



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113511890 A

(43) 申请公布日 2021.10.19

(21) 申请号 202110363325.6

(22) 申请日 2021.04.02

(71) 申请人 武汉科技大学

地址 430081 湖北省武汉市青山区和平大道947号

(72) 发明人 李远兵 李仕祺 李淑静 王海路
付承臻

(74) 专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 42222

代理人 张火春

(51) Int. Cl.

C04B 35/447 (2006.01)

C04B 35/626 (2006.01)

C04B 38/10 (2006.01)

C04B 35/622 (2006.01)

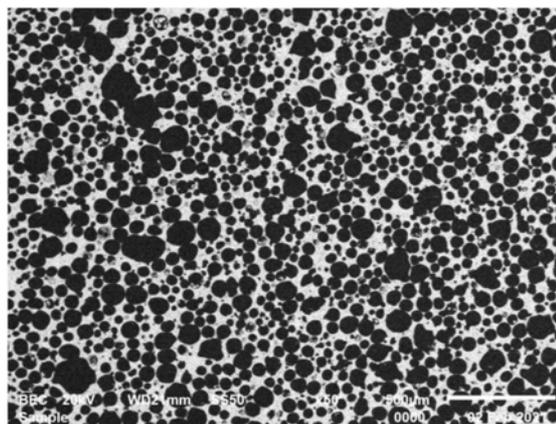
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料及其制备方法。其技术方案是：将磷酸二氢铵和氧化锆混合，得混合料I，对混合料I球磨，烘干，在250~750℃条件下保温1~5小时，破碎，得到焦磷酸锆粉体。将焦磷酸锆粉体与去离子水混合，得混合料II；将混合料II与聚羧酸类复合分散剂混合，球磨，得焦磷酸锆浆料。将非离子型发泡剂加入焦磷酸锆浆料，搅拌，得发泡浆料；将明胶溶液加入发泡浆料中，搅拌，倒入模具，静置，干燥，得焦磷酸锆多孔陶瓷坯体。将焦磷酸锆多孔陶瓷坯体加热至1100~1400℃，保温，制得基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料。本发明工艺简单、生产周期短和环境友好，所制品介电常数低、介电损耗小和保温隔热性能好。



1. 一种基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料的制备方法,其特征在于所述制备方法的步骤是:

步骤一、按磷酸二氢铵:氧化锆的摩尔比为2.1~2.7:1,将所述磷酸二氢铵和所述氧化锆混合,得到混合料I;再以无水乙醇为球磨介质,对所述混合料I进行球磨,混合料I的球磨时间为2~4小时,烘干,得到球磨料;然后将所述球磨料在250~750℃条件下保温1~5小时,破碎,得到焦磷酸锆粉体;

步骤二、按所述焦磷酸锆粉体:去离子水的质量比为1.2~1.9:1,将所述焦磷酸锆粉体与去离子水混合,得混合料II;再按所述混合料II:聚羧酸类复合分散剂的质量比为1:0.001~0.003,将所述混合料II与所述聚羧酸类复合分散剂混合,得到混合料III;将所述混合料III球磨,混合料III的球磨时间为2~4小时,得到焦磷酸锆浆料;

步骤三、按所述焦磷酸锆浆料:非离子型发泡剂:明胶溶液的质量比为1:0.005~0.02:0.01~0.03,先将所述非离子型发泡剂加入所述焦磷酸锆浆料,搅拌3~5分钟,得到发泡浆料;再将所述明胶溶液加入所述发泡浆料中,搅拌2~3分钟,倒入模具中,在常温条件下静置20~28小时,再于50~80℃条件下干燥18~24小时,脱模,得到焦磷酸锆多孔陶瓷坯体;

步骤四、在空气气氛和常压条件下,将所述焦磷酸锆多孔陶瓷坯体加热至1100~1400℃,保温1~5小时,制得基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料。

2. 根据权利要求1所述的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料的制备方法,其特征在于步骤一所述氧化锆的纯度大于99.9%,粒径小于2 μm 。

3. 根据权利要求1所述的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料的制备方法,其特征在于步骤一所述磷酸二氢铵的纯度大于99.0%,粒径小于100 μm 。

4. 根据权利要求1所述的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料的制备方法,其特征在于步骤二所述非离子型发泡剂为醇类、醚醇、醚类和酯类中的一种。

5. 根据权利要求1所述的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料的制备方法,其特征在于步骤三所述搅拌的转速为800~1000转/分钟。

6. 根据权利要求1所述的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料的制备方法,其特征在于步骤三所述明胶溶液的浓度为5~10wt%。

7. 一种基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料,其特征在于所述焦磷酸锆多孔陶瓷材料是根据权利要求1~6中任一项所述基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料的制备方法所制备的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料。

一种基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于焦磷酸锆多孔陶瓷材料技术领域。特别涉及一种基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料及其制备方法。

背景技术

[0002] 材料的隔热性能主要依赖于导热系数,近年来具有低介电常数的隔热材料引起了人们的关注。焦磷酸锆多孔陶瓷作为一种新型的隔热材料,具有导热系数低和耐高温等优点,焦磷酸锆多孔陶瓷作为一种性能优异和前景广阔的新型陶瓷材料,广泛应用于化工、通信、电子、军事等领域,愈来愈受到技术人员的重视。

[0003] 在现有的技术研究中,焦磷酸锆陶瓷虽具有低介电常数和介电损耗、抗侵蚀等性能,其介电常数低于10且介电损耗小于 1×10^{-2} ,难以满足隔热用天线罩透波材料的使用要求。因此制备焦磷酸锆多孔陶瓷对于在隔热用天线罩透波材料领域的发展有重要的意义。

[0004] 目前,已有制备焦磷酸锆多孔陶瓷材料的技术,如“一种抗烧结焦磷酸锆多孔陶瓷及其制备方法”(CN109608188)专利技术,公开了一种焦磷酸锆多孔陶瓷材料的制备方法,该技术利用高温模板去除法烧结制得焦磷酸锆多孔陶瓷,高温模板去除法制得样品的气孔由造孔剂的颗粒形状及大小决定,气孔分布的均匀性较差,气孔率无法达到更高的要求,该技术制得的焦磷酸锆多孔陶瓷孔隙率较低、体积密度大,导热系数无法做到低于 $0.1W/(m \cdot K)$,难以满足更高要求的隔热性能;有文献(Zifan Zhao,Huimin Xiang,Fu-zhiDai,et.al.On the potential of porous ZrP_2O_7 ceramics for thermal insulating and wave-transmitting applications at high temperatures.)报道,使用原料 $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ 和 H_3PO_4 通过共沉淀法制得焦磷酸锆粉体,通过添加淀粉制得多孔焦磷酸锆陶瓷材料,该技术合成焦磷酸锆需要经过过滤和洗净数次,不仅浪费水资源增加了工序,同时提高使用成本和延长生产周期,并且磷酸在使用的过程中对人体及环境有一定的危害性。该技术制得的多孔焦磷酸锆陶瓷在气孔率为60%的情况下,常温导热系数高达 $0.14W/(m \cdot K)$,制得的焦磷酸锆多孔陶瓷的气孔分布的均匀性和隔热性能较差。

发明内容

[0005] 本发明旨在克服现有技术缺陷,目的是提供一种工艺简单、制备温度低和环境友好的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料的制备方法,用该方法制备的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料介电常数低、介电损耗小和保温隔热性能好。

[0006] 为实现上述目的,本发明所采用的技术方案的具体步骤是:

[0007] 步骤一、按磷酸二氢铵:氧化锆的摩尔比为 $2.1 \sim 2.7:1$,将所述磷酸二氢铵和所述氧化锆混合,得到混合料I;再以无水乙醇为球磨介质,对所述混合料I进行球磨,混合料I的球磨时间为 $2 \sim 4$ 小时,烘干,得到球磨料;然后将所述球磨料在 $250 \sim 750^\circ C$ 条件下保温 $1 \sim 5$ 小时,破碎,得到焦磷酸锆粉体。

[0008] 步骤二、按所述焦磷酸锆粉体:去离子水的质量比为 $1.2 \sim 1.9:1$,将所述焦磷酸锆

粉体与去离子水混合,得混合料II;再按所述混合料II:聚羧酸类复合分散剂的质量比为1:0.001~0.003,将所述混合料II与所述聚羧酸类复合分散剂混合,得到混合料III;将所述混合料III球磨,混合料III的球磨时间为2~4小时,得到焦磷酸锆浆料。

[0009] 步骤三、按所述焦磷酸锆浆料:非离子型发泡剂:明胶溶液的质量比为1:0.005~0.02:0.01~0.03,先将所述非离子型发泡剂加入所述焦磷酸锆浆料,搅拌3~5分钟,得到发泡浆料;再将所述明胶溶液加入所述发泡浆料中,搅拌2~3分钟,倒入模具中,在常温条件下静置20~28小时,再于50~80℃条件下干燥18~24小时,脱模,得到焦磷酸锆多孔陶瓷坯体。

[0010] 步骤四、在空气气氛和常压条件下,将所述焦磷酸锆多孔陶瓷坯体加热至1100~1400℃,保温1~5小时,制得基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料。

[0011] 所述氧化锆的纯度大于99.9%,粒径小于2 μm 。

[0012] 所述磷酸二氢铵的纯度大于99.0%,粒径小于100 μm 。

[0013] 所述非离子型发泡剂为醇类、醚醇、醚类和酯类中的一种。

[0014] 所述搅拌的转速为800~1000转/分钟。

[0015] 所述明胶溶液的浓度为5~10wt%。

[0016] 由于采用上述技术方案,本发明与现有技术相比具有以下积极效果:

[0017] 1、本发明以磷酸二氢铵和氧化锆为主要原料制得焦磷酸锆粉体,所采用的原料对人体安全性高和环境友好;本发明不同于共沉淀法,无需增加额外的清洗工序,不仅缩短了生产周期,且减少了水资源的浪费。

[0018] 2、本发明不同于高温模板去除法,通过发泡法制得的样品气孔率达到78.3%以上,制得的制品中气孔分布均匀。气孔越多,气孔内气体对流和孔壁之间的辐射传热就会越小,导致导热系数降低,隔热性能提高。

[0019] 本发明所制备的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料经检测:体积密度为0.48~0.64g/cm³;常温耐压强度为1.54~8.73MPa;气孔率为78.3~89.6%;常温介电常数为3.6~5.9(频率为10GHz);常温介电损耗为1.7~5.4 $\times 10^{-3}$ (频率为10GHz);常温导热系数为0.038~0.073W/(m·K)。

[0020] 因此,本发明工艺简单、生产周期短和环境友好,所制备的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料介电常数低、介电损耗小和保温隔热性能良好。

附图说明

[0021] 图1为本发明制备的一种基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料的x射线衍射图;

[0022] 图2为图1所示基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料渗胶后的光片SEM图。

具体实施方式

[0023] 下面结合具体实施方式对本发明做进一步的描述,并非对本发明保护范围的限制。

[0024] 一种基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料及其制备方法。本具体实施方式的制备方法是:

[0025] 步骤一、按磷酸二氢铵:氧化锆的摩尔比为2.1~2.7:1,将所述磷酸二氢铵和所述

氧化锆混合,得到混合料I;再以无水乙醇为球磨介质,对所述混合料I进行球磨,混合料I的球磨时间为2~4小时,烘干,得到球磨料;然后将所述球磨料在250~750℃条件下保温1~5小时,破碎,得到焦磷酸锆粉体。

[0026] 步骤二、按所述焦磷酸锆粉体:去离子水的质量比为1.2~1.9:1,将所述焦磷酸锆粉体与去离子水混合,得混合料II;再按所述混合料II:聚羧酸类复合分散剂的质量比为1:0.001~0.003,将所述混合料II与所述聚羧酸类复合分散剂混合,得到混合料III;将所述混合料III球磨,混合料III的球磨时间为2~4小时,得到焦磷酸锆浆料。

[0027] 步骤三、按所述焦磷酸锆浆料:非离子型发泡剂:明胶溶液的质量比为1:0.005~0.02:0.01~0.03,先将所述非离子型发泡剂加入所述焦磷酸锆浆料,搅拌3~5分钟,得到发泡浆料;再将所述明胶溶液加入所述发泡浆料中,搅拌2~3分钟,倒入模具中,在常温条件下静置20~28小时,再于50~80℃条件下干燥18~24小时,脱模,得到焦磷酸锆多孔陶瓷坯体。

[0028] 步骤四、在空气气氛和常压条件下,将所述焦磷酸锆多孔陶瓷坯体加热至1100~1400℃,保温1~5小时,制得基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料。

[0029] 所述搅拌的转速为800~1000转/分钟。

[0030] 所述明胶溶液的浓度为5~10wt%。

[0031] 所述非离子型发泡剂为醇类、醚醇、醚类和酯类中的一种。

[0032] 本具体实施方式中:

[0033] 所述氧化锆的纯度大于99.9%,粒径小于2 μm 。

[0034] 所述磷酸二氢铵的纯度大于99.0%,粒径小于100 μm 。

[0035] 实施例中不再赘述。

[0036] 实施例1

[0037] 一种基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料及其制备方法。本实施例的制备方法是:

[0038] 步骤一、按磷酸二氢铵:氧化锆的摩尔比为2.1:1,将所述磷酸二氢铵和所述氧化锆混合,得到混合料I;再以无水乙醇为球磨介质,对所述混合料I进行球磨,混合料I的球磨时间为2小时,烘干,得到球磨料;然后将所述球磨料在250℃条件下保温1小时,破碎,得到焦磷酸锆粉体。

[0039] 步骤二、按所述焦磷酸锆粉体:去离子水的质量比为1.5:1,将所述焦磷酸锆粉体与去离子水混合,得混合料II;再按所述混合料II:聚羧酸类复合分散剂的质量比为1:0.003,将所述混合料II与所述聚羧酸类复合分散剂混合,得到混合料III;将所述混合料III球磨,混合料III的球磨时间为2小时,得到焦磷酸锆浆料。

[0040] 步骤三、按所述焦磷酸锆浆料:非离子型发泡剂:明胶溶液的质量比为1:0.01:0.01,先将所述非离子型发泡剂加入所述焦磷酸锆浆料,搅拌3分钟,得到发泡浆料;再将所述明胶溶液加入所述发泡浆料中,搅拌3分钟,倒入模具中,在常温条件下静置20小时,再于50℃条件下干燥18小时,脱模,得到焦磷酸锆多孔陶瓷坯体。

[0041] 步骤四、在空气气氛和常压条件下,将所述焦磷酸锆多孔陶瓷坯体加热至1100℃,保温3小时,制得基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料。

[0042] 所述搅拌的转速为800转/分钟。

[0043] 所述明胶溶液的浓度为10wt%。

[0044] 所述非离子型发泡剂为醇类发泡剂。

[0045] 本实施例1所制备的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料经检测:体积密度为 $0.58\text{g}/\text{cm}^3$;常温耐压强度为7.83MPa;气孔率为81.2%;常温介电常数为5.3(频率为10GHz);常温介电损耗为 4.7×10^{-3} (频率为10GHz);常温导热系数为 $0.066\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

[0046] 实施例2

[0047] 一种基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料及其制备方法。本实施例的制备方法是:

[0048] 步骤一、按磷酸二氢铵:氧化锆的摩尔比为2.4:1,将所述磷酸二氢铵和所述氧化锆混合,得到混合料I;再以无水乙醇为球磨介质,对所述混合料I进行球磨,混合料I的球磨时间为3小时,烘干,得到球磨料;然后将所述球磨料在 450°C 条件下保温3小时,破碎,得到焦磷酸锆粉体。

[0049] 步骤二、按所述焦磷酸锆粉体:去离子水的质量比为1.3:1,将所述焦磷酸锆粉体与去离子水混合,得混合料II;再按所述混合料II:聚羧酸类复合分散剂的质量比为1:0.002,将所述混合料II与所述聚羧酸类复合分散剂混合,得到混合料III;将所述混合料III球磨,混合料III的球磨时间为3小时,得到焦磷酸锆浆料。

[0050] 步骤三、按所述焦磷酸锆浆料:非离子型发泡剂:明胶溶液的质量比为1:0.02:0.03,先将所述非离子型发泡剂加入所述焦磷酸锆浆料,搅拌5分钟,得到发泡浆料;再将所述明胶溶液加入所述发泡浆料中,搅拌2分钟,倒入模具中,在常温条件下静置23小时,再于 70°C 条件下干燥21小时,脱模,得到焦磷酸锆多孔陶瓷坯体。

[0051] 步骤四、在空气气氛和常压条件下,将所述焦磷酸锆多孔陶瓷坯体加热至 1300°C ,保温3小时,制得基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料。

[0052] 所述搅拌的转速为900转/分钟。

[0053] 所述明胶溶液的浓度为8wt%。

[0054] 所述非离子型发泡剂为醚醇发泡剂。

[0055] 本实施例2所制备的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料经检测:体积密度为 $0.53\text{g}/\text{cm}^3$;常温耐压强度为3.66MPa;气孔率为85.4%;常温介电常数为4.8(频率为10GHz);常温介电损耗为 3.4×10^{-3} (频率为10GHz);常温导热系数为 $0.051\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

[0056] 实施例3

[0057] 一种基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料及其制备方法。本实施例的制备方法是:

[0058] 步骤一、按磷酸二氢铵:氧化锆的摩尔比为2.5:1,将所述磷酸二氢铵和所述氧化锆混合,得到混合料I;再以无水乙醇为球磨介质,对所述混合料I进行球磨,混合料I的球磨时间为4小时,烘干,得到球磨料;然后将所述球磨料在 750°C 条件下保温5小时,破碎,得到焦磷酸锆粉体。

[0059] 步骤二、按所述焦磷酸锆粉体:去离子水的质量比为1.2:1,将所述焦磷酸锆粉体与去离子水混合,得混合料II;再按所述混合料II:聚羧酸类复合分散剂的质量比为1:0.001,将所述混合料II与所述聚羧酸类复合分散剂混合,得到混合料III;将所述混合料III球磨,混合料III的球磨时间为4小时,得到焦磷酸锆浆料。

[0060] 步骤三、按所述焦磷酸锆浆料:非离子型发泡剂:明胶溶液的质量比为1:0.015:0.02,先将所述非离子型发泡剂加入所述焦磷酸锆浆料,搅拌4分钟,得到发泡浆料;再将所述明胶溶液加入所述发泡浆料中,搅拌3分钟,倒入模具中,在常温条件下静置26小时,再于60℃条件下干燥24小时,脱模,得到焦磷酸锆多孔陶瓷坯体。

[0061] 步骤四、在空气气氛和常压条件下,将所述焦磷酸锆多孔陶瓷坯体加热至1200℃,保温5小时,制得基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料。

[0062] 所述搅拌的转速为950转/分钟。

[0063] 所述明胶溶液的浓度为7wt%。

[0064] 所述非离子型发泡剂为醚类发泡剂。

[0065] 本实施例3所制备的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料经检测:体积密度为0.48g/cm³;常温耐压强度为1.54MPa;气孔率为89.6%;常温介电常数为3.6(频率为10GHz);常温介电损耗为1.7×10⁻³(频率为10GHz);常温导热系数为0.038W/(m·K)。

[0066] 实施例4

[0067] 一种基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料及其制备方法。本实施例的制备方法是:

[0068] 步骤一、按磷酸二氢铵:氧化锆的摩尔比为2.7:1,将所述磷酸二氢铵和所述氧化锆混合,得到混合料I;再以无水乙醇为球磨介质,对所述混合料I进行球磨,混合料I的球磨时间为3小时,烘干,得到球磨料;然后将所述球磨料在550℃条件下保温3小时,破碎,得到焦磷酸锆粉体。

[0069] 步骤二、按所述焦磷酸锆粉体:去离子水的质量比为1.9:1,将所述焦磷酸锆粉体与去离子水混合,得混合料II;再按所述混合料II:聚羧酸类复合分散剂的质量比为1:0.001,将所述混合料II与所述聚羧酸类复合分散剂混合,得到混合料III;将所述混合料III球磨,混合料III的球磨时间为2小时,得到焦磷酸锆浆料。

[0070] 步骤三、按所述焦磷酸锆浆料:非离子型发泡剂:明胶溶液的质量比为1:0.005:0.03,先将所述非离子型发泡剂加入所述焦磷酸锆浆料,搅拌3分钟,得到发泡浆料;再将所述明胶溶液加入所述发泡浆料中,搅拌2分钟,倒入模具中,在常温条件下静置28小时,再于80℃条件下干燥19小时,脱模,得到焦磷酸锆多孔陶瓷坯体。

[0071] 步骤四、在空气气氛和常压条件下,将所述焦磷酸锆多孔陶瓷坯体加热至1400℃,保温1小时,制得基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料。

[0072] 所述搅拌的转速为1000转/分钟。

[0073] 所述明胶溶液的浓度为5wt%。

[0074] 所述非离子型发泡剂为酯类发泡剂。

[0075] 本实施例4所制备的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料经检测:体积密度为0.64g/cm³;常温耐压强度为8.73MPa;气孔率为78.3%;常温介电常数为5.9(频率为10GHz);常温介电损耗为5.4×10⁻³(频率为10GHz);常温导热系数为0.073W/(m·K)。

[0076] 本发明与现有技术相比具有以下积极效果:

[0077] 1、本发明以磷酸二氢铵和氧化锆为主要原料制得焦磷酸锆粉体,所采用的原料对人体安全性高和环境友好;本发明不同于共沉淀法,无需增加额外的清洗工序,不仅缩短了生产周期,且减少了水资源的浪费。

[0078] 2、本发明不同于高温模板去除法,通过发泡法制得的样品气孔率达到78.3%以上,制得的制品中气孔分布均匀。气孔越多,气孔内气体对流和孔壁之间的辐射传热就会越小,导致导热系数降低,隔热性能提高。

[0079] 本发明所制备的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料如附图所示,图1为实施例1制备的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料的x射线衍射图;图2为图1所示基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料渗胶后的光片SEM图。从图1可以看出,焦磷酸锆多孔陶瓷坯体经过1100℃热处理后,所制制品中物相为 ZrP_2O_7 的单一晶相,从图2可以看出制得样品中气孔率较高,且分布较为均匀,说明制备的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料具有较好的隔热性能。

[0080] 本发明所制备的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料经检测:体积密度为 $0.48\sim 0.64\text{g}/\text{cm}^3$;常温耐压强度为 $1.54\sim 8.73\text{MPa}$;气孔率为 $78.3\sim 89.6\%$;常温介电常数为 $3.6\sim 5.9$ (频率为10GHz);常温介电损耗为 $1.7\sim 5.4\times 10^{-3}$ (频率为10GHz);常温导热系数为 $0.038\sim 0.073\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

[0081] 因此,本发明工艺简单、生产周期短和环境友好,所制备的基于发泡法的焦磷酸锆多孔陶瓷材料介电常数低、介电损耗小和保温隔热性能良好。

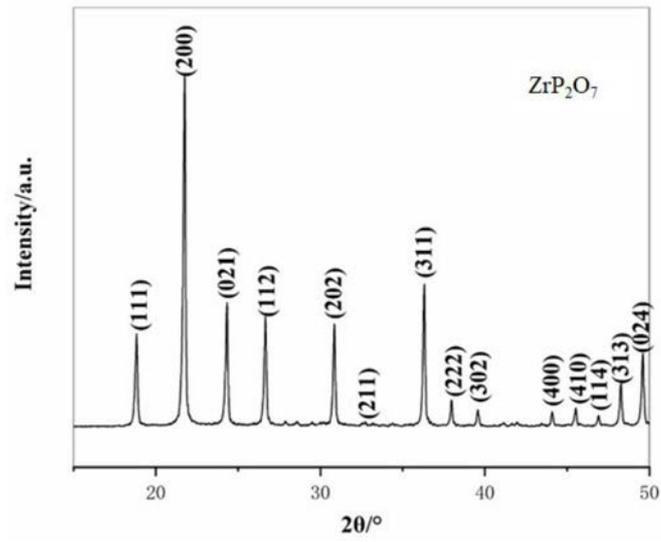


图1

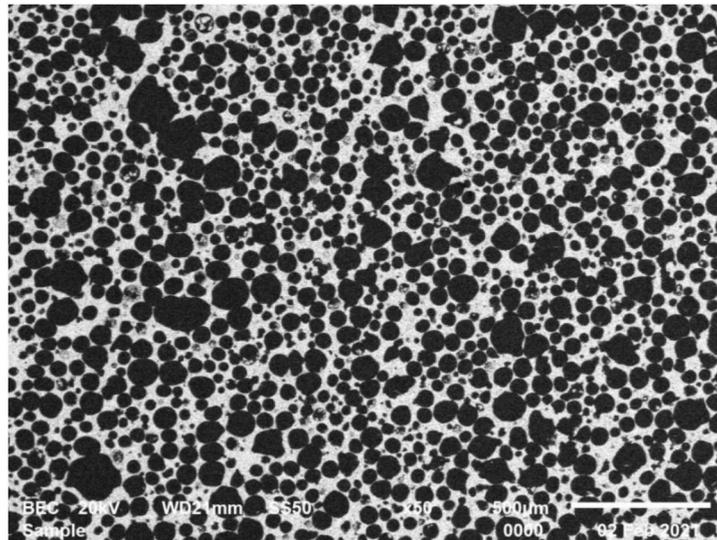


图2