



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108147812 A

(43)申请公布日 2018.06.12

(21)申请号 201810035863.0

(22)申请日 2018.01.15

(71)申请人 陕西科技大学

地址 710021 陕西省西安市未央区大学园  
区

(72)发明人 蒲永平 万晶

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任  
公司 61200

代理人 齐书田

(51) Int. Cl.

C04B 35/468(2006.01)

C04B 35/622(2006.01)

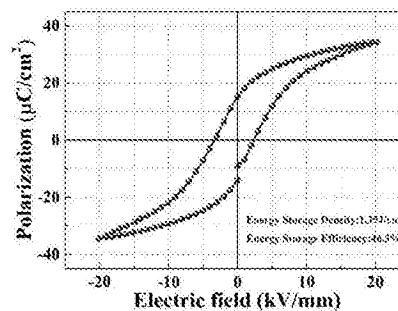
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷及其制备方法,首先制备BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体;其次将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体按照化学式 $(1-x)(0.92\text{BaTiO}_3-0.08(\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3)-x\text{NaNbO}_3$ 配料,其中 $x$ 为0.02-0.08, $x$ 为摩尔百分数,混合均匀后烘干,然后压片、成型后得到混合料片;然后将混合料片进行烧结,即得到BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷。



1. 一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷,其特征在于,所述BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的化学式为 $(1-x)(0.92\text{BaTiO}_3-0.08(\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3)-x\text{NaNbO}_3$ ,其中 $x$ 为0.04-0.08, $x$ 为摩尔百分数。

2. 一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一:制备BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体;

步骤二:将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体按照化学式 $(1-x)(0.92\text{BaTiO}_3-0.08(\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3)-x\text{NaNbO}_3$ 配料,其中 $x$ 为0.04-0.08, $x$ 为摩尔百分数,混合均匀后烘干,然后压片、成型后得到混合料片;

步骤三:将混合料片进行烧结,即得到BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷。

3. 根据权利要求2所述的一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的制备方法,其特征在于,步骤一中BT预烧粉体通过以下方法制得:按照化学式 $\text{BaTiO}_3$ ,将碳酸钡和二氧化钛混合均匀后在 $1150^\circ\text{C}$ 下保温3h,制得BT预烧粉体。

4. 根据权利要求2所述的一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的制备方法,其特征在于,步骤一中KBT预烧粉体通过以下方法制得:按照化学式 $\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ ,将碳酸钾、氧化铋和二氧化钛混合均匀后在 $950^\circ\text{C}$ 下保温4h,制得KBT预烧粉体。

5. 根据权利要求2所述的一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的制备方法,其特征在于,步骤一中NN预烧粉体通过以下方法制得:按照化学式 $\text{NaNbO}_3$ ,将碳酸钠和五氧化二铌混合均匀后在 $850^\circ\text{C}$ 下保温2h,制得NN预烧粉体。

6. 根据权利要求2所述的一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的制备方法,其特征在于,步骤二中采用球磨将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体混合均匀。

7. 根据权利要求6所述的一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的制备方法,其特征在于,球磨时间为6-8h。

8. 根据权利要求2所述的一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的制备方法,其特征在于,步骤二中烘干的温度为 $75^\circ\text{C}$ - $90^\circ\text{C}$ 。

9. 根据权利要求2所述的一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的制备方法,其特征在于,步骤三中烧结温度为 $1130$ - $1160^\circ\text{C}$ ,烧结时间为2-4h。

10. 根据权利要求2所述的一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的制备方法,其特征在于,步骤三得到的BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷储能密度为 $1.35\text{J}/\text{cm}^3$ - $1.96\text{J}/\text{cm}^3$ 。

## 一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于储能材料制备技术领域,具体涉及一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 电容器作为一种重要的储能器件,是电子设备中大量使用的电子元器件之一。而陶瓷电容器具有使用温度范围宽、寿命长、性能可靠等优点而被广泛使用。电容储能容易保持,不需要超导体。电容储能还有很重要的一点就是能够提供瞬间大功率,非常适合于激光器,闪光灯等应用场合。电容器储存的能量大小由其尺寸和介质材料的储能密度决定。为了减小其尺寸,提高其能量的存储量,开发具有高储能密度的陶瓷介质材料可以有效解决这一问题。陶瓷电容器具有使用温度范围宽、寿命长、性能可靠等优点而被广泛使用。其中铁电陶瓷材料具有介电常数大,非线性效应强等优点,单位体积铁电陶瓷材料的储能密度 $J$ 可由下式计算:

$$[0003] \quad J = \int E dP$$

[0004] 其中 $P$ 为极化强度, $E$ 为其击穿强度。

[0005] 铁电陶瓷材料的储能密度由其最小极化强度( $P_r$ )、最大极化强度( $P_m$ )和击穿强度( $E_b$ )共同决定。被广泛研究的 $Ba_{0.4}Sr_{0.6}TiO_3$ 陶瓷的储能密度仅仅为 $\sim 0.37 J/cm^3$ ,储能密度较低。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷及其制备方法,以克服上述现有技术存在的缺陷,本发明制得的陶瓷材料储能密度高达 $1.96 J/cm^3$ ,并且制备方法简单,易于实现。

[0007] 为达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0008] 一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷,所述BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的化学式为 $(1-x)(0.92BaTiO_3-0.08(K_{0.5}Bi_{0.5})TiO_3)-xNaNbO_3$ ,其中 $x$ 为 $0.04-0.08$ , $x$ 为摩尔百分数。

[0009] 一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的制备方法,包括以下步骤:

[0010] 步骤一:制备BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体;

[0011] 步骤二:将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体按照化学式 $(1-x)(0.92BaTiO_3-0.08(K_{0.5}Bi_{0.5})TiO_3)-xNaNbO_3$ 配料,其中 $x$ 为 $0.04-0.08$ , $x$ 为摩尔百分数,混合均匀后烘干,然后压片、成型后得到混合料片;

[0012] 步骤三:将混合料片进行烧结,即得到BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷。

[0013] 进一步地,步骤一中BT预烧粉体通过以下方法制得:按照化学式 $BaTiO_3$ ,将碳酸钡和二氧化钛混合均匀后在 $1150^\circ C$ 下保温 $3h$ ,制得BT预烧粉体。

[0014] 进一步地,步骤一中KBT预烧粉体通过以下方法制得:按照化学式 $K_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$ ,将碳酸钾、氧化铋和二氧化钛混合均匀后在 $950^\circ C$ 下保温 $4h$ ,制得KBT预烧粉体。

[0015] 进一步地,步骤一中NN预烧粉体通过以下方法制得:按照化学式 $\text{NaNbO}_3$ ,将碳酸钠和五氧化二铌混合均匀后在 $850^\circ\text{C}$ 下保温2h,制得NN预烧粉体。

[0016] 进一步地,步骤二中采用球磨将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体混合均匀。

[0017] 进一步地,球磨时间为6-8h。

[0018] 进一步地,步骤二中烘干的温度为 $75^\circ\text{C}$ - $90^\circ\text{C}$ 。

[0019] 进一步地,步骤三中烧结温度为 $1130$ - $1160^\circ\text{C}$ ,烧结时间为2-4h。

[0020] 进一步地,步骤三得到的BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷储能密度为 $1.35\text{J}/\text{cm}^3$ - $1.96\text{J}/\text{cm}^3$ 。

[0021] 与现有技术相比,本发明具有以下有益的技术效果:

[0022]  $0.92\text{BaTiO}_3$ - $0.08(\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3$ 具有较高的最大极化强度( $P_m \sim 42.52\mu\text{C}/\text{cm}^3$ ),但是其剩余极化强度较高( $P_r \sim 36.71\mu\text{C}/\text{cm}^3$ ),使其具有较低的储能密度( $0.46\text{J}/\text{cm}^3$ ),因此本发明通过添加铌酸钠来降低其剩余极化强度,从而制得高储能密度陶瓷材料。由于铌酸钠是一种典型的反铁电体,具有较低的剩余极化强度,加入 $0.92\text{BaTiO}_3$ - $0.08(\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3$ 后可以破坏铁电材料的长程有序极化,减弱材料的铁电性,从而可以有效降低其剩余极化强度。因此,本发明向 $0.92\text{BaTiO}_3$ - $0.08(\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3$ 添加适量的 $\text{NaNbO}_3$ 来降低其剩余极化强度,从而获得具有高储能密度的铁电陶瓷材料。

[0023] 本发明方法以碳酸钡,碳酸钾,碳酸钠,氧化铋,二氧化钛和五氧化二铌为原料,采用固相法,制备 $(1-x)(0.92\text{BaTiO}_3$ - $0.08(\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3)$ - $x\text{NaNbO}_3$ 陶瓷材料的储能密度可高达 $1.96\text{J}/\text{cm}^3$ 。本发明的制备方法设备简单、操作简单、成本低、可大规模生产,为大规模、低成本制备高储能密度陶瓷材料提供了基础。

## 附图说明

[0024] 图1是实施例1的陶瓷材料的电滞回线图。

[0025] 图2是实施例6的陶瓷材料的电滞回线图。

[0026] 图3是实施例9的陶瓷材料的电滞回线图。

## 具体实施方式

[0027] 下面对本发明的实施方式做进一步详细描述:

[0028] 一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷,所述BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的化学式为 $(1-x)(0.92\text{BaTiO}_3$ - $0.08(\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3)$ - $x\text{NaNbO}_3$ ,其中 $x$ 为 $0.04$ - $0.08$ , $x$ 为摩尔百分数。

[0029] 一种BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷的制备方法,包括以下步骤:

[0030] 步骤一:制备BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体;其中,BT预烧粉体通过以下方法制得:按照化学式 $\text{BaTiO}_3$ ,将碳酸钡和二氧化钛混合均匀后在 $1150^\circ\text{C}$ 下保温3h,制得BT预烧粉体;KBT预烧粉体通过以下方法制得:按照化学式 $\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ ,将碳酸钾、氧化铋和二氧化钛混合均匀后在 $950^\circ\text{C}$ 下保温4h,制得KBT预烧粉体;NN预烧粉体通过以下方法制得:按照化学式 $\text{NaNbO}_3$ ,将碳酸钠和五氧化二铌混合均匀后在 $850^\circ\text{C}$ 下保温2h,制得NN预烧粉体;

[0031] 步骤二:将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体按照化学式 $(1-x)$

( $0.92\text{BaTiO}_3-0.08(\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3-x\text{NaNbO}_3$ )配料,其中 $x$ 为 $0.04-0.08$ , $x$ 为摩尔百分数,采用球磨混合 $6-8\text{h}$ 后在 $75^\circ\text{C}-90^\circ\text{C}$ 温度下烘干,然后压片、成型后得到混合料片;

[0032] 步骤三:将混合料片进行烧结,烧结温度为 $1130-1160^\circ\text{C}$ ,烧结时间为 $2-4\text{h}$ ,即得到BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷,得到的BT-KBT-NN基高储能密度陶瓷储能密度为 $1.35\text{J}/\text{cm}^3-1.96\text{J}/\text{cm}^3$ 。

[0033] 下面结合实施例对本发明做进一步详细描述:

[0034] 实施例1

[0035] 1) 按照化学式 $\text{BaTiO}_3$  (BT),将碳酸钡和二氧化钛混合均匀后在 $1150^\circ\text{C}$ 下保温 $3\text{h}$ ,制得BT预烧粉体。

[0036] 2) 按照化学式 $\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$  (KBT),将碳酸钾、氧化铋和二氧化钛混合均匀后在 $950^\circ\text{C}$ 下保温 $4\text{h}$ ,制得KBT预烧粉体。

[0037] 3) 按照化学式 $\text{NaNbO}_3$  (NN),将碳酸钠和五氧化二铌混合均匀后在 $850^\circ\text{C}$ 下保温 $2\text{h}$ ,制得NN预烧粉体。

[0038] 4) 将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体按照化学式 $0.96(0.92\text{BaTiO}_3-0.08(\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3)-0.04\text{NaNbO}_3$ 配料,用去离子水作为球磨介质球磨 $6\text{h}$ 混合均匀,然后在 $80^\circ\text{C}$ 下烘干,经压片、成型后,在 $1160^\circ\text{C}$ 下保温 $2\text{h}$ 烧结成瓷,得到高储能密度陶瓷材料。

[0039] 实施例2

[0040] 1) 按照化学式 $\text{BaTiO}_3$  (BT),将碳酸钡和二氧化钛混合均匀后在 $1150^\circ\text{C}$ 下保温 $3\text{h}$ ,制得BT预烧粉体。

[0041] 2) 按照化学式 $\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$  (KBT),将碳酸钾、氧化铋和二氧化钛混合均匀后在 $950^\circ\text{C}$ 下保温 $4\text{h}$ ,制得KBT预烧粉体。

[0042] 3) 按照化学式 $\text{NaNbO}_3$  (NN),将碳酸钠和五氧化二铌混合均匀后在 $850^\circ\text{C}$ 下保温 $2\text{h}$ ,制得NN预烧粉体。

[0043] 4) 将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体按照化学式 $0.96(0.92\text{BaTiO}_3-0.08(\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3)-0.04\text{NaNbO}_3$ 配料,用去离子水作为球磨介质球磨 $7\text{h}$ 混合均匀,然后在 $80^\circ\text{C}$ 下烘干,经压片、成型后,在 $1160^\circ\text{C}$ 下保温 $4\text{h}$ 烧结成瓷,得到高储能密度陶瓷材料。

[0044] 实施例3

[0045] 1) 按照化学式 $\text{BaTiO}_3$  (BT),将碳酸钡和二氧化钛混合均匀后在 $1150^\circ\text{C}$ 下保温 $3\text{h}$ ,制得BT预烧粉体。

[0046] 2) 按照化学式 $\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$  (KBT),将碳酸钾、氧化铋和二氧化钛混合均匀后在 $950^\circ\text{C}$ 下保温 $4\text{h}$ ,制得KBT预烧粉体。

[0047] 3) 按照化学式 $\text{NaNbO}_3$  (NN),将碳酸钠和五氧化二铌混合均匀后在 $850^\circ\text{C}$ 下保温 $2\text{h}$ ,制得NN预烧粉体。

[0048] 4) 将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体按照化学式 $0.96(0.92\text{BaTiO}_3-0.08(\text{K}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3)-0.04\text{NaNbO}_3$ 配料,用去离子水作为球磨介质球磨 $6\text{h}$ 混合均匀,然后在 $75^\circ\text{C}$ 下烘干,经压片、成型后,在 $1150^\circ\text{C}$ 下保温 $2\text{h}$ 烧结成瓷,得到高储能密度陶瓷材料。

[0049] 实施例4

[0050] 1) 按照化学式 $\text{BaTiO}_3$  (BT),将碳酸钡和二氧化钛混合均匀后在 $1150^\circ\text{C}$ 下保温 $3\text{h}$ ,制得BT预烧粉体。

[0051] 2) 按照化学式 $K_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$  (KBT), 将碳酸钾、氧化铋和二氧化钛混合均匀后在950℃下保温4h, 制得KBT预烧粉体。

[0052] 3) 按照化学式 $NaNbO_3$  (NN), 将碳酸钠和五氧化二铌混合均匀后在850℃下保温2h, 制得NN预烧粉体。

[0053] 4) 将BT陶瓷粉体、KBT陶瓷粉体和铌酸钾粉体按照化学式 $0.94(0.92BaTiO_3-0.08(K_{0.5}Bi_{0.5})TiO_3)-0.06NaNbO_3$ 配料, 用去离子水作为球磨介质球磨6h混合均匀, 然后在90℃下烘干, 经压片、成型后, 在1160℃下保温2h烧结成瓷, 得到高储能密度陶瓷材料。

[0054] 实施例5

[0055] 1) 按照化学式 $BaTiO_3$  (BT), 将碳酸钡和二氧化钛混合均匀后在1150℃下保温3h, 制得BT预烧粉体。

[0056] 2) 按照化学式 $K_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$  (KBT), 将碳酸钾、氧化铋和二氧化钛混合均匀后在950℃下保温4h, 制得KBT预烧粉体。

[0057] 3) 按照化学式 $NaNbO_3$  (NN), 将碳酸钠和五氧化二铌混合均匀后在850℃下保温2h, 制得NN预烧粉体。

[0058] 4) 将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体按照化学式 $0.94(0.92BaTiO_3-0.08(K_{0.5}Bi_{0.5})TiO_3)-0.06NaNbO_3$ 配料, 用去离子水作为球磨介质球磨8h混合均匀, 然后在80℃下烘干, 经压片、成型后, 在1160℃下保温4h烧结成瓷, 得到高储能密度陶瓷材料。

[0059] 实施例6

[0060] 1) 按照化学式 $BaTiO_3$  (BT), 将碳酸钡和二氧化钛混合均匀后在1150℃下保温3h, 制得BT预烧粉体。

[0061] 2) 按照化学式 $K_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$  (KBT), 将碳酸钾、氧化铋和二氧化钛混合均匀后在950℃下保温4h, 制得KBT预烧粉体。

[0062] 3) 按照化学式 $NaNbO_3$  (NN), 将碳酸钠和五氧化二铌混合均匀后在850℃下保温2h, 制得NN预烧粉体。

[0063] 4) 将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体按照化学式 $0.94(0.92BaTiO_3-0.08(K_{0.5}Bi_{0.5})TiO_3)-0.06NaNbO_3$ 配料, 用去离子水作为球磨介质球磨6h混合均匀, 然后在80℃下烘干, 经压片、成型后, 在1130℃下保温2h烧结成瓷, 得到高储能密度陶瓷材料。

[0064] 实施例7

[0065] 1) 按照化学式 $BaTiO_3$  (BT), 将碳酸钡和二氧化钛混合均匀后在1150℃下保温3h, 制得BT预烧粉体。

[0066] 2) 按照化学式 $K_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$  (KBT), 将碳酸钾、氧化铋和二氧化钛混合均匀后在950℃下保温4h, 制得KBT预烧粉体。

[0067] 3) 按照化学式 $NaNbO_3$  (NN), 将碳酸钠和五氧化二铌混合均匀后在850℃下保温2h, 制得NN预烧粉体。

[0068] 4) 将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体按照化学式 $0.92(0.92BaTiO_3-0.08(K_{0.5}Bi_{0.5})TiO_3)-0.08NaNbO_3$ 配料, 用去离子水作为球磨介质球磨6h混合均匀, 然后在80℃下烘干, 经压片、成型后, 在1160℃下保温3h烧结成瓷, 得到高储能密度陶瓷材料。

[0069] 实施例8

[0070] 1) 按照化学式 $BaTiO_3$  (BT), 将碳酸钡和二氧化钛混合均匀后在1150℃下保温3h,

制得BT预烧粉体。

[0071] 2) 按照化学式 $K_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$  (KBT), 将碳酸钾、氧化铋和二氧化钛混合均匀后在950℃下保温4h, 制得KBT预烧粉体。

[0072] 3) 按照化学式 $NaNbO_3$  (NN), 将碳酸钠和五氧化二铌混合均匀后在850℃下保温2h, 制得NN预烧粉体。

[0073] 4) 将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体按照化学式 $0.92(0.92BaTiO_3-0.08(K_{0.5}Bi_{0.5})TiO_3)-0.08NaNbO_3$ 配料, 用去离子水作为球磨介质球磨6h混合均匀, 然后在80℃下烘干, 经压片、成型后, 在1160℃下保温3h烧结成瓷, 得到高储能密度陶瓷材料。

[0074] 实施例9

[0075] 1) 按照化学式 $BaTiO_3$  (BT), 将碳酸钡和二氧化钛混合均匀后在1150℃下保温3h, 制得BT预烧粉体。

[0076] 2) 按照化学式 $K_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$  (KBT), 将碳酸钾、氧化铋和二氧化钛混合均匀后在950℃下保温4h, 制得KBT预烧粉体。

[0077] 3) 按照化学式 $NaNbO_3$  (NN), 将碳酸钠和五氧化二铌混合均匀后在850℃下保温2h, 制得NN预烧粉体。

[0078] 4) 将BT预烧粉体、KBT预烧粉体和NN预烧粉体按照化学式 $0.92(0.92BaTiO_3-0.08(K_{0.5}Bi_{0.5})TiO_3)-0.08KNbO_3$ 配料, 用去离子水作为球磨介质球磨8h混合均匀, 然后在90℃下烘干, 经压片、成型后, 在1150℃下保温2h烧结成瓷, 得到高储能密度陶瓷材料。

[0079] 参见图1, 为实施例3中制备的陶瓷样品的电滞回线图, 从图中可以看到该样品的储能密度可达 $1.35J/cm^3$ , 储能效率可达46.3%。图2为实施例6中制备的陶瓷样品的电滞回线图, 从图中可以看到该样品的储能密度可达 $1.80J/cm^3$ , 储能效率可达60.1%。图3为实施例9中制备的陶瓷样品的电滞回线图, 从图中可以看到该样品的储能密度可达 $1.96J/cm^3$ , 储能效率可达67.4%。

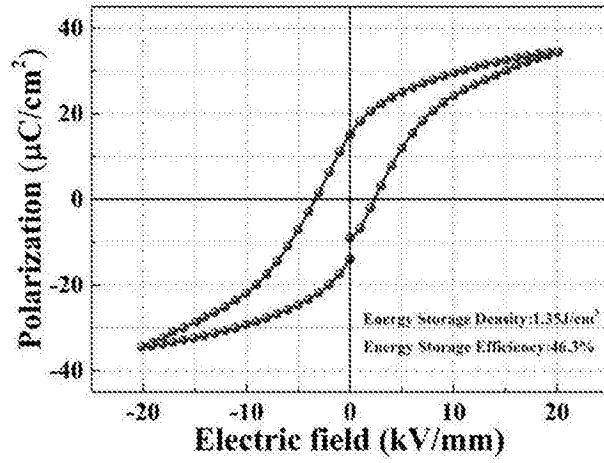


图1

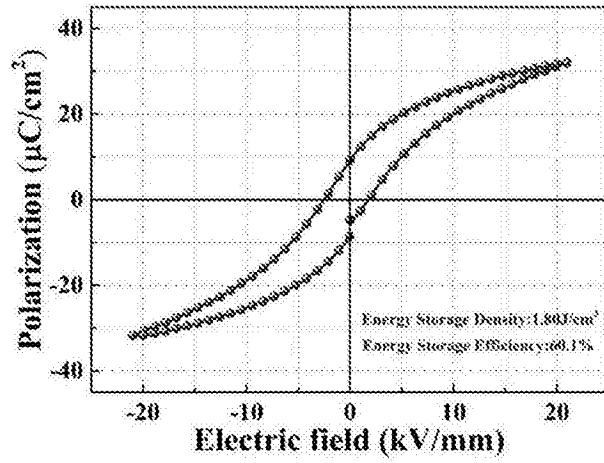


图2

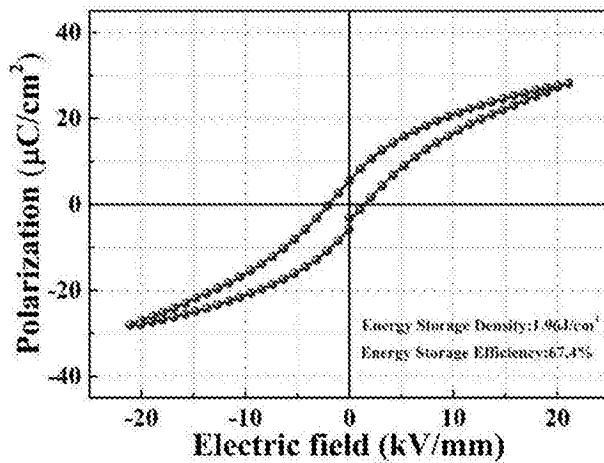


图3