



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 69632

(13) C2

(51) МПК (2006)
G01R 27/26МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ДОСЛІДЖЕННЯ АНІЗОТРОПІЇ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТВЕРДИХ ТІЛ

1

(21) 2003109542

(22) 23.10.2003

(24) 15.11.2006

(46) 15.11.2006, Бюл. № 11, 2006 р.

(72) Гуранич Павло Павлович, Шуста Володимир Семенович, Кедюлич Віктор Михайлович, Сливка Олександр Георгієвич, Герзанич Омелян Іванович

(73) Ужгородський національний університет

(56) Майор М.М., Высочанский Ю.М., Принц И.П. и др. Пирозлектрические свойства косых срезов кристалла Sn₂P₂S₆. - Кристаллография, Т.35, № 5, 1990, М.: Наука

SU 342138, 14.06.1972

2

SU 1520429 A1, 07.11.1989

(57) Спосіб дослідження анізотропії діелектричних властивостей твердих тіл, який включає вимірювання діелектричної проникності та тангенса кута діелектричних втрат в різних напрямках твердого тіла та їх температурні зміни, який **відрізняється** тим, що вимірюють вказівну поверхню діелектричної проникності ϵ та тангенс кута діелектричних втрат $\text{tg}\delta$ на зразку твердого тіла, що вирізаний у формі циліндра, який обертається навколо осі між нерухомими притискними електричними контактами.

Винахід відноситься до області фізики твердого тіла, зокрема до способів дослідження анізотропії фізичних властивостей твердих тіл і може бути використаний як простий і високочутливий спосіб дослідження температурних змін анізотропії діелектричної проникності ϵ і тангенса кута діелектричних втрат $\text{tg}\delta$, включаючи температурну область фазових переходів.

Відомо, що дослідження анізотропії діелектричної проникності твердих тіл, зокрема кристалів, полягає у визначенні головних значень тензора діелектричної проникності ϵ_{ij} , орієнтації головних осей еліпсоїда тензора діелектричної проникності відносно кристаллографічних напрямків та встановлення форми вказівної поверхні. В цьому аспекті важливим є встановлення змін цих параметрів при впливі різних зовнішніх факторів (температура, електричне поле, зовнішній тиск і т.п.).

Відомий спосіб дослідження анізотропії діелектричної проникності ϵ в кристалах полягає в наступному [1]: для встановлення виду перерізу вказівної поверхні діелектричної проникності в одній із кристаллографічних площин достатньо провести виміри досліджуваної величини в трьох різних напрямках в цій площині. Після цього, за допомогою тензорного аналізу розраховуються головні значення та головні напрямки характеристичної поверхні тензора фізичної величини в цій площині, за якими будувється переріз вказівної поверхні. Недо-

ліки такого непрямого способу дослідження анізотропії очевидні. Він є громіздким, непридатним для дослідження анізотропії нетензорних величин, наприклад, тангенса кута діелектричних втрат - важливої характеристики діелектричних властивостей кристалів та застосовний лише для дослідження однорідних матеріалів.

Найбільш близьким до запропонованого способу дослідження анізотропії ϵ є метод, описаний в роботі [2], який полягає у вимірюванні залежностей значень ϵ від кута ϕ в трьох взаємноперпендикулярних площинах. Для цього необхідно провести дослідження діелектричної проникності принаймні 10-15 кристалів різних кутів зрізу ϕ в одній площині. Для встановлення форми всієї поверхні ϵ , ця кількість має бути втричі більша. Отже, цей метод є трудомістким, для реалізації якого необхідно підготувати значну кількість кристалів однакової геометричних розмірів та з однаковою якістю поверхні, на яку наносяться електричні контакти. Приймаючи до уваги ще й той факт, що результати діелектричних вимірювань в багатьох кристалах значною мірою залежать від передісторії зразків, стає зрозуміло, що дослідження таким методом приводить до значних похибок в результатах досліджень.

Завданням винаходу є створення способу безпосереднього дослідження анізотропії діелектричної проникності і тангенса кута діелектричних

(13) C2

(11) 69632

(19) UA

втратах твердих тіл в широкому температурному інтервалі.

Поставлене завдання досягається таким чином, що у способі дослідження анізотропії діелектричних властивостей твердих тіл, який включає вимірювання діелектричної проникності та тангенса кута діелектричних втрат в різних напрямках твердого тіла та їх температурні зміни, згідно з винаходом вимірюють вказівну поверхню діелектричної проникності ε та тангенс кута діелектричних втрат $\tan\delta$ на зразку твердого тіла, що вирізаний у формі циліндра, який обертається навколо осі між нерухожими притискними електричними контактами.

Запропонований спосіб дослідження анізотропії діелектричної проникності і тангенса кута діелектричних втрат, в порівнянні зі способом-прототипом, є простим і високочутливим способом дослідження анізотропії, який дозволяє безпосередньо встановити форму вказівної поверхні діелектричної проникності, тангенса кута діелектричних втрат та їх температурні зміни. Причому, особливості вказівної поверхні тангенса кута діелектричних втрат можна дослідити виключно запропонованим методом.

Спосіб здійснюється наступним чином: зразок вирізається у формі циліндра, вісь якого співпадає з деяким вибраним кристалографічним напрямком кристалу. Зразок розміщується між притискними контактами (див. Фіг.1, де представлена схема дослідження орієнтаційних залежностей діелектричної проникності та тангенса кута діелектричних втрат кристалів) і за допомогою спеціальної механічної системи обертається навколо своєї осі з вибраним кутовим кроком. Одночасно із вимірюванням діелектричної проникності, проводяться вимірювання орієнтаційних залежностей тангенса кута діелектричних втрат.

Приклади конкретного використання запропонованого способу.

Приклад 1.

За допомогою запропонованого способу проведено дослідження температурних змін анізотропії діелектричної проникності і тангенса кута діелектричних втрат одновісних моноклінних сегнетоелектричних кристалів $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$.

Орієнтаційна залежність діелектричної проникності ε кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ від кута повороту відносно кристалографічного напрямку [100] в площині симетрії (010) при різних температурах T , К: 1 - 317; 2 - 238; 3 - 333; 4 - 346; 5 - 356; 6 - 362 наведена на Фіг.2. Вісь кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$, виготовленого у формі циліндра, співпадала із кристалографічним напрямком [010]. В якості вимірювача ємності та тангенса кута діелектричних втрат використовувався міст змінного струму Е7-12, з частотою вимірювального поля 1МГц. Діаметр та висота циліндричних зразків, становили 5 та 6мм відповідно. Дослідження проводились в автоматизованому режимі.

Із Фіг.2 видно, що максимальні температурні зміни діелектричної проникності мають місце в напрямку [502], колінеарним якому є напрямок

спонтанної поляризації. Параметр анізотропії $\delta = \varepsilon_{11}/\varepsilon_{33}$ є максимальним при температурі фазового переходу $T_0 = 337\text{K}$. Орієнтація головних осей тензора не залежить від температури. Аналіз перерізів вказівних поверхонь, наведених на Фіг.2, показує, що при температурах, близьких до температури фазового переходу $T_0 = 337\text{K}$, вони не описуються відомим співвідношенням [1] $\varepsilon(\varphi) = \varepsilon_{11}\cos^2\varphi + \varepsilon_{13}\sin 2\varphi + \varepsilon_{33}\sin^2\varphi$, яке слідує з тензорного аналізу. Тут φ - кут між вибраним напрямом вимірювання ε та кристалографічним напрямом [100]. Очевидно, це пов'язано з існуванням механізму додаткового вкладу в значення діелектричної проникності, наприклад, за рахунок руху доменних стінок та посилення граткового ангармонізму кристала при наближенні до температури фазового переходу.

Приклад 2.

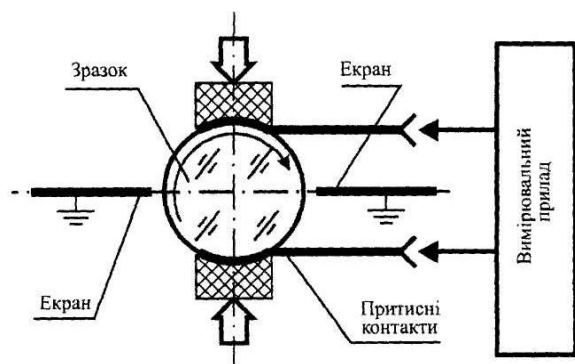
Дослідження на зразках з різним ступенем відпалу в параелектричній фазі показали, що найбільш цікавою є кутова залежність тангенса кута діелектричних втрат для невідпалених зразків $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ (Фіг.3 де представлена орієнтаційна залежність $\tan\delta$ невідпаленого кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ від кута повороту відносно кристалографічного напрямку [100] в площині симетрії (010) при $T = 293\text{K}$). Для неї спостерігається чітка, з певною симетрією, картина максимумів та мінімумів $\tan\delta$. Кутова періодичність між ними складає 30° . Для відпалених зразків (відпал при $T = 400\text{K}$) такі аномалії менш помітні. Виявлені особливості в орієнтаційних залежностях $\tan\delta$ при відпалі зразків та їх зміну можна пояснити взаємодією доменної структури з дефектами кристалічної ґратки. Отримані кутові залежності свідчать про певний орієнтаційний розподіл полярних дефектів. Цей висновок підтверджується відсутністю вказаних особливостей в орієнтаційних залежностях тангенса кута діелектричних втрат $\tan\delta$ кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ від кута повороту відносно кристалографічного напрямку [100] в площині симетрії (010) при різних температурах T , К: 1 - 317; 2 - 328; 3 - 333; 4 - 346; 5 - 356; 6 - 362, при $T > T_0$ (криві 4-6), Фіг.4.

Отже, запропонований спосіб відзначається простотою та значною інформативністю про анізотропію діелектричних властивостей досліджуваних кристалів.

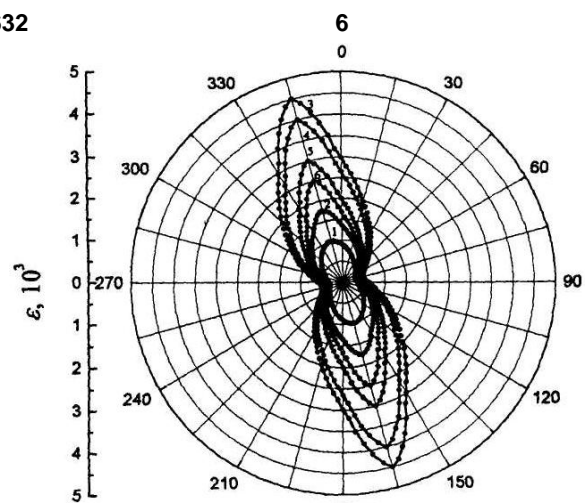
Винахід може бути використаний у науково-дослідних лабораторіях при дослідженні анізотропії різних фізичних властивостей кристалів у широкому діапазоні температур, електричних полів, гідростатичних тисків і т.п.

Джерела інформації:

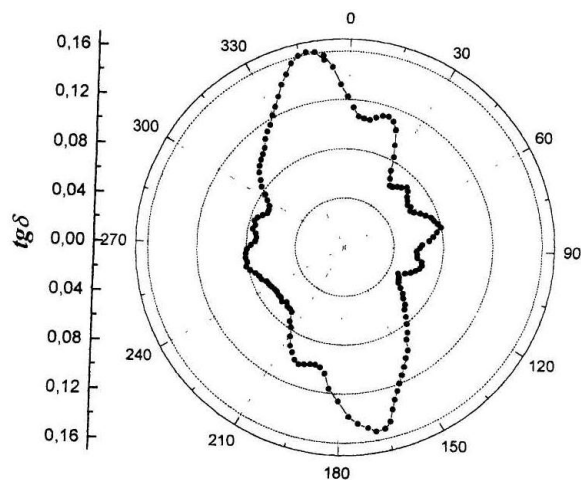
1. Най Дж. Физические свойства кристаллов. - М.: Мир, 1967. - 385с.
2. Пироэлектрические свойства косых срезов кристалла $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ / М.М. Майор, Ю.М. Высочанский, И.П. Приц и др. // Кристаллография. - 1990. - Т.35, №5. - С.1300-1302. 1991. - Т.27, №3. - С.2052-2054.



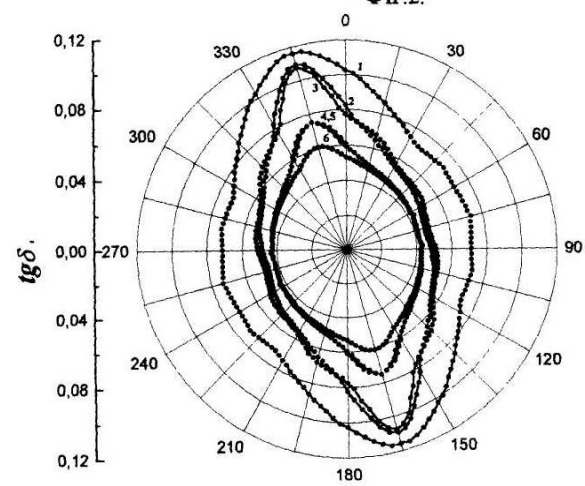
Фіг.1.



Фіг.2.



Фіг.3.



Фіг.4.