

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернівці
* Буковинський державний фінансово-економічний інститут, Чернівці

ТЕМПЕРАТУРНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРУЖНИХ МОДУЛІВ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$

Експериментально отримані компоненти тензора пружних модулів твердого розчину $\text{Hg}_{0,86}\text{Mn}_{0,14}\text{Te}$ в межах температур 80÷300 К. Проілюстровано вплив температури на анізотропію пружності і проведена її оцінка.

The components of elastic constants tensor for solid solution of $\text{Hg}_{0,86}\text{Mn}_{0,14}\text{Te}$ in the temperature range 80÷300 K were experimentally obtained. It was showed the influence of temperature on the elastic anisotropy and it was held its evaluation.

Досліджуваний сплав $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ($x=0,14$ мол. %), отриманий методом Бріджмена, є твердим розчином заміщення і кристалізується в кубічну ґратку типу цинкової обманки – просторова група симетрії $F43m$ зі структурним типом $B3$. Дана речовина відноситься до полярних напівпровідників зі змішаним іонно-ковалентним зв'язком [1,2].

Пружні властивості кубічного кристала описуються трьома незалежними компонентами тензора пружних модулів – C_{11} , C_{44} , C_{12} .

Вимірювання температурних залежностей швидкостей поширення ультразвукових хвиль проводилось на імпульсній ультразвуковій установці з дискретною затримкою на частоті 10 МГц. Для акустичного контакту між давачем-перетворювачем і зразком застосовувалися композиції масла та салолу. Температура контролювалась диференційною мідь-константановою термопарою з точністю $\pm 1^\circ\text{C}$. Густина зразків визначалась методом гідростатичного зважування з використанням тетрабромметану ($\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_4$), в якого густина лінійно залежить від температури, коефіцієнт поверхневого натягу незначний і майже постійний у межах 0÷50°C. Отримане значення густини зразків складало $\rho=7763 \text{ кг/м}^3$.

Ступінь монокристалічності і структурна досконалість зразків перевірялися традиційними рентген-топографічними методами.

Необхідні напрями поширення хвиль, тип моди коливань, напрямки вектора поляризації вибирались згідно зі стандартною методикою [3].

За експериментальними значеннями швидкостей поширення УЗ-хвиль у монокристалах

твердих розчинів системи $\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ в інтервалі 83-300 К розраховані компоненти тензора пружних модулів, числові значення яких при кімнатній температурі такі: $C_{11}=5,09$, $C_{12}=3,61$, $C_{44}=2,02 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$.

На рис.1 зображені температурні залежності $C_{ij}(T)$. Аналіз цих залежностей показує, що вони

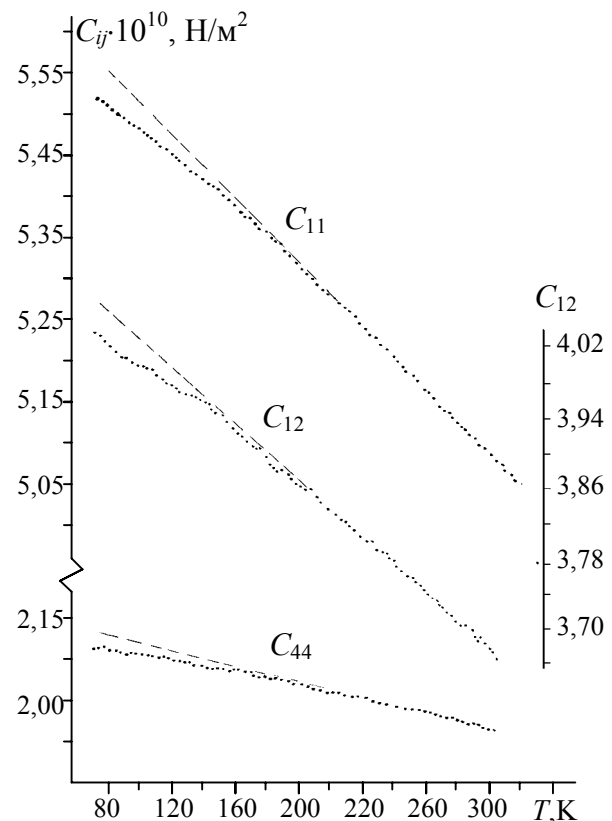


Рис.1. Температурна залежність модулів пружності.

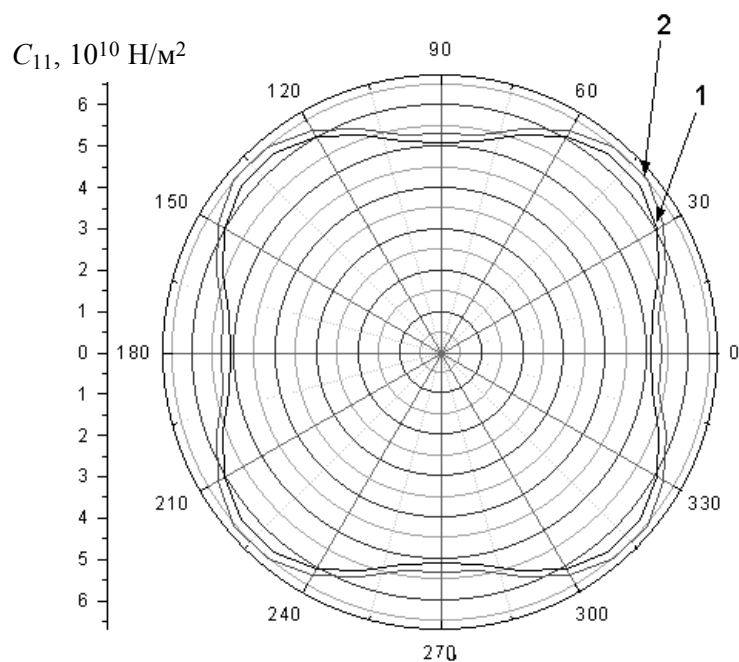


Рис.2. Центральні перерізи характеристичної поверхні C_{11} . $T=300$ К (1), $T=93$ К (2).

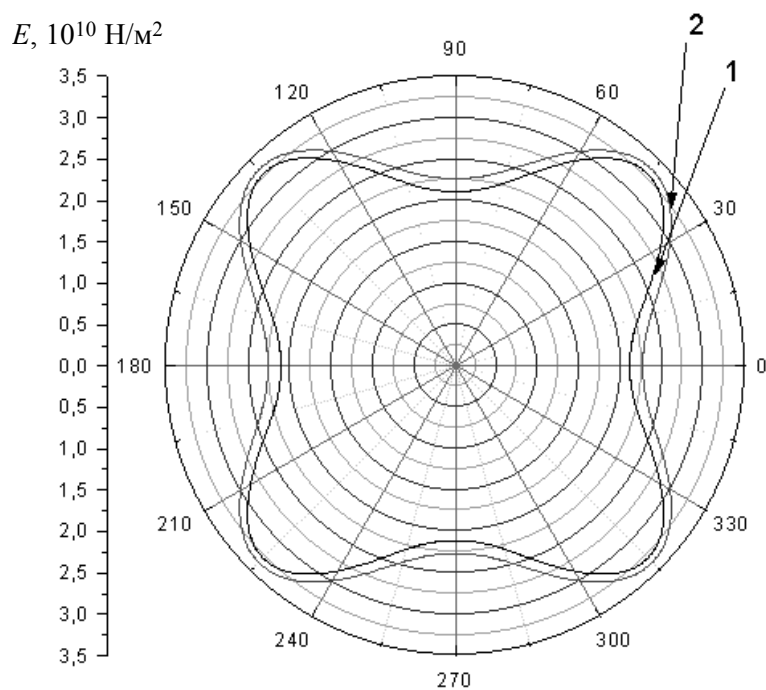


Рис.3. Центральні перерізи характеристичної поверхні модуля Юнга. $T=300$ К (1), $T=93$ К (2).

Таблиця 1. Макроскопічні пружні модулі

Усереднення	×10 ¹⁰ Н/м ²			μ
	<i>E</i>	<i>K</i>	<i>G</i>	
Фойгта	4,030	4,103	1,508	0,336
Ройса	2,684	1,190	1,194	0,124
Хіла	3,357	2,647	1,351	0,230

є монотонно спадаючими функціями температури із відхиленнями від лінійності нижче 150-170 К. Отримані залежності $C_{ij}(T)$ узгоджуються з теоретично розрахованими для структур типу сфалериту, для яких в більшості випадків, відхилення від лінійності спостерігається при більш низьких температурах [4]. Відмінність у нахилах експериментальних температурних залежностей $C_{ij}(T)$ складає 10-15 % і зумовлена ангармонійністю теплових коливань, а також нецентральною силою взаємодії атомів у кристалічній ґратці Hg_{0,86}Mn_{0,14}Te.

Нами розраховані модуль Юнга *E*, модуль всестороннього стиску *K*, модуль зсуву *G* і коефіцієнт Пуасона μ, які наведені в таблиці 1.

Використовуючи числові значення пружних модулів C_{11} , C_{12} , C_{44} і *E*, проведений розрахунок характеристичної температури Дебая θ_{pr} за шестичленними формулами Хаустона для монокристалів [5], а по співвідношенню Кестера [6]:

$$\theta_D = 17,04 \frac{E^{1/2}}{A^{1/3} \rho^{1/6}} \quad (1)$$

для "теоретично" полікристалічного зразка (усереднення Хіла), які відповідно дорівнюють 132 К і 130 К і добре узгоджуються між собою.

Результати даної роботи дають можливість отримати інформацію про характер сил зв'язку у ґратці твердого розчину Hg_{0,86}Mn_{0,14}Te, на підставі аналізу відхилень від співвідношень Коші g_{kk} [5], які є тензором другого рангу:

$$g_{kk} = C_{ij} - C_{9-i-j} \quad (i \neq j \neq k = 1, 2, 3). \quad (2)$$

Для даного кристала незалежна компонента тензора $g_{11} = C_{12} - C_{44} = 1,59 \cdot 10^{10}$ Н/м². Враховуючи знак і абсолютне значення g_{11} згідно [5], слід чекати, що у досліджуваних кристалах переважаючою є складова іонного зв'язку.

Оцінка ступеня пружної анізотропії досліджуваних зразків при азотній і кімнатній температурах проводилась за співвідношенням:

$$A = \frac{2C_{44}}{C_{11} - C_{12}}, \quad (3)$$

яка виявилась, відповідно, такою – 2,73 і 2,98.

Анізотропія пружності досліджуваних монокристалів твердого розчину ілюструється центральними перерізами характеристичних поверхонь пружних модулів C'_{11} , *E* головними кристалографічними площинами (рис.2,3). Як видно з рис.2, модуль поздовжньої дилатаційної жорсткості C_{11} та модуль Юнга *E* мають явно виражений максимум при куті 45° до напрямку [001]. Це вказує на те, що в цьому напрямку сили міжатомних взаємодій досягають максимального значення, що слід враховувати як при механічній обробці даних матеріалів, так і при використанні їх як конструкційних матеріалів при роботі в широких інтервалах температур і тисків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Furdina I.K. Electrical, optics and magnetic properties of Hg_{1-x}Mn_xTe // *Vas. Sci Technol.* - 1982. - No.1. - P.220-228.
2. Томашик С.В., Грыцив В.И. Диаграммы состояния системы на основе полупроводниковых соединений А² и В⁴: Справочник. - Київ: Наук. думка, 1982.
3. Физическая акустика / Под. ред. У. Мезона: В 5 т. - М.: Мир, 1968. Т.3:Б.
4. Кучин В.А., Ульянов В.Л. Упругие и неупругие свойства кристаллов. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
5. Михальченко В.П., Чорней С.А. Про температуру Дебая J_2 // УФЖ. - 1975. - 20. - С.1014-1020.
6. Балазюк В.Н., Грицюк Б.М., Лотоцький В.Б., Новіков С.М., Раренко А.І. Анізотропія пружності і мікротвердості монокристалів твердих розчинів системи CdSb-ZnSb // Науковий вісник ЧНУ. Вип. 112: Фізика. Електроніка. - Чернівці: ЧНУ, 2001. - С.74-77.
7. Haussuhl S. Abweichungen von den Cauchy-Relation // *Phys. Rundens Mater.* - 1967. - 6. - P.181-192.