

柠檬酸盐溶液酒精脱水法制备PLZT透明 陶瓷活性粉料的研究*

李承恩 倪焕尧 殷之文**

(中国科学院上海硅酸盐研究所)

摘 要

柠檬酸盐溶液酒精脱水法是化学制备陶瓷粉料的一种方法。该法制备的粉料纯度高、活性大、化学式量容易掌握和重复性也好。它还具有不需要特殊设备的优点,因而是实验室与陶瓷材料研究中一种有指望的粉料制备方法。

本工作对各种有关元素的柠檬酸盐水溶液的配制、脱水处理、化学组成的控制进行了研究,提出了用这种方法制备PLZT陶瓷粉料的几个适宜的工艺参数。按照这些工艺参数进行制备,粉料的组成非常接近计算值。制得的PLZT陶瓷粉料颗粒尺寸极细,绝大部分在 $0.2\mu\text{m}$ 以下。用这种粉料,经通氧热压后,制得的试样具有高的透明度和较好化学与光学的均匀性,其光学性能和电光效应也比用传统的氧化物工艺制备的较为优良。本工作每次制备的量为 $50\sim 1600\text{g}$ 。

一、引 言

随着科学技术的发展,对电子陶瓷的质量和性能提出越来越高的要求,如高纯度、高密度、高均匀性、高重复性和化学组成的高准确性等。对于PLZT陶瓷更要求其有高的透明度和良好的电光性能。由于采用一般的氧化物传统工艺不易获得满意的结果,因而对采用化学制粉法引起了广泛的兴趣。早在60年代初,美国、日本、加拿大等国家就着手进行这方面的研究工作,至今,已广泛地被用来制备铁电陶瓷、压电陶瓷、磁性陶瓷以及其它一些氧化物陶瓷的粉料,并且正逐步地应用于工业生产^[1]。

溶液化学制备方法,就是用无机盐或有机金属化合物的水溶液来代替传统工艺中所使用的氧化物或碳酸盐粉末,然后根据配方组成与各溶液的浓度,将各水溶液按所需的体积成比例地混合均匀,最后经过化学共沉淀或脱水处理而转变成粉料。因此,用溶液化学方法制备陶瓷粉料具有以下两个明显的优点:1.各组分以原子或离子的尺度进行混合,化学均匀性高,每一滴混合溶液都可代表整体组成,如果采用合适的将混合溶液转变为粉料的处理方法,则可以获得既均匀又细的活性陶瓷粉料;2.由于化学制备取消了球磨工艺,因而有利于提高粉料的纯度。这些优点对于获得高致密、高均匀和性能重复性好的陶瓷材料是非常有益

* 1981年4月27日收到。

** 在本工作进行中,我所王美玲、刘韦光同志做了大量实验工作。化学分析数据由陶光仪、沈美芬两同志提供,光学和电学性能数据和照片由仲维卓、华素坤、倪冠军、敖海宽等同志进行测量和提供,均此表示感谢。

的。

上面已提及,把混合溶液转变为粉料,一般采用化学共沉淀法或水溶液脱水法^[2~6]。然而,化学共沉淀法遇到的主要困难是各元素的沉淀往往有先后,从而再次造成各元素在沉淀物中浓度分布的不均匀。此外,沉淀的盐或氢氧化物在水中的溶解度一般也较大,容易造成粉料组成与原计算式量间的偏离。水溶液脱水法相对地讲可以克服这些缺点。常用的溶液脱水法有蒸发、喷雾干燥、冷冻干燥^[5]、煤油干燥^[6]、酒精脱水^[7]等各种各样的处理方法,它们各有不同的特点,适用于各种不同的场合。本工作采用水溶液喷雾、酒精脱水的方法,对制备PLZT陶瓷粉料进行了试验。考虑到氯化物、硝酸盐或硫酸盐等溶液腐蚀性强,而且分解合成时放出有毒气体,污染环境,因而选择了柠檬酸盐溶液。实验结果表明,已初步获得良好效果。

二、柠檬酸盐水溶液的制备

本工作主要试验了Pb、Zr、Ti、Sn、Nb和La等元素的柠檬酸盐水溶液的制备。柠檬酸盐水溶液一般是把柠檬酸溶液和氨加到新鲜的、被纯化的氢氧化物或氧化物沉淀中,使其溶解而制得^[7]。由于各元素所用的原始原料的化合物类型不同,制备程序也就有所不同。本工作所用的原始原料有:PbO、 $\text{ZrOCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $(\text{C}_4\text{H}_9\text{O})_4\text{Ti}$ (钛酸丁酯)或 H_4TiO_4 、 $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 Nb_2O_5 、 La_2O_3 或 $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 等。

1. 铅与锆的柠檬酸盐溶液的制备

按1g柠檬酸,1gPbO:2~4g水和1mol柠檬酸:1mol $\text{ZrOCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$:6~10mol水的比例,制备柠檬酸铅溶液和柠檬酸锆溶液。先将柠檬酸溶于水,再将PbO或 $\text{ZrOCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 加入柠檬酸溶液中,然后通氨并不断搅拌,直至全部溶解。这时柠檬酸铅溶液的pH值为8左右,柠檬酸锆溶液的pH值为6左右。为了防止柠檬酸铅溶液生成 PbCO_3 沉淀,pH值应调节到9~10左右,并将过滤后的清澈溶液贮存在密封性好的塑料瓶中。这样配制的溶液浓度为190~360mgPbO/ml和90~160mgZrO₂/ml。

2. 钛的柠檬酸盐溶液的制备

用 $(\text{C}_4\text{H}_9\text{O})_4\text{Ti}$ (钛酸丁酯)作为原料,按1g柠檬酸:1g钛酸丁酯的比例,将钛酸丁酯加到浓度为50%并预先用氨调节pH值为6左右的柠檬酸溶液中,不断搅拌,先出现雪片状的沉淀,进而沉淀不断地溶解。如加热至65~70℃,则沉淀很快就完全溶解。静置片刻,溶液分为上下两层,上层为丁醇,下层即是柠檬酸钛溶液。用分液漏斗把下层溶液分离出来,调节pH值为6左右,再经过滤,这时溶液中TiO₂的含量为100mg/ml或更高。若以正钛酸(H_4TiO_4)为原料,则可以直接制备成柠檬酸钛溶液。

3. 铌的柠檬酸盐溶液的制备

按1g Nb_2O_5 :10g $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的比例,将 Nb_2O_5 熔在熔融的 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 中,冷却后用冷草酸饱和溶液溶解熔块,再滴入氨水,使氢氧化铌从溶液中沉淀出来。为了使沉淀物较疏松,便于过滤与洗涤,可在溶液中加入一些甲酸铵(1~2g/l)。沉淀需反复用草酸溶解而后加氨再生成氢氧化物沉淀的方法进行纯化。最后经洗涤之后,把沉淀移入柠檬酸溶液中,其比例为4mol柠檬酸:1atom铌,边搅拌边通氨,当pH值为5~6时,变成透明溶液。如尚未完全透

明, 则稍加热即成清澈的溶液。这时溶液浓度为 $48\sim 70\text{mgNb}_2\text{O}_5/\text{ml}$ 或更高。

4. 锡和钨的柠檬酸盐溶液的制备

将 $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 预先加盐酸酸化再溶于水, 然后按 2mol 柠檬酸: $1\text{molSnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 的比例加到柠檬酸水溶液中, 并用氨调节 pH 值为7左右, 则成浓度为 $100\sim 190\text{mgSnO}/\text{ml}$ 的柠檬酸亚锡溶液。柠檬酸铟溶液是以 $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 为原料, 将其溶解于用硝酸酸化的水中。也可以用 La_2O_3 为原料, 将其溶解于盐酸溶液中。然后滴入氨水, 则生成 $\text{La}(\text{OH})_3$ 沉淀, 再将清洗后的沉淀物溶解于 $25\sim 50\%$ 的柠檬酸溶液中, 并用氨调节 pH 值为5左右, 最后稍加热, 沉淀即完全溶解, 成为清澈透明的柠檬酸铟溶液, 其浓度为 $45\sim 60\text{mgLa}_2\text{O}_3/\text{ml}$ 。如用 La_2O_3 为原料, 则所配制的柠檬酸铟溶液的浓度可高达 $80\sim 90\text{mgLa}_2\text{O}_3/\text{ml}$ 。

5. 柠檬酸盐溶液中金属离子浓度的测定

为了方便起见, 各种柠檬酸盐水溶液中金属离子的浓度, 以它们常见氧化物的浓度来表示。各种柠檬酸盐水溶液的稳定性不同, 其中以柠檬酸铈溶液最不稳定。其它一些柠檬酸盐溶液虽比较稳定, 但也不宜久藏, 因为时间长了, 总会产生水分蒸发与沉淀, 最终导致溶液浓度的改变。所以对所制备的溶液应及时进行浓度测定, 随即按配方组成混合和进行脱水处理。一般采用化学分析方法测定溶液的浓度^[8]。但是要制备者自行化学分析是有一定困难的。为了快速和方便起见, 本工作也采用了取一定体积的溶液置于瓷坩埚中蒸干, 再经 1000°C , 4h 焙烧, 待冷却至 400°C 左右, 取出坩埚置于干燥器中冷却 0.5h , 然后称重来测定溶液的浓度。由于在 1000°C 焙烧时引起铅的挥发, 故此方法不适用于测定柠檬酸铅溶液的浓度。

表1列出了几种柠檬酸盐溶液用化学分析方法和焙烧法测定浓度的结果。两种浓度测定方法的结果是非常相近的。实践表明, 多元溶液比单元溶液的稳定性好, 因而在溶液浓度分析好后, 应及时按配方组成配制成多元的混合溶液, 以便保存。

表1 溶液浓度测定结果

方 法 \ 溶 液 浓 度	1 号柠檬酸铟溶液 ($\text{La}_2\text{O}_3\text{mg}/\text{ml}$)	4 号柠檬酸钛溶液 ($\text{TiO}_2\text{mg}/\text{ml}$)	3 号柠檬酸铈溶液 ($\text{ZrO}_2\text{mg}/\text{ml}$)
焙 烧 法	45.72	93.66	86.41
化 学 分 析 法	45.24	94.06	86.42

三、酒精脱水与粉末处理

选取了 $\text{Pb}_{0.91}\text{La}_{0.09}(\text{Zr}_{0.65}\text{Ti}_{0.35})_{0.9775}\text{O}_3$ 和 $\text{Pb}_{0.921}\text{La}_{0.079}(\text{Zr}_{0.70}\text{Ti}_{0.30})_{0.989}\text{O}_3$ 两种组成, 进行配制PLZT柠檬酸盐粉末的试验。配料是根据百分组成、总配料量(重量)和各种柠檬酸盐溶液的浓度, 折算成各种柠檬酸盐溶液所需的体积。然后量出各种溶液的体积数进行均匀混合, 并调节 pH 为 $9\sim 10$, 以防止铅形成 PbCO_3 沉淀。

将混合均匀的四组分溶液用喷雾器喷入酒精中进行脱水处理。图1为酒精脱水装置示意图。酒精浓度为含乙醇 $95\sim 99.5\%$ (体积), 酒精用量为喷入溶液的 $10\sim 20$ 倍。借助于酒精

吸水,使PLZT的柠檬酸盐沉淀下来。沉淀物分离出后经丙酮洗涤和抽滤,送入真空干燥箱,于45~50°C下真空干燥24h,即成白色疏松的粉末。喷雾和脱水时要不断滴入甲酸,使酒精保持pH值为4.0~4.2。

PLZT 柠檬酸盐粉末的形状保持着喷雾时液滴的形状——球状。图2中许多粗看似为棒状的聚集体,实际上是由几个 μm 大小的球状颗粒作

线性排列聚集而成。柠檬酸盐粉末分解合成温度较低,根据差热、失重曲线可以确定,在富氧的气氛中,650~670°C反应基本完成。分解、合成之后,即成绝大多数在 $0.2\mu\text{m}$ 以下粒度的PLZT活性陶瓷粉料。由图3可见,更细的颗粒甚至只有几百 $\text{\AA}$ 。

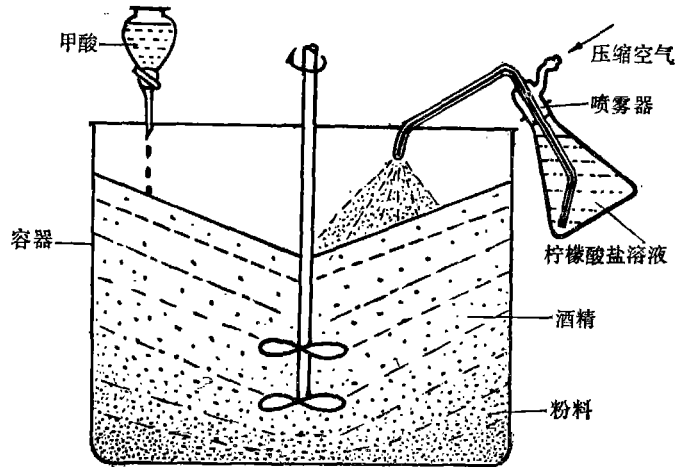


图1 柠檬酸盐水溶液酒精脱水装置示意图

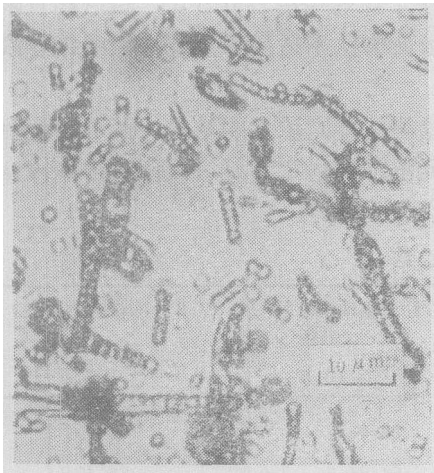


图2 PLZT柠檬酸盐粉末的显微照片
1000×

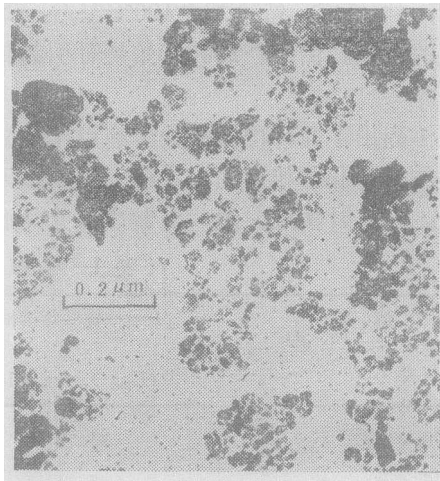


图3 PLZT柠檬酸盐粉未经700°C分解合成后的陶瓷粉料之电子显微照片
60000×

表2 用酒精脱水法制备的PLZT陶瓷粉料组成偏离情况

分子式代号		组成 (%)			
		PbO	La ₂ O ₃	ZrO ₂	TiO ₂
9.4/65/35	计算值	62.61	4.74	24.20	8.45
	实际	62.16	4.76	24.35	8.74
7.9/70/30	计算值	62.97	3.94	25.89	7.20
	实际	63.24	3.95	25.71	7.11

表2列出了用酒精脱水法制备的PLZT粉料与原计算值间的组成偏离情况。试验结果表明,柠檬酸盐酒精脱水法的化学组成偏离是比较小的。其中偏离较大的是 PbO ,不过它的偏离不完全是在脱水时流失的,有一部分是在分解合成时,由于条件控制不当而引起铅挥发所造成的。在实际制备中,可以在柠檬酸盐溶液混和时,多加一定量的铅溶液来给予补偿。

四、陶瓷性能与均匀性

采用柠檬酸盐溶液酒精脱水法制备的PLZT陶瓷粉料,经过通氧热压烧结所制得的PLZT透明铁电陶瓷的性能列于表3。可见用本文介绍的方法制成的PLZT透明陶瓷,其性能较氧化物工艺制备者较为优良。从图4可见,这种瓷坯中的气孔已基本排除,晶粒的平均尺寸约为 $4\mu\text{m}$,体积密度达 $7.86\sim 7.91\text{g}/\text{cm}^3$ 。

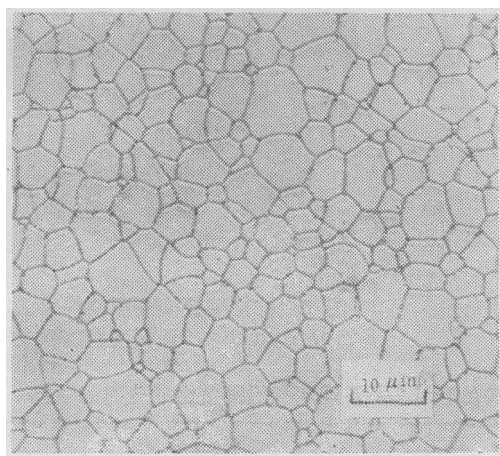


图4 7.9/70/30PLZT透明陶瓷显微照片 970×

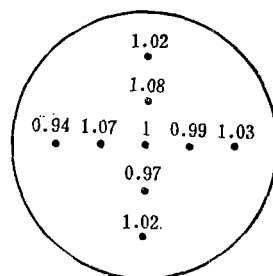


图5 用X射线荧光光谱分析法测定铅含量沿径向的分布

表3 不同方法制备的PLZT透明陶瓷的性能

方 法	项 目		
	组 成	透射率(波长 $6000\text{\AA}$) (%)	二次电光系数 (m^2/V^2)
氧化物法	$\text{Pb}_{0.976}\text{La}_{0.094}(\text{Zr}_{0.65}\text{Ti}_{0.35})_{0.976}\text{O}_3$	65	1.2×10^{-15}
共沉淀法	$\text{Pb}_{0.908}\text{La}_{0.094}(\text{Zr}_{0.65}\text{Ti}_{0.35})_{0.976}\text{O}_3$	67	2.7×10^{-16}
酒精脱水法	$\text{Pb}_{0.908}\text{La}_{0.094}(\text{Zr}_{0.65}\text{Ti}_{0.35})_{0.976}\text{O}_3$	68	2.3×10^{-16}

[注] 测定透射率的试样厚度为 0.3mm 。

就陶瓷的化学和光学均匀性而言,由于采用了柠檬酸盐溶液酒精脱水的制粉方法而得到改善。图5显示了用X射线荧光光谱分析法^[9]测出的,直径为 30mm PLZT透明陶瓷片中铅含量沿径向的分布情况。尽管此方法由于所用的光束为 1mm ,因而不能真正反映出微观均匀性,但作为相对比较和检测宏观化学均匀性,还是可行的。由表4也可见,沿着试样高度方向化学组成的分布也是较均匀的。化学均匀性的改善,从而也改善了光学均匀性,这对于PLZT透明陶瓷的应用是十分重要的。图6为退火后试样的透过光强的分布图^[10]。图中的

曲线表明,用柠檬酸盐溶液酒精脱水法制备的9.4/65/35PLZT透明陶瓷的光学均匀性是好的。图7所示是用激光干涉仪测出的陶瓷光学均匀性的情况。可以看到,干涉条纹清晰,很少包裹物,表明用本文所介绍的化学法制备的透明陶瓷基本上是匀质的^[2]。

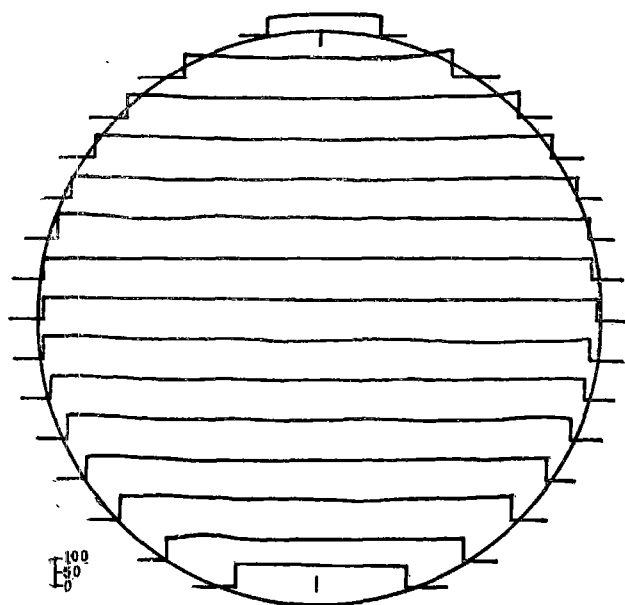


图6 退火后,9.4/65/35PLZT透明陶瓷的透过光强分布图

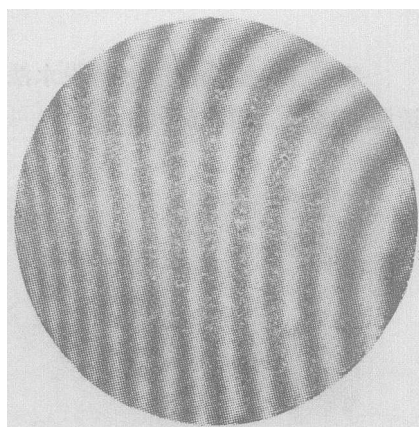


图7 柠檬酸盐溶液酒精脱水法制备的7.9/70/30PLZT透明陶瓷的激光干涉图

表4 柠檬酸盐溶液酒精脱水法制备的7.9/70/30 PLZT 透明陶瓷沿高度组成分布的情况

部 位	组 成 (%)			
	PbO	La ₂ O ₃	ZrO ₂	TiO ₂
上	61.83	4.18	26.68	7.30
中	61.86	4.14	26.83	7.17
下	61.89	4.17	26.75	7.18

五、讨 论

1.用柠檬酸盐溶液酒精脱水的方法,不但可以制备PLZT陶瓷粉料,还可以用来制备锆钛酸铅、钛酸钡和铁氧体等陶瓷粉料,其优点是:纯度高、均匀性好、化学式量准确、不要求特殊的设备与器材以及应用灵活方便等。正由于具有这些优点,尽管目前还不适于大量制备,但仍然是一种适用于实验室里,制备量不多(几十g到几kg)的较好的制备方法,特别适合于进行材料合成和性能特性的研究所需粉料的制备。

2.用本方法制备化学式量精确的陶瓷粉料也遇到了一些困难。(1)各有关元素的柠檬酸盐在水中的溶解度不同,从而残留在酒精废液中的量,也不是严格地能按比例,因而引起了组成的偏离。对于制备PLZT粉料,残留在酒精废液中的主要是ZrO₂,其次是PbO, TiO₂和La₂O₃是极少的,以至于分析不出。(2)溶液浓度的分析精度不够。若溶液浓度平行测

定的误差为0.5mg/ml, 配制200g粉料的相当溶液量为1500ml, 则误差的绝对值为750mg, 这就可以产生0.35%的总偏离。(3)组成的分析精确度不够, 因此要控制实际组成与计算组成一致, 看来几乎是不可能的。但是通过分析方法的改进, 在脱水时控制酒精的纯度、用量和pH值, 以及根据各元素流失的情况加以补偿等有效措施的配合使用, 可以使实际组成非常接近于计算组成。

3. 通过反复试验, 本文提出了对制备PLZT陶瓷粉料的一些合理的工艺参数, (1)各柠檬酸盐溶液的合理浓度: 柠檬酸铅为220~260mg/ml, 柠檬酸镧为60~90mg/ml, 柠檬酸锆为80~100mg/ml, 柠檬酸钛为90~110mg/ml。(2)脱水时酒精中的乙醇含量应在95%(体积)以上, 溶液与酒精的容积比为1:12.5~15, 酒精的pH值保持在4.0~4.2。(3)补偿2~5%的PbO与0.5%的ZrO₂。只要严格掌握以上的工艺参数, 可以使各批料之间的化学组成非常接近。

4. 用本方法制备的PLZT柠檬酸盐粉末, 分解合成温度低, 650°C左右反应就趋完成。合成后的粉料颗粒尺寸绝大部分在0.2μm以下, 因而粉料活性高。经通氧热压烧结, 获得了气孔基本排除的高致密的PLZT透明陶瓷, 其透光率、电光性能和化学均匀性都较氧化物工艺制备的优越。但应该引起注意的, 是分解合成条件要合适, 否则将引起铅的挥发, 以及由于碳和氮的污染而影响烧结。

5. 除了已介绍的Ti、Zr、Sn、Pb、Nb、La等元素之外, Mo、W、Sb、Bi、Ga和一些稀土元素, 基本上也都可以用类似的方法制备成柠檬酸盐的水溶液。对于一些不能制成柠檬酸盐的元素(如碱土金属), 可以配制成其它可溶性的有机酸盐(如甲酸盐、草酸盐等)水溶液, 与柠檬酸盐水溶液混合进行脱水。这样就使本文所介绍的方法能在更广的范围应用。

参 考 文 献

- [1] 姚尧, 新型无机材料, 2[4]11(1973)。
- [2] J. Thomson, Jr., *Amer. Ceram. Soc. Bull.*, 53[5]421(1974)。
- [3] L. M. Brown, *J. Amer. Ceram. Soc.*, 55[11]541(1972)。
- [4] M. Murata and K. Wakino, *Mat. Res. Bull.*, 11[3]323(1976)。
- [5] F. J. Schnettler, F. R. Monforte and W. W. Rhodes, in 《Science of Ceramics》, vol. 4, 79(1968)。
- [6] P. Reynen and H. Bastins, *Powder Met. Intern.*, 8[2]91(1976)。
- [7] B. J. Mulder, *Amer. Ceram. Soc. Bull.*, 49[11]990(1970)。
- [8] 中国科学院上海硅酸盐研究所编, 《无机非金属材料分析》(1976)。
- [9] 陶光仪、沈美芬, “X射线荧光分析锆钛酸铅压电陶瓷”, 中国科学院上海硅酸盐研究所(1979)(未发表)。
- [10] 敖海宽等, “显微光度计及其在电光陶瓷中的应用”, 中国科学院上海硅酸盐研究所(1978)(未发表)。

PREPARATION OF ACTIVE POWDER FOR PLZT TRANSPARENT CERAMICS BY ALCOHOL DEHYDRATION OF CITRATE SOLUTIONS

Li Cheng-en Ni Huan-yao Yin Zhi-wen

(Shanghai Institute of Ceramics, Academia Sinica)

Abstract

Alcohol dehydration of citrate solutions is one of the chemical methods for preparing ceramic powders. Powders prepared by this method are pure and active, and easy to obtain the designed composition with good reproducibility. This method has also the advantage

of needing no special equipment. Therefore it is a promising method of preparing ceramic powders for laboratories and ceramic materials research.

In this paper, the preparation of citrate solutions of the related elements, their dehydration treatments and control of the chemical compositions have been studied. Some technological parameters for preparing PLZT ceramic powder by this method have been proposed. By use of which the powder composition obtained proves to be very close to its designed formula. The grain sizes of the powder obtained are extremely fine, most of them being finer than $0.2\mu\text{m}$. Samples prepared with these powders after hot-pressing in oxygen give good transparency and better chemical and optical homogeneities. Their optical properties and electro-optic effects are better than those prepared by the conventional oxides technology. The yield of powder for each batch in our experiments amounts to 50~1600g.

全国粉煤灰综合利用学术会议在杭州举行

中国硅酸盐学会建材专业委员会和中国建筑学会建材学术委员会于1981年11月21日至25日在浙江杭州联合召开了全国粉煤灰综合利用学术会议。由于粉煤灰的综合利用有助于解决建材资源, 节约能源, 特别是与环境保护有密切关系, 所以会议得到各有关部门的重视与支持。参加会议的有来自全国26个省市的科研、生产、教学等部门的代表共141人; 收到的论文、报告等共104篇; 配合会议还举办了粉煤灰综合利用的小型图片展览。

大会认为, 我国在粉煤灰砌块、粉煤灰墙板、水泥混合材、混凝土掺合料、粉煤灰砖、粉煤灰加气混凝土等方面已利用了一定数量的粉煤灰, 特别是在砌块等硅酸盐制品方面颇具特色。随着产品品种的不断增多, 在微观研究方面也取得了一定成果。首先由于粉煤灰是具内涵潜能的大宗资源, 所以许多单位从粉煤灰的化学成分、矿物组成、结构、形貌等各个不同的角度研究了粉煤灰的活性。如上海建科所与陕西建科所合作, 通过对国内大量灰样多因素的统计分析, 建立了活性与粉煤灰若干基本性质之间的相关关系, 并概括以几种回归方程表示出来; 河南建材所认为在高温高压水热条件下, 粉煤灰的颗粒形貌及组成对粉煤灰硅酸盐制品的强

度产生主要的影响, 据此可将粉煤灰分成四类, 以衡量其活性。在应用理论研究方面, 如“粉煤灰水泥在高温下的水化”一文, 探讨了高温下水化的粉煤灰水泥浆体的强度、相组成和微结构, 以及掺入石膏的影响; 有的单位用红外光谱和扫描电镜得到蒸养粉煤灰制品中C-S-H凝胶存在的直接证据; 北京、上海、哈尔滨等地对粉煤灰硅酸盐制品的水化生成物及其碳化性能进行了较深入的研究, 确认碳化稳定性是影响粉煤灰硅酸盐制品耐久性的主要因素, 但碳化后的强度是稳定的。在工艺和应用技术方面, 已试制以活性 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 和 C_{12}A_7 为主的低温合成粉煤灰水泥, 烧制成功以硫铝酸盐为主或属于 $\text{CS}_2\text{-C}_4\text{AS}$ 系列的水泥熟料, 这些都具有煅烧温度比较低和早期强度高的特点。其他如在液态渣中进行增钙处理, 使粉煤灰活性接近于酸性粒化矿渣, 此外分选粉煤灰作水泥掺料的研究等等, 在扩大粉煤灰的利用, 提高其活性方面都有独到的地方。

大会在检阅科研成果, 交流技术经验的基础上, 并探讨了进一步开展利用粉煤灰的途径, 还向有关部门提出了许多咨询性的建议。

(本刊讯)