



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106242562 B

(45)授权公告日 2018.10.26

(21)申请号 201610032114.3

C04B 35/64(2006.01)

(22)申请日 2016.01.19

C04B 35/626(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106242562 A

(43)申请公布日 2016.12.21

(73)专利权人 浙江九康电气有限公司

地址 325103 浙江省温州市永嘉县乌牛镇
东蒙工业区

专利权人 王树昱

(72)发明人 王树昱

(74)专利代理机构 浙江杭州金通专利事务所有

限公司 33100

代理人 徐关寿 汤时达

(51)Int.Cl.

C04B 35/468(2006.01)

(56)对比文件

CN 102093052 A, 2011.06.15,

CN 101348369 A, 2009.01.21,

CN 101182203 A, 2008.05.21,

US 2004242402 A1, 2004.12.02,

CN 103553592 A, 2014.02.05,

丁士文等. 钛酸钡纳米粉的合成与陶瓷制备.《功能材料》.1998,

审查员 彭芳芳

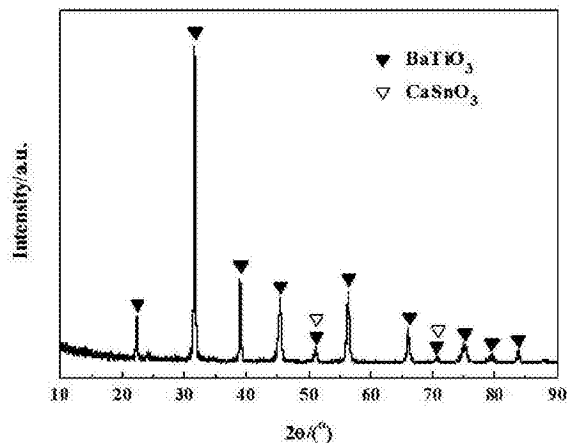
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种适用于超级电容器的改性钛酸钡陶瓷的制备方法,其包括如下步骤:步骤a,辅料制备:选取 SnO_2 、 CaCO_3 、 BaCO_3 、 TiO_2 按比例均匀混合后得到辅料混料,放入马弗炉进行第一次烧结,将材料取出后通过粉碎工艺得到辅料,辅料粒度为 $3\sim 5\mu\text{m}$;步骤b,原料制备:选取 BaCO_3 和 TiO_2 混合后放入马弗炉中进行第二次烧结,将烧结后的产物通过粉碎工艺后得到细粉材料;步骤c,原料改性:选取辅料和细粉材料混合后放入马弗炉中进行第三次烧结,将第三次烧结后的产物通过粉碎工艺后得到成品;本发明的有益效果:工艺简单、节省成本,介电系数随温度变化波动平滑,粒度较细,便于合成稳定的复合材料。



1. 一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法,其包括如下步骤:

步骤a,辅料制备:选取 SnO_2 、 CaCO_3 、 BaCO_3 、 TiO_2 按比例均匀混合后得到辅料混料,置于匣钵内震动振实后放入马弗炉进行第一次烧结,烧结最高温度为 1400°C ,在最高温度下进行第一次保温,保温时间为120分钟,将烧结后的材料取出后通过粉碎工艺得到辅料,辅料粒度为 $3\sim 5\mu\text{m}$;

步骤b,原料制备:选取 BaCO_3 和 TiO_2 按摩尔比 $1:1-1.05$ 混合后得到原料混料,置于匣钵内震动振实后将匣钵放入马弗炉中进行第二次烧结,烧结最高温度为 1100°C ,将第二次烧结后的产物通过粉碎工艺后得到细粉材料;其中,在 $700^\circ\text{C}-1000^\circ\text{C}$ 区间内选择一温度进行第二次保温,保温时间为 $55\sim 65\text{min}$;在 1100°C 进行第三次保温,保温时间 $90\sim 120\text{min}$;细粉材料粒度为 $3\sim 5\mu\text{m}$;

步骤c,原料改性:选取辅料和细粉材料充分混合后得到改性混料,置于匣钵内振实后放入马弗炉中进行第三次烧结,将第三次烧结后的产物通过粉碎工艺后得到成品;其中,辅料占改性混料总质量的 $8.3\%-15.5\%$;第三次烧结的最高温度为 1360°C ,在 $1000^\circ\text{C}-1200^\circ\text{C}$ 区间内选择一温度进行第四次保温,保温 $90-120\text{min}$,在 1360°C 下进行第五次保温,保温 $120-180\text{min}$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法,其特征在于:步骤a中 SnO_2 为 54.2% 质量百分比, CaCO_3 为 39.7% 质量百分比, BaCO_3 为 4.1% 质量百分比, TiO_2 为 2% 质量百分比。

3. 根据权利要求1所述的一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法,其特征在于:步骤b中,第二次保温时的温度为 900°C ,保温的时间为 60min ;步骤c中第四次保温的温度为 1100°C 。

4. 根据权利要求1所述的一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法,其特征在于:辅料混料置于匣钵内振实后在辅料混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口和/或原料混料置于匣钵内振实后在原料混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口和/或改性混料置于匣钵内振实后在改性混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口。

5. 根据权利要求1或2或3或4所述的一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法,其特征在于:所述步骤b中第二次烧结分为两段烧结,第一段为常温 $\sim 700^\circ\text{C}$ 其升温速度为 $400^\circ\text{C}/\text{h}$;第二段为 $700-1100^\circ\text{C}$ 其升温速度为 $300^\circ\text{C}/\text{h}$;步骤c中第三次烧结其升温速度为 $300^\circ\text{C}/\text{h}$ 。

6. 根据权利要求1或2或3或4所述的一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法,其特征在于:步骤a、b以及c中的粉碎工艺均包括初步破碎、二次破碎以及细粉处理;初步破碎所使用的设备为破碎机,二次破碎所使用的设备为对辊机,细粉处理所使用的设备为气流粉碎机。

7. 根据权利要求1或2或3或4所述的一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法,其特征在于: SnO_2 、 CaCO_3 、 BaCO_3 、 TiO_2 的混合、 BaCO_3 和 TiO_2 的混合以及辅料和细粉材料的混合均采用混料机,混料机的内衬上附有高分子聚乙烯材料层。

8. 根据权利要求6所述的一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法,其特征在于:匣钵、破碎机以及对辊机与物料接触部分所采用的材质为刚玉陶瓷,其刚玉含量为 99.5% 以上。

9. 根据权利要求6所述的一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法,其特征在于:所述的气流粉碎机收集器上附有高分子聚乙烯材料层。

10. 根据权利要求6所述的一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法,其特征在于:所述的细粉处理过程中所通入的气体为洁净空气。

一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法。

背景技术

[0002] 超级电容器是一种新型储能装置,它具有充电时间短、使用寿命长、温度特性好、节约能源和绿色环保等特点。钛酸钡作为一种强介电材料,是电子陶瓷中使用最广泛的材料之一。然而如果直接用钛酸钡陶瓷直接生产动力电源和电子电源系统产品还有一定的缺陷。其一,钛酸钡的介电系数随温度变化的波动太大。其二,介电系数越高,介质损耗越大。两项特性直接影响到以钛酸钡为原材料的电容器使用寿命、稳定性和安全性。因此必须掺杂改性材料后才可以发挥更好的作用。

[0003] 现有的改性钛酸钡陶瓷通常采用液相烧结或者固相烧结来完成,传统的液相烧结存在所需成本较大、耗时久且会产生废液污染环境等缺陷。而传统的固相烧结,通常将制备钛酸钡的原材料与制备改性材料的原材料配比后直接放入马弗炉中进行烧结,在烧结炉中反应形成钛酸钡以及改性材料,同时对钛酸钡进行改性直至烧结完成。采用这种固相烧结去制备改性钛酸钡陶瓷存在烧结不均匀,使得烧结出的成品合格率太低,极有可能会存介电系数随温度的波动较大的情况。因此如何改良固相烧结法制得优良的改性钛酸钡陶瓷材料就成为了急需解决的技术问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种成品率高、介电系数随温度变化稳定的改性钛酸钡陶瓷的制备方法。

[0005] 本发明所采用的技术手段为一种改性钛酸钡陶瓷的制备方法,其包括如下步骤:

[0006] 步骤a,辅料制备:选取 SnO_2 、 CaCO_3 、 BaCO_3 、 TiO_2 按比例均匀混合后得到辅料混料,置于匣钵内震动振实后放入马弗炉进行第一次烧结,烧结最高温度为 1400°C ,在最高温度下进行第一次保温,保温时间为120分钟,将材料取出后通过粉碎工艺得到辅料,辅料粒度为 $3\sim 5\mu\text{m}$;

[0007] 步骤b,原料制备:选取 BaCO_3 和 TiO_2 按摩尔比 $1:1\sim 1.05$ 混合后得到原料混料,置于匣钵内震动振实后将匣钵放入马弗炉中进行第二次烧结,烧结最高温度为 1100°C ,将第二次烧结后的产物通过粉碎工艺后得到细粉材料;其中,在 $700^\circ\text{C}\sim 1000^\circ\text{C}$ 区间内选择一温度进行第二次保温,保温时间为 $55\sim 65\text{min}$;在 1100°C 进行第三次保温,保温时间 $90\sim 120\text{min}$;细粉材料粒度为 $3\sim 5\mu\text{m}$;

[0008] 步骤c,原料改性:选取辅料和细粉材料充分混合后得到改性混料,置于匣钵内振实后放入马弗炉中进行第三次烧结,将第三次烧结后的产物通过粉碎工艺后得到成品;其中,辅料占改性混料总质量的 $8.3\%\sim 15.5\%$,第三次烧结的最高温度为 1360°C ,在 $1000^\circ\text{C}\sim 1200^\circ\text{C}$ 区间内选择一温度进行第四次保温,保温 $90\sim 120\text{min}$,在 1360°C 下进行第五次保温,保温 $120\sim 180\text{min}$ 。

[0009] 采用上述制备方法,本发明采用三次烧结,利用第一次烧结制备反应充分的辅料,第二次烧结使得碳酸钡与二氧化钛初步发生固相反应,并排除原料混料中的潮气以及可挥发性杂质从而提高所制备出的钛酸钡纯度;再进行第三次烧结,使碳酸钡与二氧化钛反应更加充分并对其进行改性,对钛酸钡材料的介电系数居里峰进行压峰和平移处理。与现有技术中将制备钛酸钡的原材料以及制备改性材料的原材料直接放入马弗炉中进行烧结相比,反应后得到的产物纯度更高、成品率也更高,介电性能稳定。

[0010] 其中,步骤a中SnO₂为54.2%质量百分比,CaCO₃为39.7%质量百分比,BaCO₃为4.1%质量百分比,TiO₂为2%质量百分比。

[0011] 其中,步骤b中,第二次保温时的温度为900℃,保温的时间为60min;

[0012] 步骤c中第四次保温的温度为1100℃。

[0013] 采用此种方式,在步骤b时加温至900℃时保温60min可以使得BaCO₃和TiO₂在未发生激烈的化学反应之前将夹在BaCO₃和TiO₂的潮气以及易挥发杂质优先排除,从而提高制备后钛酸钡纯度更高,获得高介电系数的钛酸钡。

[0014] 其中,辅料混料置于匣钵内振实后在辅料混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口和/或原料混料置于匣钵内振实后在原料混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口和/或改性混料置于匣钵内振实后在改性混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口。

[0015] 在辅料混料或原料混料或改性混料上戳出均匀排布的排气口,利于固相反应时产生的气体排除,使得辅料混料或原料混料或改性混料受热更加均匀,使其能充分反应,提高反应后的纯度。

[0016] 其中,所述步骤b中第二次烧结分为两段烧结,第一段为常温~700℃其升温速度为400℃/h;第二段为700~1100℃其升温速度为300℃/h;步骤c中第三次烧结其升温速度为300℃/h。

[0017] 采用此种升温方式,主要因为在常温~700℃时,原料混料处于直线膨胀阶段,此时将温度控制在400℃/h可以有利于排除原料中的潮气以及挥发物质。700~1100℃时,原料混料处于固相反应阶段,将温度控制在300℃/h可以使其充分发生反应。第三次烧结其升温速度为300℃/h,采用此种升温方式,在第三次烧结时形成所需求的钛酸钡晶体。

[0018] 其中,步骤a、b以及c中的粉碎工艺均包括初步破碎、二次破碎以及细粉处理;初步破碎所使用的设备为破碎机,二次破碎所使用的设备为对辊机,细粉处理所使用的设备为气流粉碎机。

[0019] 粉碎工艺采用初步破碎、二次破碎以及细粉粉碎,使得粉碎后的材料粒度更加均匀,混合时可以保证混合的更加均匀密实。

[0020] 其中,SnO₂、CaCO₃、BaCO₃、TiO₂的混合、BaCO₃和TiO₂的混合以及辅料和的细粉材料的混合均采用混料机,混料机的内衬上附有高分子聚乙烯材料层。

[0021] 采用此种结构,使得材料在混合的过程避免金属杂质带入影响成品的纯度。

[0022] 其中,匣钵、破碎机以及对辊机与物料接触部分所采用的材质为刚玉陶瓷,其刚玉含量为99.5%以上。

[0023] 采用此种结构,避免在烧结以及粉碎工艺中避免金属杂质带入影响成品的纯度。

[0024] 其中,所述的气流粉碎机收集器上附有高分子聚乙烯材料层。

[0025] 采用此种结构,避免在细粉处理后回收时产物时避免金属杂质带入影响成品的纯

度。

[0026] 其中,所述的细粉处理过程中所通入的气体为洁净空气。

[0027] 通入洁净空气,避免在细粉处理过程时有其他物质进入成品或细粉材料中影响其精度。

[0028] 本发明的有益效果:

[0029] 一、是本发明方法采用的是固相烧结法,相比较于化学制备法,节省了大量的时间和资金,合成工艺简单,过程自动化程度比较高,劳动强度比较低更加容易实现量化生产。

[0030] 二、是本发明属于环境友好型,生产过程无废气废水废渣无工业污染。

[0031] 三、是本发明所制备的钛酸钡介电系数能比传统固相烧结的钛酸钡介电系数提高至少5倍。

[0032] 四、是本发明介电系数在不同的温度下波动较为平滑,而且粒度较细,便于合成稳定的复合材料。

附图说明

[0033] 图1为实施例2所制备的改性钛酸钡陶瓷的XRD图谱;

[0034] 图2为实施例2所制备的改性钛酸钡陶瓷的SEM照片;

[0035] 图3为实施例2所制备的改性钛酸钡陶瓷的激光粒度测试图;

[0036] 图4为实施例2所制备的改性钛酸钡陶瓷的XRF测试表;

[0037] 图5为样品一、二、三介电系数随温度变化的曲线图;

[0038] 图6为样品一、二、三介电损耗随温度变化的曲线图。

具体实施方式

[0039] 以下结合具体实施例和附图对本发明作进一步说明:

[0040] 实施例1:

[0041] 一种适用于超级电容器的钛酸钡陶瓷的改性方法,具体制备方式如下:

[0042] 1.选取二氧化锡8.13kg碳酸钙5.955kg碳酸钡0.615kg二氧化钛0.3kg放进混料机内进行均匀混合2h得到辅料混料;

[0043] 2.取出辅料混料装进匣钵进行震动振实,让材料充分密实,在辅料混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口,然后放入马弗炉内进行烧结,烧结时初始温度为常温,最高温度为1400℃.常温-1100℃时控制加温速度为400℃/h,1100℃-1400℃时控制加温速度为300℃/h.并且在1100℃下进行保温,保温时间为90min,在1400℃下进行再一次保温,保温时间为120min,取出后经过初步破碎、二次破碎以及细粉粉碎,最后得到辅料,辅料的粒度为3μm;

[0044] 3.选取碳酸钡9.85kg 二氧化钛4.08kg放进混料机内进行均匀混合2h得到原料混料;

[0045] 4.取出原料混料装进匣钵进行震动振实,让材料充分密实,在原料混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口,然后放入马弗炉内进行第二次烧结,烧结时初始温度为常温,最高温度为1100℃;常温-700℃时,控制升温速度为400℃/h,700-1100℃控制升温速度为300℃/h.在900℃时进行一次保温,保温时间为120min.然后再加热至1100℃,在1100℃下进行再一次保温,保温120min得到初步烧结的块状材料.再将块状材料依次经过初步破碎、二次

破碎以及细粉粉碎,最后得到细粉材料,细粉材料的粒度为 $3\mu\text{m}$;

[0046] 5.将1.06kg辅料和所有细粉材料放进混料机内进行均匀混合2h得到改性混料;

[0047] 6.取出改性混料装入匣钵中进行震动振实让材料充分密实,在改性混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口,再放入马弗炉内进行第三次烧结,烧结的初始温度为常温,最高温度为 1360°C ,控制升温速度为 $300^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。在 1100°C 时进行保温,保温时间为90min,然后加热至 1360°C 进行保温,保温时间为180min。将物料取出再经过初步破碎、二次破碎以及细粉粉碎,最后得到成品,成品粒度为 $1\mu\text{m}$ 左右;

[0048] 7.把得到的成品经过干燥、造粒。在20mpa压力下压成直径为30mm厚度为4mm的圆片样品一号;

[0049] 8.把样品一号压片通过电桥在不同的温度区间进行介电性能测试。

[0050] 以上涉及到的匣钵、破碎机以及对辊机凡是与物料有接触的部分所采用的材质为刚玉陶瓷,其刚玉含量为99.5%以上,这样做避免这些设备对物料发生污染。混料机的内衬以及气流粉碎机收集器上附有高分子聚乙烯材料层,这种结构也是避免污染。

[0051] 图5、6中横坐标为温度单位为 $^{\circ}\text{C}$,图5中纵坐标为介电系数,图6中纵坐标为介电损耗;由图5、图6可以看出样品一的居里点在 30°C 左右,介电常数约为7000,介电损耗约为0.9。

[0052] 实施例2:

[0053] 一种适用于超级电容器的钛酸钡陶瓷的改性方法,具体制备方式如下:

[0054] 1.选取二氧化锡8.13kg碳酸钙5.955kg碳酸钡0.615kg二氧化钛0.3kg放进混料机内进行均匀混合2h得到辅料混料;

[0055] 2.取出辅料混料装进匣钵进行震动振实,让材料充分密实,在辅料混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口,然后放入马弗炉内进行烧结,烧结时初始温度为常温,最高温度为 1400°C ,常温- 1100°C 时控制升温速度为 $400^{\circ}\text{C}/\text{h}$, 1100°C - 1400°C 时控制升温速度为 $300^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。并且在 1100°C 下进行保温,保温时间为90min,在 1400°C 下进行再次保温,保温时间为120min,取出后经过初步破碎、二次破碎以及细粉粉碎,最后得到辅料,辅料的粒度为 $3\mu\text{m}$;

[0056] 3.选取碳酸钡9.85kg 二氧化钛4.08kg放进混料机内进行均匀混合2h得到原料混料;

[0057] 4.取出原料混料装进匣钵进行震动振实,让材料充分密实,在原料混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口,然后放入马弗炉内进行第二次烧结,烧结时初始温度为常温,最高温度为 1100°C ;常温- 700°C 时,控制升温速度为 $400^{\circ}\text{C}/\text{h}$, 700°C - 1100°C 控制升温速度为 $300^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。在 900°C 时进行一次保温,保温时间为120min。然后再加热至 1100°C ,在 1100°C 下进行再次保温,保温120min得到初步烧结的块状材料。再将块状材料依次经过初步破碎、二次破碎以及细粉粉碎,最后得到细粉材料,细粉材料的粒度为 $3\mu\text{m}$;

[0058] 5.将1.36kg辅料和所有细粉材料放进混料机内进行均匀混合2h得到改性混料;

[0059] 6.取出改性混料装入匣钵中进行震动振实让材料充分密实,在改性混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口,再放入马弗炉内进行第三次烧结,烧结的初始温度为常温,最高温度为 1360°C ,控制升温速度为 $300^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。在 1100°C 时进行保温,保温时间为90min,然后加热至 1360°C 再次保温,保温时间为180min。将物料取出再经过初步破碎、二次破碎以及细粉粉碎,最后得到成品,成品粒度为 $1\mu\text{m}$ 左右;

[0060] 7.把得到的成品经过干燥、造粒。在20mpa压力下压成直径为30mm厚度为4mm的圆片样品二号；

[0061] 8.把样品二号压片通过电桥在不同的温度区间进行介电性能测试。

[0062] 以上涉及到的匣钵、破碎机以及对辊机凡是与物料有接触的部分所采用的材质为刚玉陶瓷，其刚玉含量为99.5%以上，这样做避免这些设备对物料发生污染。混料机的内衬以及气流粉碎机收集器上附有高分子聚乙烯材料层，这种结构也是避免污染。

[0063] 由图1所示，合成的碳酸钡陶瓷中只有BaTiO₃和CaSnO₃晶相，没有其他结晶相，图2可以看出所制备的改性钛酸钡陶瓷材料晶粒发育良好，由图3可以看出所制备的改性钛酸钡材料粒径约为1μm。图5、6中横坐标为温度单位为℃，图5中纵坐标为介电系数，图6中纵坐标为介电损耗；由图5、6可以看出样品二居里点20℃左右，介电常数约为9500，介电损耗约为1.1。

[0064] 实施例3：

[0065] 一种适用于超级电容器的钛酸钡陶瓷的改性方法，具体制备方式如下

[0066] 1.选取二氧化锡8.13kg碳酸钙5.955kg碳酸钡0.615kg二氧化钛0.3kg放进混料机内进行均匀混合2h得到辅料混料；

[0067] 2.取出辅料混料装进匣钵进行震动振实，让材料充分密实，在辅料混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口，然后放入马弗炉内进行烧结，烧结时初始温度为常温，最高温度为1400℃，常温-1100℃时控制升温速度为400℃/h，1100℃-1400℃时控制升温速度为300℃/h。并且在1100℃下进行保温，保温时间为90min，在1400℃下进行再次保温，保温时间为120min，取出后经过初步破碎、二次破碎以及细粉粉碎，最后得到辅料，辅料的粒度为3μm；

[0068] 3.选取碳酸钡9.85kg 二氧化钛4.08kg放进混料机内进行均匀混合2h得到原料混料；

[0069] 4.取出原料混料装进匣钵进行震动振实，让材料充分密实，在原料混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口，然后放入马弗炉内进行第二次烧结，烧结时初始温度为常温，最高温度为1100℃；常温-700℃时，控制升温速度为400℃/h，700-1100℃控制升温速度为300℃/h。在900℃时进行一次保温，保温时间为120min。然后再加热至1100℃，在1100℃下再次保温，保温120min得到初步烧结的块状材料。再将块状材料依次经过初步破碎、二次破碎以及细粉粉碎，最后得到细粉材料，细粉材料的粒度为3μm；

[0070] 5.将2.14kg辅料和所有细粉材料放进混料机内进行均匀混合2h得到改性混料；

[0071] 6.取出改性混料装入匣钵中进行震动振实让材料充分密实，在改性混料上戳出均匀蜂窝状排布的排气口，再放入马弗炉内进行第三次烧结，烧结的初始温度为常温，最高温度为1360℃，控制升温速度为300℃/h。在1100℃时进行保温，保温时间为90min，然后加热至1360℃再次保温，保温时间为180min。将物料取出再经过初步破碎、二次破碎以及细粉粉碎，最后得到成品，成品粒度为1μm左右；

[0072] 7.把得到的成品经过干燥、造粒。在20mpa压力下压成直径为30mm厚度为4mm的圆片样品三号；

[0073] 8.把样品三号压片通过电桥在不同的温度区间进行介电性能测试。

[0074] 以上涉及到的匣钵、破碎机以及对辊机凡是与物料有接触的部分所采用的材质为刚玉陶瓷，其刚玉含量为99.5%以上，这样做避免这些设备对物料发生污染。混料机的内衬

以及气流粉碎机收集器上附有高分子聚乙烯材料层,这种结构也是避免污染。

[0075] 图5、6中横坐标为温度单位为 $^{\circ}\text{C}$,图5中纵坐标为介电系数,图6中纵坐标为介电损耗;由图5、图6可以看出样品三的居里点在 0°C 左右,介电常数约为4700,介电损耗约为0.5。

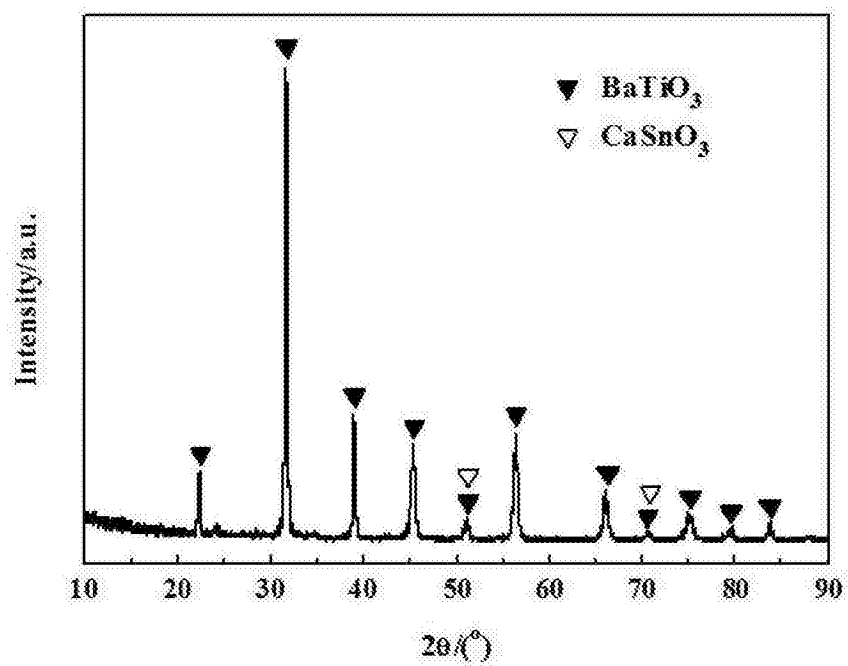


图1

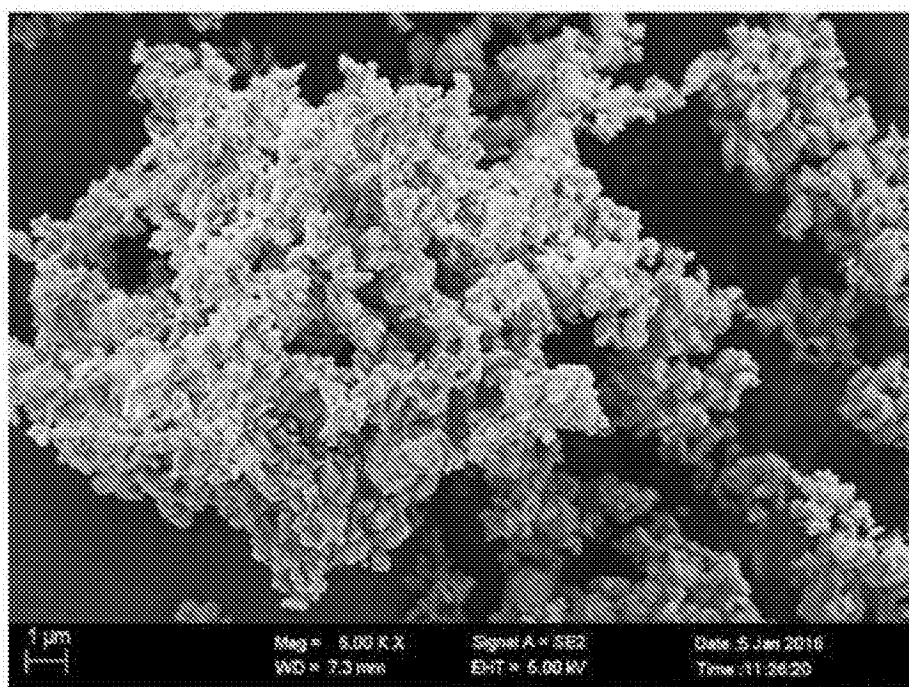


图2

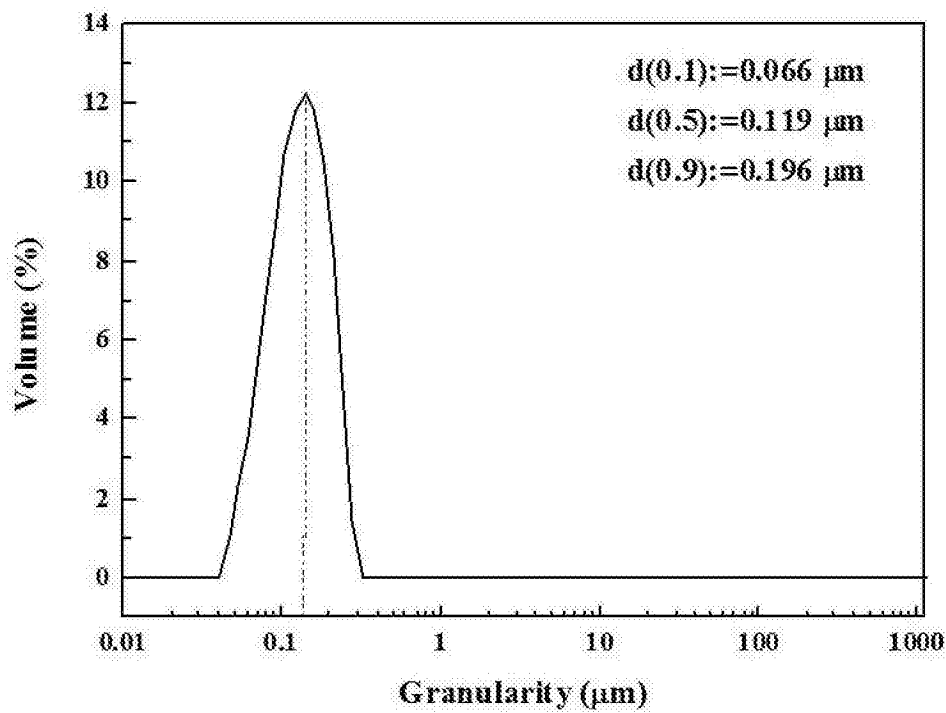


图3

表 1 XRF 元素测试结果

元素	O	Ba	Ti	Sn	Ca	Sr	Na
含量/%	60.9737	26.6513	10.3701	1.3032	0.4594	0.0746	0.0734
元素	Al	Fe	S	Si			
含量/%	0.0530	0.0198	0.0155	0.0061			

表 2 XRF 氧化物测试结果

氧化物	BaTiO ₃	CaSnO ₃	SnO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	SO ₃	Fe ₂ O ₃
含量/%	94.7075	4.6021	0.2106	0.1802	0.1385	0.0709	0.0667
氧化物	SiO ₂						
含量/%	0.0235						

图4

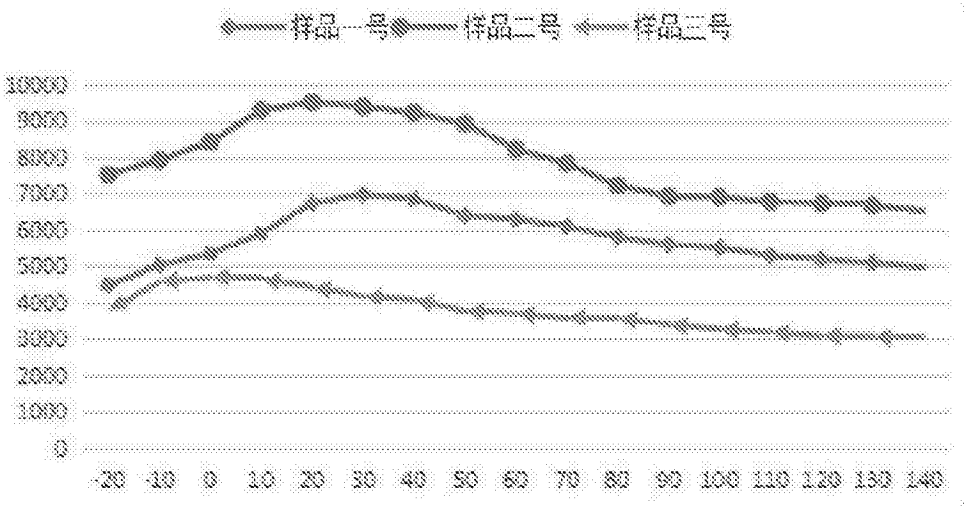


图5

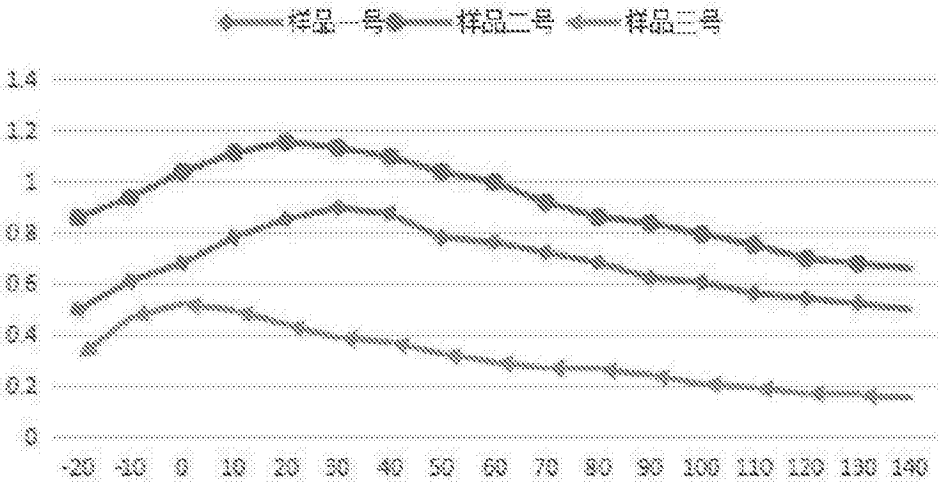


图6