



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109217842 A

(43)申请公布日 2019.01.15

(21)申请号 201810832445.4

G23C 14/08(2006.01)

(22)申请日 2018.07.26

(71)申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区北京市100084

信箱82分箱清华大学专利办公室

申请人 无锡市好达电子有限公司

(72)发明人 潘峰 傅肃磊 曾飞 李起

王为标 沈君尧

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限

公司 11245

代理人 关畅

(51)Int.Cl.

H03H 9/64(2006.01)

G23C 14/48(2006.01)

G23C 14/35(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

近零温度系数的声表面波滤波器及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种近零温度系数的声表面波滤波器及其制备方法。该声表面波滤波器,由下至上依次包括:石英基片、基片改性层、压电薄膜层和叉指换能器电极;构成所述压电薄膜层的材料为金属掺杂ZnO;所述叉指换能器电极由下至上依次包括金属打底层和金属主体层。该滤波器具有较高的温度稳定性,很容易得到零温度系数的声表面波滤波器;通过改性石英基片和ZnO薄膜,其基片和薄膜的压电常数大大的提高,因此制备得到的器件机电耦合系数高,器件性能优异;同时,在工艺方面,容易实现,易于推广。

1. 一种声表面波滤波器,由下至上依次包括:石英基片、基片改性层、压电薄膜层和叉指换能器电极;

构成所述压电薄膜层的材料为金属掺杂ZnO;

所述叉指换能器电极由下至上依次包括金属打底层和金属主体层。

2. 根据权利要求1所述的声表面波滤波器,其特征在于:所述石英基片选自ST切石英、AT切石英、CT切石英和DT切石英中任意一种;

所述石英基片的厚度为250~1000 $\mu\text{m}$ ;具体为500 $\mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的声表面波滤波器,其特征在于:所述基片改性层的厚度为500~1000nm;具体为500~800nm。

4. 根据权利要求1-3中任一所述的声表面波滤波器,其特征在于:所述基片改性层按照包括如下步骤的方法制得:

将所述石英基片进行离子注入。

5. 根据权利要求4所述的声表面波滤波器,其特征在于:所述离子注入步骤中,真空度为 $10^{-5}$ Pa量级;

所述离子注入为N或Li离子注入;

注入能量为400~550keV;具体为400~500keV;

注入剂量为 $1 \times 10^{20}$ ~ $5 \times 10^{20}$ 离子/平方米量级;具体为 $2 \times 10^{20}$ 离子/平方米量~ $3 \times 10^{20}$ 离子/平方米量;

离子束流为100~300nA。

6. 根据权利要求1-5任一所述的声表面波滤波器,其特征在于:构成所述压电薄膜层的材料中,所述金属为V、Cr或Fe;

V掺杂ZnO中,V的摩尔百分浓度为0~3.5at.%,但不包括0;Zn的摩尔百分浓度为47.0~48.8at.%;余量为0;

Cr掺杂ZnO中,Cr的摩尔百分浓度为0~2.8at.%,但不包括0;Zn的摩尔百分浓度为47.2~50.1at.%;余量为0。

Fe掺杂ZnO中,Fe的摩尔百分浓度为0~3.3at.%,但不包括0;Zn的摩尔百分浓度为47.5~49.1at.%;余量为0。

7. 根据权利要求1-4中任一所述的声表面波滤波器,其特征在于:所述压电薄膜层的厚度为叉指换能器电极周期的0.2~0.4。

8. 根据权利要求1-7任一所述的声表面波滤波器,其特征在于:所述叉指换能器电极中,构成金属打底层材料选自Ti、Ni、Zr和Cr中至少一种;

所述金属打底层的厚度为1~50nm;具体为5~10nm;

构成所述金属主体层的材料选自Al、Cu、Pt和Mo中任意一种或两种组成的合金;

所述金属主体层的厚度为80~200nm;具体为150~180nm;

所述叉指换能器电极宽度为100nm~5 $\mu\text{m}$ ;周期为400nm~20 $\mu\text{m}$ ;具体为4~6 $\mu\text{m}$ 。

9. 权利要求1-8中任一所述声表面波滤波器在声表面波传播中的应用。

## 近零温度系数的声表面波滤波器及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于信息电子材料技术领域,具体涉及一种近零温度系数的声表面波滤波器及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 声表面波器件是一种重要的固体电子器件,具有体积小、重量轻,信号处理能力优异等优点,广泛应用于移动通讯,电视广播以及各类军用雷达、通信系统中,具有巨大的市场需求和广阔的发展前景。随着无线通讯和物联网的连续增长,对声表面波器件有着更严格的要求。特别地,需要具有窄带宽、低插入损耗以及高选择性的滤波器,其中这样的滤波器必须能在宽温度范围内运行,这对声表面波滤波器的温度稳定性提出了更高的要求。因此声表面波滤波器频率温度稳定性问题已成为当前声表面波滤波器技术发展和器件应用的关键问题之一。

[0003] 声表面波滤波器通常使用铌酸锂、钽酸锂和石英等压电材料制备,其中铌酸锂与钽酸锂有较大机电耦合系数,但它们都具有较大的负温度系数,温度稳定性差。目前,解决该问题的通常方法是在器件上沉积一层正温度系数的材料,正好可以抵消压电基板的正温度系数。比如非晶 $\text{SiO}_2$ 薄膜作为最常用的温度补偿薄膜而被广泛采用。在一些器件中,如 $\text{SiO}_2/\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{SiO}_2/\text{LiNbO}_3$ 等中,甚至实现了零延迟温度系数。然而,要实现零延迟温度系数需较厚的 $\text{SiO}_2$ 薄膜,特别是在低频器件中,所需要的 $\text{SiO}_2$ 温度补偿需要更厚,而 $\text{SiO}_2$ 的沉积速率较低,如此厚的温度补偿薄膜不仅改变了该结构的温度特性,还影响了声表面波传播的其他特性。同时对 $\text{SiO}_2$ 材料和厚度的控制要求极高,一般的工艺条件很难达到。另外一种基片石英,其材料本身具有较低的温度漂移系数,甚至某些切向的石英基片能实现零温度漂移系数声表面波滤波器,这样的基片能很好地解决声表面波器件温度漂移的问题,并且制备工艺简单易行。然而与铌酸锂与钽酸锂相比,石英存在机电耦合系数较低( $\sim 0.15\%$ )的缺点,影响了器件插入损耗等性能,这限制了石英在高性能声表面波器件中的应用。因此,要想实现石英基片在高性能近零温度漂移系数声表面波滤波器的应用,提高声表面波器件机电耦合系数是实现高性能近零温度漂移系数声表面波滤波器的关键。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种近零温度系数的声表面波滤波器及其制备方法。

[0005] 本发明提供的声表面波滤波器,由下至上依次包括:石英基片、基片改性层、压电薄膜层和叉指换能器电极;

[0006] 构成所述压电薄膜层的材料为金属掺杂 $\text{ZnO}$ ;

[0007] 所述叉指换能器电极由下至上依次包括金属打底层和金属主体层。

[0008] 上述声表面波滤波器中,所述石英基片选自ST切石英、AT切石英、CT切石英和DT切石英中任意一种;

[0009] 所述石英基片的厚度为 $250\sim 1000\mu\text{m}$ ;具体为 $500\mu\text{m}$ 。

- [0010] 所述基片改性层的厚度为500~1000nm;具体为500-800nm。
- [0011] 所述基片改性层按照包括如下步骤的方法制得:
- [0012] 将所述石英基片进行离子注入。
- [0013] 所述离子注入步骤中,真空度为 $10^{-5}$ Pa量级;
- [0014] 所述离子注入为N或Li离子注入;
- [0015] 注入能量为400~550keV;具体为400-500keV;
- [0016] 注入剂量为 $1 \times 10^{20} \sim 5 \times 10^{20}$ 离子/平方米量级;具体为 $2 \times 10^{20}$ 离子/平方米量- $3 \times 10^{20}$ 离子/平方米量;
- [0017] 离子束流为100~300nA。
- [0018] 构成所述压电薄膜层的材料中,所述金属为V、Cr或Fe;
- [0019] V掺杂ZnO中,V的摩尔百分浓度为0~3.5at.%,但不包括0;Zn的摩尔百分浓度为47.0~48.8at.%;余量为0;
- [0020] Cr掺杂ZnO中,Cr的摩尔百分浓度为0~2.8at.%,但不包括0;Zn的摩尔百分浓度为47.2~50.1at.%;余量为0。
- [0021] Fe掺杂ZnO中,Fe的摩尔百分浓度为0~3.3at.%,但不包括0;Zn的摩尔百分浓度为47.5~49.1at.%;余量为0。
- [0022] 由于掺杂后ZnO薄膜c轴择优取向度提高,薄膜的点阵参数c变小,并且平均等效原子电荷数变大,因而压电性比掺杂前明显提高。改性后的ZnO薄膜有利于进一步提高器件的机电耦合系数,改善滤波器的性能。
- [0023] 上述金属掺杂ZnO薄膜可由采用磁控溅射、激光脉冲沉积和化学气相沉积等各种常规方法制备而得。
- [0024] 所述压电薄膜层的厚度为叉指换能器电极周期的0.2~0.4。
- [0025] 所述叉指换能器电极中,构成金属打底层材料选自Ti、Ni、Zr和Cr中至少一种;
- [0026] 所述金属打底层的厚度为1~50nm;具体为5-10nm;
- [0027] 构成所述金属主体层材料选自Al、Cu、Pt和Mo中任意一种或两种组成的合金;
- [0028] 所述金属主体层的厚度为80~200nm;具体为150-180nm;
- [0029] 所述叉指换能器电极宽度为100nm~5 $\mu$ m;周期为400nm~20 $\mu$ m;具体为4-6 $\mu$ m。
- [0030] 另外,上述本发明提供的声表面波滤波器在声表面波传播中的应用,也属于本发明的保护范围。
- [0031] 所述ZnO:V薄膜厚度为叉指换能器周期的0.2~0.4。
- [0032] 所述叉指换能器电极包括位于所述压电层上的金属打底层和位于所述金属打底层上的金属主体层。
- [0033] 所述电极打底层由下述至少一种金属组成:Ti,Ni,Zr和Cr;所述电打底层的厚度为1~50nm。
- [0034] 所述主体层由下述任一种金属或任意两种金属的二元合金组成Al,Cu,Pt,Mo;其厚度为80~200nm。
- [0035] 所述叉指换能器电极的宽度为100nm~5 $\mu$ m,周期可为400nm~20 $\mu$ m。
- [0036] 与现有的技术相比,本发明的优点在于:所制备的滤波器具有较高的温度稳定性,很容易得到零温度系数的声表面波滤波器;通过改性石英基片和ZnO薄膜,其基片和薄膜

的压电常数大大的提高,因此制备得到的器件机电耦合系数高,器件性能优异;同时,在工艺方面,容易实现,易于推广。

#### 附图说明

[0037] 图1为本发明高性能近零温度系数声表面波滤波器的截面示意图。1为石英基片,2为石英表面改性层,3为V掺杂ZnO薄膜,4和5为叉指换能器电极中的电极打底层和电极主体层。

[0038] 图2为滤波器叉指换能器电极示意图。

[0039] 图3为实施例1中V掺杂ZnO的X射线衍射谱,插图为ZnO(0002)摇摆曲线图。

[0040] 图4为V掺杂ZnO中的压电常数与V掺杂含量关系图。

[0041] 图5为实施例2中叉指换能器电极的扫描电镜照片。

[0042] 图6为实施例2中声表面波器件导纳曲线。

[0043] 图7为实施例2中声表面波器件中心频率随温度变化图。

图8为实施例1中声表面波器件中心频率随温度变化图。

#### 具体实施方式

[0044] 下面结合具体实施例对本发明作进一步阐述,但本发明并不限于以下实施例。所述方法如无特别说明均为常规方法。所述原材料如无特别说明均能从公开商业途径获得。

[0045] 实施例1、

[0046] 采用厚度为500 $\mu\text{m}$ 的ST取向石英基片作为衬底,依次经丙酮、酒精、去离子水超声清洗。

[0047] 用氮气枪吹干后装入离子束加速器中,抽真空至 $10^{-5}\text{Pa}$ ,选离子束流为100nA能量为500keV,剂量为 $2 \times 10^{20}$ 离子/平方米量,进行Li离子注入,即在石英基片表面得到基片改性层,厚度为500nm。

[0048] 用磁控溅射的方法生长800nm V:ZnO,V掺杂含量1.96at.%,Zn为48.10at.%

[0049] 用光刻技术制备叉指换能器电极周期为6 $\mu\text{m}$ 的叉指换能器电极,电极材料由5nm Cr和180nm Al电极组成,叉指换能器指条宽度为1.5 $\mu\text{m}$ 。

[0050] 本实施例制备的声表面波器件的结构示意图如图1所示,具有叉指换能器电极(电极打底层4和电极主体层5)/V掺杂ZnO薄膜3/石英表面改性层2/石英基片1的多层膜结构形式。

[0051] 本实施例制备的声表面波器件的叉指换能器电极示意图如2所示。

[0052] 本实施例制备V:ZnO薄膜性能表征表征如下图3和4所示,可以看到,V:ZnO薄膜摇摆曲线半高宽 $2.65^\circ$ ,具有高c轴择优取向,压电常数 $d_{33}$ 显著增大,有利于提高器件的机电耦合系数。

[0053] 实施例2、

[0054] 采用厚度为500 $\mu\text{m}$ 的AT取向石英的石英作为衬底,依次经丙酮、酒精、去离子水超声洗。

[0055] 用氮气枪吹干后装入离子束加速器中,抽真空至 $10^{-5}\text{Pa}$ ,选离子束流为100nA能量为400keV,剂量为 $3 \times 10^{20}$ 离子/平方米量,进行N离子注入,即在石英基片表面得到基片改

性层,厚度为800nm。

[0056] 用磁控溅射的方法生长1000nm V:ZnO,V掺杂含量2.3at.%,Zn为47.92at.%。

[0057] 用光刻技术制备叉周期为4 $\mu$ m指换能器电极,电极材料由10nm Ti和150nm Al 电极组成。

[0058] 本实施例制备的声表面波器件的结构示意图如图1所示,具有叉指换能器电极(电极打底层4和电极主体层5)/V掺杂ZnO薄膜3/石英表面改性层2/石英基片1的多层膜结构形式。

[0059] 本实施例制备的声表面波器件的叉指换能器电极的扫描电镜照片如图5所示,可以看出,该叉指换能器电极的条清晰,矩形度好,质量高。

[0060] 测试结果见如图6和7。可以看出波长为4 $\mu$ m时,声表面波器件中心频率为660.27 MHz,机电耦合系数为4.6%,温度系数为-4.9ppm/ $^{\circ}$ C。器件机电耦合系数远大于比石英基片器件的机电耦合系数( $\sim$ 0.15%),并且器件温度系数接近零,具有很好的稳定稳定性。可见V掺杂ZnO薄膜与经过表面改性后的石英基片有较高的压电系数,从而实现温度系数近零、机电耦合系数为4.6%的高性能声表面波器件。

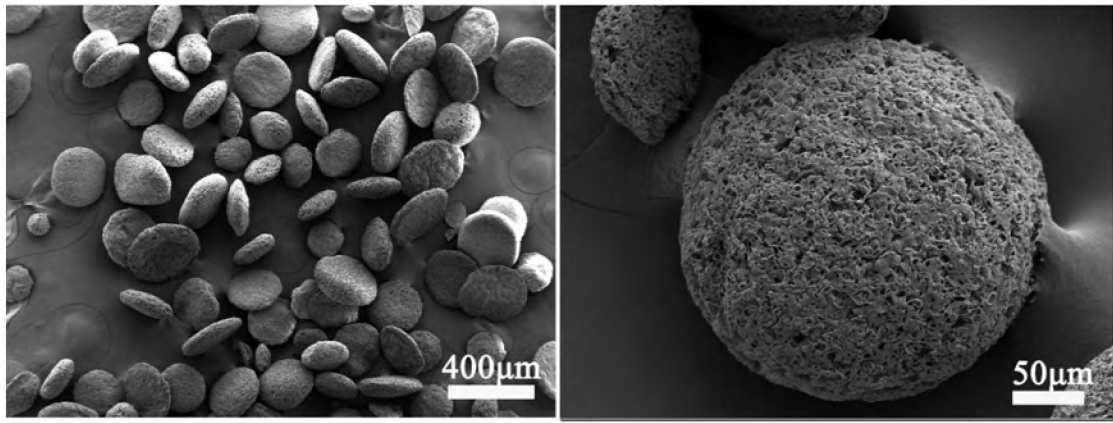


图1

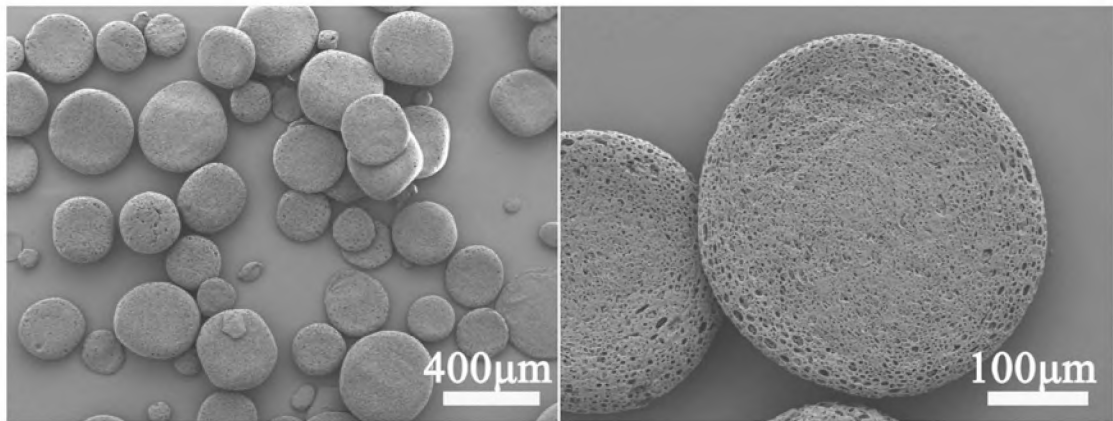


图2

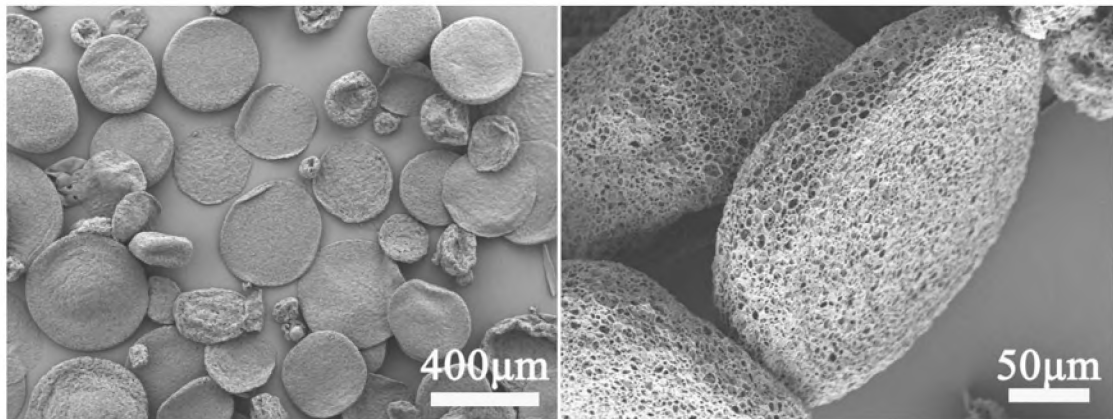


图3

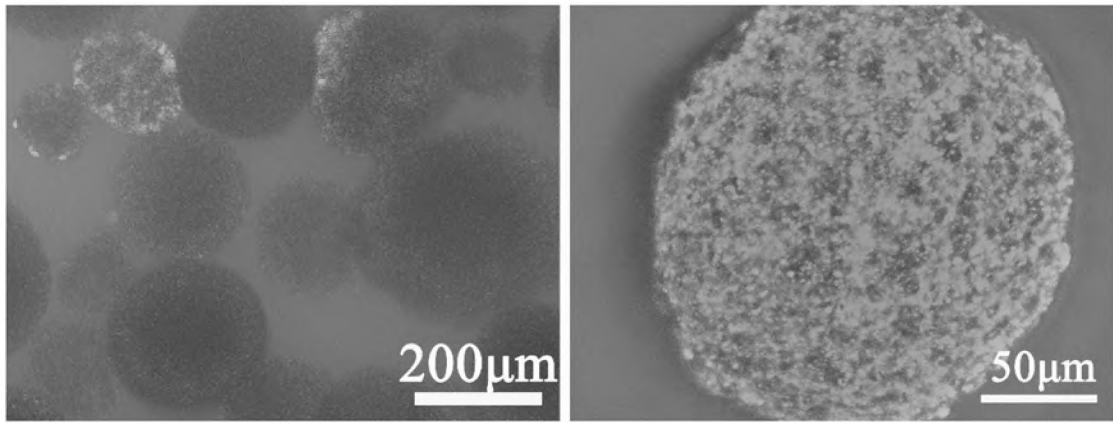


图4

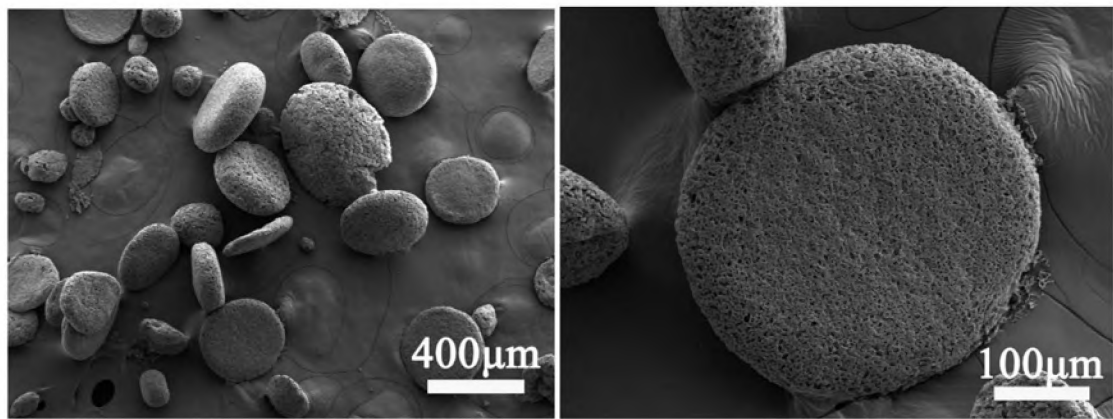


图5

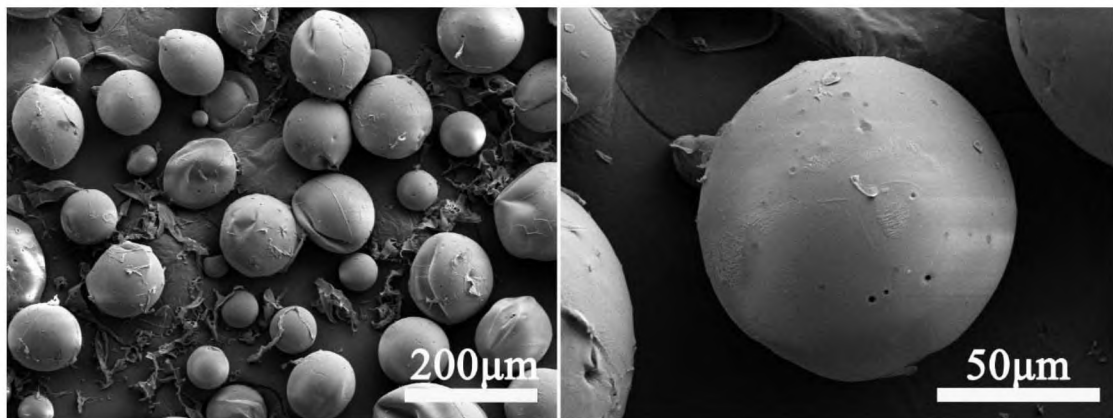


图6



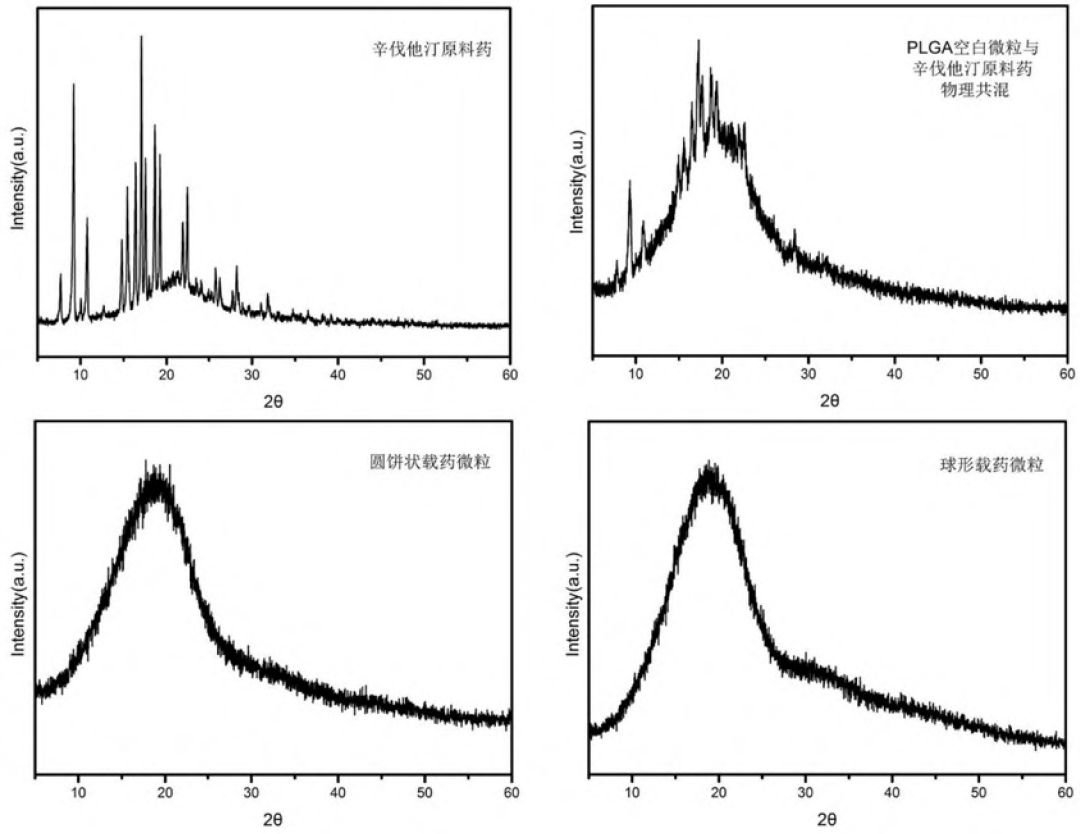


图7

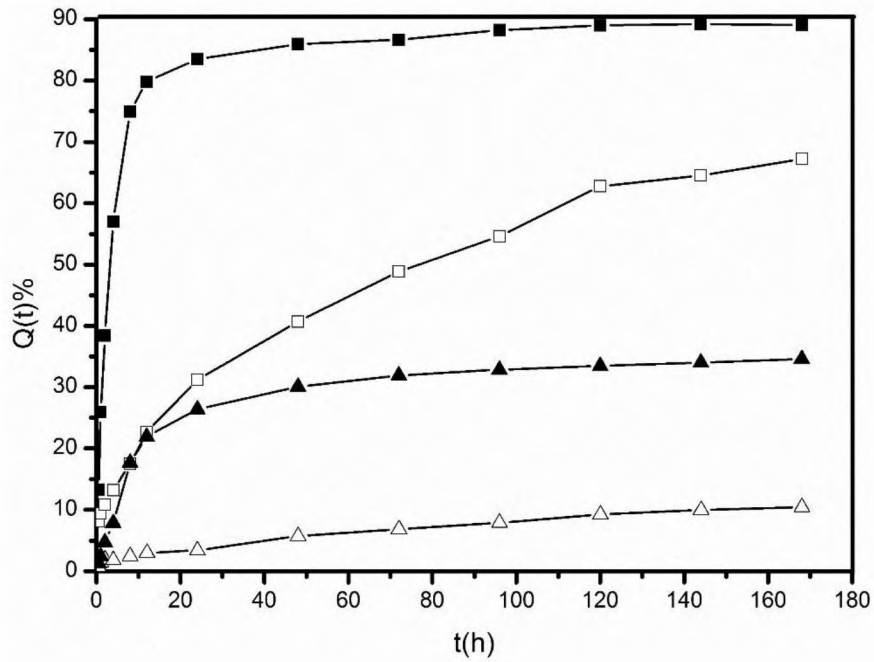


图8