钙钛矿相PZT具有一定的定向生长趋向。因此在水热系统中,引入表面修饰剂或化学模板,强化PZT晶体的趋向生长习性,可能制备出相对块体材料性能更加优异的一维纳米结构,为纳米级微电子器件的制备提供材料基础。

参考文献

- 1 Kakegawa K, Mohri J, Takahashi T, et al. A composition al fluctuation and properties of $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$. *Solid State Commun*, 1997, 24(11): 769—72
- 2 SS Chandraseya, Fulrahi R M, Pask JA. Reaction mechanisms in the formation of PZT solid solutions. *J Am Ceram Soc*, 64(1981) 7: 422—25
- 3 Kakegawa K, Arai K, Sasaki Y, et al. Homogeneity and properties of lead zirconate titanate prepared by a combination of thermal spray decomposition method with solid—Phase reaction. *J Am Ceram Soc*, 1988, 71(1): 49—52
- 4 Yamamoto T. Optimum preparation methods for piezoelectric ceramics and their evaluation. *Am Ceram Soc Bull*, 1992, 71(6): 978—85
- 5 Branković Z, Branković G, Jovalekić Č, et al. Mechanical synthesis of PZT powders. *Mater Sci and Eng A*, 2003(345): 243—248
- 6 Kong L B, Zhu W, Tan O K. Preparation and characterization of $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ ceramics from high-energy ballmilling powders. *Mater Lett* 2000, 42: 232—239
- 7 Xue J, Wang J, Toh W. Synthesis of lead zirconate titanate from an amorphous precursor by mechanical activation. *J Alloys and Compounds*, 2000, 308: 139—146
- 8 Wu A, Vilarinho PM, Miranda IM, et al. Sol-Gel preparation of lead zirconate titanate powders and ceramics: effect of alkoxide stabilizers and lead precursors. *J Am Ceram Soc*, 2000, (83): (6): 1379—1385
- 9 Chen Y Z, Ma J, Zhang J X. Thermal analysis of the seeded lead zirconate titanate sol-gel system. *Mater Lett* 2003, 57: 3392—3396
- 10 王西成. 湿化学方法制备 $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ 陶瓷微粉的研究, 硅酸盐学报, 1997, 25(5): 542—546
- 11 Xu G, Weng W, Yao J, et al. Low temperature synthesis of lead zirconate titanate powder by hydroxide coprecipitation method. *Microelectronic Eng*, 2003, 66: 568—573
- 12 Guiffard B, Troccaz M. Low temperature synthesis of stoichiometric and homogeneous lead zirconate titanate powder by oxalate and hydroxide coprecipitation. *Mater Res Bull*, 1998, 33: 1759—1768
- 13 Ee L S, Wang J, Ng S C, et al. Low temperature synthesis of PZT powders via microemulsion processing. *Mater Res Bull*, 1998, 33(7): 45—1055
- 14 Kuntz T R N, Balachandran R. *Mat Res Bull*, 1984, 19: 1479
- 15 Choi J Y, Kim C H, Kim D K. Hydrothermal synthesis of spherical perovskite oxide powders using spherical gel powders. *J Am Ceram Soc*, 1998, 81: 1353

(下转第32页)

— 3型 PZT厚膜材料研究. 华中理工大学学报, 2000, 28(7): 13— 15

21 Choi Jong— Jin, Park Gun— Tae, Lee Sung— Mi et al. Sol— Gel Preparation of Thick PZN— PZT Film Using a Dip— Based Solution Containing Polyvinylpyrrolidone for Piezoelectric Applications. J. Am. Ceram. Soc., 2005, 88 (11): 3049— 3054

22 Kina Sang— Jong, Kanga Chong— Yun, Cho Ja Ji— Won et al. Properties of Piezoelectric actuator on silicon

membrane prepared by screen printing method. Materials Chemistry and Physics, 2005, 90: 401— 404

23 Kazaryan A. A. Mechanical Measurements a Thin— Film Piezoelectric Pressure Sensor Measurement Techniques, 2002, 45(5): 515— 518

24 White J. R., Poumeyrol D., Hale J. M. et al. Piezoelectric Paint: Ceramic— polymer composites for vibration sensors. Journal Of Materials Science, 2004 (39): 3105— 3114

The Research Progress and Prospect of Piezoelectric Ceramic Materials

Li Huan ting² Sun Xiaohong² Chen Zh wei³

(¹ National Quality Supervision and Inspection Center for Ceramics and Refractories, Zibo 255063;
² Zibo Institute of Product Quality Supervision and Inspection, Zibo 255063
³ Analysis and Testing Center, Shandong University of Technology, Zibo 255049)

Abstract: This paper introduced development progress and study status of piezoelectric ceramic material and discussed the effects of doping elements on the properties of piezoelectric ceramic as well. It also summarized the development and research directions of piezoelectric ceramic materials.

Keywords: Piezoelectric ceramics; doping; Piezoelectric thin film; Piezoelectric thick film

(上接第 27页)

Development on the Synthesis of Lead Zirconate Titanate (PZT) Powder

Ma Gu ihong

(Zibo New Materials Research Institute, Zibo 255040)

Abstract: The phase and chemical composition, thermal stability and sintering ability of Lead zirconate titanate ($PbZr_{1-x}Ti_xO_3$, PZT), which is one important ferroelectric, piezoelectric and dielectric material powder strongly affect the ferroelectric, piezoelectric and dielectric properties of PZT ceramics. In this paper, the solid— state reaction method and wet— chemical method for the synthesis of PZT powder were reviewed in detail. The advantages or disadvantages concerning various methods were discussed and the possible routes for the low temperature synthesis of pure phase PZT powder and one— dimensional PZT nanostructure were proposed.

Keywords: ferroelectric; PZT; powder; synthesis