

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ І ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ НА АНІЗОТРОПІЮ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КРИСТАЛА $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$

В.М.Кедюлич, О.Г.Сливка, О.І.Герзанич, П.П.,Гуранич,
В.С. Шуста, П.М.Лукач

Ужгородський державний університет, 88000, Ужгород, вул.Волошина, 54

Досліджувався вплив тиску і температури на анізотропію діелектричної проникності кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$. Виявлено, що в околі фазового переходу має місце суттєва температурна і барична залежність параметра анізотропії без зміни орієнтації головних осей. Методом циліндра безпосередньо отримано перерізи вказівних поверхонь діелектричної проникності і тангенса кута діелектричних втрат площиною (010) та виявлено їх особливості.

Власний одновісний сегнетоелектрик $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ з фазовим переходом (ФП) типу зміщення відноситься до моноклінної сингонії з просторовою групою $P2_1/n$ в параелектричній і P_c в сегнетоелектричній фазах. Вектор спонтанної поляризації лежить в площині симетрії (010) близько кристалографічного напрямку [100] [1]. Анізотропія діелектричної проникності цього кристала досліджувалася в [2]. Було встановлено, що максимум кутової залежності діелектричної проникності в площині (010) повернутий на кут -15° відносно кристалографічного напрямку [100]. Однак вплив зовнішніх факторів на анізотропію ϵ не досліджувався. Тому метою даної роботи було дослідити вплив температури і гідростатичного тиску на анізотропію діелектричної проникності кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$.

Досліджувалися монокристалічні зразки, отримані методом хімічних газотранспортних реакцій. Вимірювання діелектричної проникності ϵ і тангенса кута діелектричних втрат $tg\delta$ проводились на частоті 1 МГц. Температура вимірювалася диференціальною мідь-константановою термопарою, а величина гідростатичного тиску - механічним манометром. Похибка виміру температури не перевищувала 0.1 К, а тиску - 2.5МПа. Використовувалась стандартна установка

моноклінної сингонії, в якій вісь симетрії співпадала з кристалографічним напрямком [010]. Вісь X декартової системи координат співпадала з кристалографічним напрямком [100], Вісь Y - з [010], тоді вісь Z була близькою до кристалографічного напрямку [001], так як кут моноклінності близький до прямого. В такій системі координат всі перехресні компоненти тензора діелектричної проникності, окрім ϵ_{31} , будуть рівні нулю.

На рис.1 і 2 наведено температурні та баричні залежності діелектричної проникності кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ в різних кристалографічних напрямках. Компоненти тензора діелектричної проникності ϵ_{11} , ϵ_{33} , ϵ_{31} та головні значення і головні напрямки тензора в площині (010) визначались матричним методом, а компонента ϵ_{22} - прямим виміром величини ϵ вздовж кристалографічного напрямку [010]. При кімнатній температурі тензор діелектричної проникності кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ має вид

$$[\epsilon_{ij}] = \begin{bmatrix} 460 & 0 & -61 \\ 0 & 53 & 0 \\ -61 & 0 & 235 \end{bmatrix}$$

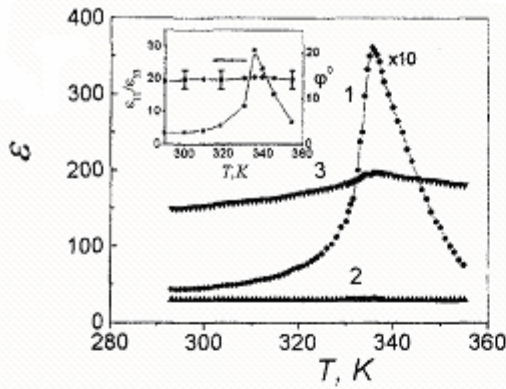


Рис.1. Температурні залежності діелектричної проникності кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ в різних напрямках : 1 – [100], 2 – [010], 3 – [001].

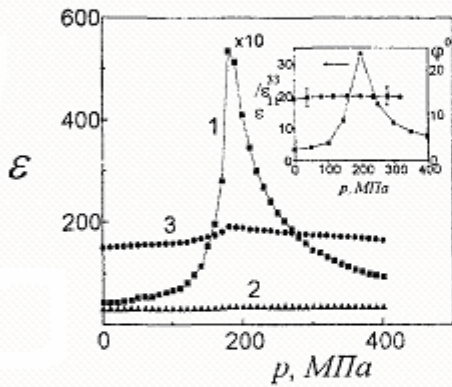


Рис.2. Баричні залежності діелектричної проникності кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ в різних напрямках : 1 – [100], 2 – [010], 3 – [001].

Велика піввісь характеристичної поверхні тензора $[\epsilon_{ij}]$ повернута на кут $(14 \pm 2)^\circ$ відносно кристалографічного напрямку [100], що узгоджується з результатами роботи [2]. При підвищенні температури та гідростатичного тиску, в околі фазового переходу спостерігається сильне зростання параметра анізотропії $\delta = \epsilon_{11}/\epsilon_{33}$ від $\delta=4$ при $p=p_{атм}$ і $T=293$ К до $\delta=30$ ($T=337$ К) та $\delta=34$ ($p=190$ МПа). Зміни кута орієнтації головних осей в межах похибки експерименту не виявлено (див. вставки до рис. 1 і 2).

Застосування матричного методу вимагає проведення вимірів на різних

зразках, хоча і з одного кристала, що обумовлює невисоку точність досліджень. Тому представляло інтерес провести виміри на одному зразку і безпосередньо отримати перерізи вказівних поверхонь кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ в площині (010). Для цього зразок вирізався у формі циліндра, в діаметрально протилежних точках якого знаходились підпружинені контакти з провідної резини. Зразок повертався на необхідний кут за допомогою крокового електродвигуна.

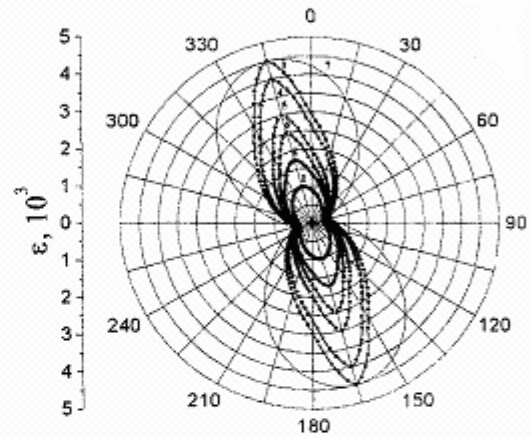


Рис.3. Залежність діелектричної проникності кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ від кута повороту відносно напрямку [100] в площині симетрії (010) при різних температурах T, K : 1 – 317, 2 – 328, 3 – 333, 4 – 346, 5 – 356, 6 – 362. 7 – теоретична залежність.

На рис.3 і 4 наведено перерізи площиною (010) вказівних поверхонь діелектричної проникності і тангенса кута діелектричних втрат кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ при різних температурах, отримані методом циліндра. Наведені результати підтвердили висновок про незмінність кута орієнтації головних осей тензора діелектричної проникності в площині симетрії. Однак, як видно із рис.3, в околі ФП спостерігається сильна розбіжність між експериментальною і розрахованою формою орієнтаційної залежності ϵ . Причина такої розбіжності залишається невідомою.

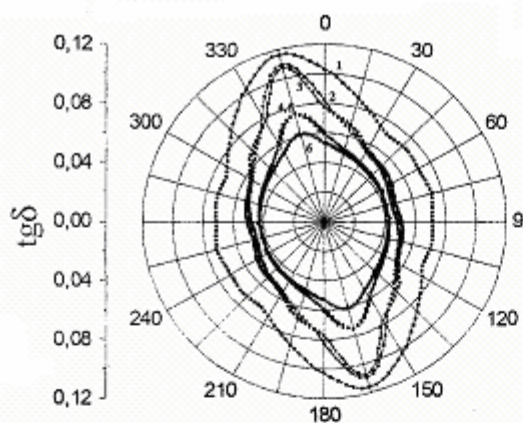


Рис. 4. Залежність тангенса кута діелектричних втрат кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ від кута повороту відносно напрямку $[100]$ в площині симетрії (010) при різних температурах T, K : 1 – 317, 2 – 328, 3 – 333, 4 – 346, 5 – 356, 6 – 362.

На орієнтаційних залежностях $\text{tg}\delta$ кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ в сегнетоелектричній фазі (рис.4) видно наявність незначних вигинів під кутами, кратними 30° до полярної осі. Відсутність їх в параелектричній фазі дозволяє пов'язати таку поведінку $\text{tg}\delta$ з особливостями будови доменної структури зразка та впливом на неї внутрішніх електричних полів, індукованих дефектами кристалічної ґратки [3].

Якщо зміна параметра анізотропії в околі ФП кристала $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ є зрозумілою і

передбачуваною, то незмінність кута орієнтації головних осей тензора діелектричної проникності в площині симетрії не була очевидною, адже характеристичні поверхні фізичних властивостей моноклінних кристалів, згідно принципу Неймана [4], мають всього одну задану вісь симетрії, що співпадає з віссю другого порядку. Причиною незмінності головних напрямків тензора діелектричної проникності в $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ може бути близькість його структури до орторомбічної, що, зокрема, підкреслювалося в [5].

1. C.D.Carpentier, R.Nitsche. Mat. Res. Bull., 9, 1097(1974).
2. Майор М.М. и др. Кристаллография, 5, 5, 1300(1990).
3. Сливка О.Г. та ін. Вісник Ужгородського Університету, сер.Фізика, 2, 93(1998).
4. Дж.Най. Физические свойства кристаллов. М., Мир, (1967), 385с.
5. Д.М.Берча и др. ФТТ, 39, 7, 1219(1997).

THE INFLUENCE OF THE TEMPERATURE AND UNIFORM PRESSURE ON THE ANIZOTROPY OF DIELECTRIC PROPERTIES OF THE $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ CRYSTAL

V.M.Kedyulich, A.G.Slivka, E.I.Gerzanich, P.P.Guranich,
V.S.Shusta, P.M.Lukach

Uzhgorod State University, 88000, Uzhgorod, Voloshin st., 54

The influence of the pressure and temperature on anisotropy of the dielectric constant of the $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ crystal has been investigated. It has been found that near phase transition take place the temperature and pressure dependence of the anisotropy parameter without principal directions change. By the cylinder method was immediately obtained the pointer surface of the dielectric susceptibility and dielectric lost tangent section and showed their features.