

Міністерство освіти і науки України
Департамент освіти і науки Дніпропетровської облдержадміністрації
Дніпропетровське територіальне відділення МАН України

Відділення: фізика і астрономія
Секція: експериментальна фізика

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ
КРИСТАЛІЧНИХ І АМОΡФНИХ СТРУКТУР МЕТОДОМ ВІДБИВАННЯ
СВІТЛА

Роботу виконав: Олевський
Олександр Вікторович,
учень 9 класу КЗО «СЗОШ №19»
Дніпропетровської міської ради

Науковий керівник:
Сидоренков Євген Єгорович
учитель фізики КЗО «СЗОШ №
19» Дніпропетровської міської
ради

ЗМІСТ

сторінка

ВСТУП _____	4
ОСНОВНА ЧАСТИНА	
РОЗДІЛ 1	
Оптичні методи дослідження властивостей твердих діелектриків _____	6
РОЗДІЛ 2	
Теоретичні відомості _____	8
РОЗДІЛ 3	
Постанова задачі, експериментальна установка, зразки _____	10
РОЗДІЛ 4	
Результати досліджень _____	13
РОЗДІЛ 5	
Обробка експериментальних результатів _____	17
ВИСНОВКИ _____	21
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ _____	22

ТЕЗИ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ
КРИСТАЛІЧНИХ І АМОРФНИХ СТРУКТУР МЕТОДОМ ВІДБИВАННЯ СВІТЛА

Олевський Олександр Вікторович, Дніпропетровське територіальне відділення
МАН України, КЗО «СЗШ № 19» Дніпропетровської міської ради, 9 клас,
Дніпропетровськ,

Сидоренков Євген Єгорович, учитель фізики КЗО «СЗШ № 19»
Дніпропетровської міської ради

Сучасна промисловість використовує тверді діелектричні матеріали різного призначення. Існує особлива потреба у прогнозуванні якісних характеристик діелектричних матеріалів. Умови експлуатації матеріалів відрізняються по багатьом параметрам, у тому числі і по механічним навантаженням, які впливають на діелектричні властивості матеріалу.

Метою представленої науково-дослідницької роботи являється експериментальне виявлення характерних відмінностей кристалічних та аморфних діелектриків шляхом з'ясування залежності діелектричної проникності зразків від механічного навантаження.

Обраний метод дослідження відноситься до оптичних методів і базується на використанні явища поляризації променя, що відбивається від поверхні діелектрика, за умови падіння променя на поверхню зразка під кутом Брюстера. У дослідженнях використовувались промені різної довжини хвилі. Окрім експериментального дослідження використані ресурси програмного комплексу «SolidWorks» з метою створення електронної моделі навантаженого діелектрика для отримання епюрів розподілу механічної напруги на його поверхні.

Результати експериментів свідчать про те, що при механічних навантаженнях змінюються діелектричні проникності зразків. При цьому аморфна структура при збільшенні навантаження змінює свою діелектричну проникність повільніше, ніж кристалічна структура. Діелектрична проникність зразка залежить від кольору падаючого променя.

Результати роботи мають бути використані при виборі діелектричних матеріалів для експлуатації в умовах механічних навантажень, а також як спосіб розпізнавання кристалічних і аморфних матеріалів у ювелірній галузі. Метод, що був застосований у роботі, дає можливість визначення залишкових деформацій у діелектричних та інших твердих матеріалах для їх вибраковки. Досліджені властивості діелектриків мають бути використані для створення метрологічних приладів, наприклад, сейсмічних датчиків або оптичних барометрів, а також пристроїв мікроелектроніки із використанням тонких плівок.

ВСТУП

У сучасній промисловості та науці використовується безліч твердих матеріалів природного або штучного походження. Особливо актуальними є питання вибору якості і властивостей діелектричних матеріалів, що мають експлуатуватися в умовах механічних навантажень, вібрації, сейсмоактивності, а також поточного контролю якості структури діелектриків, а саме виявлення залишкових деформацій під час виготовлення та експлуатації зразків. Разом з тим, сучасна ювелірна галузь пропонує на продаж різноманітні вироби, що використовують матеріали невідомого походження, але мають чітко окреслені діелектричні властивості. Цінність таких виробів залежить від якості структури речовини, а саме кристалічної чи аморфної.

Метою представленої роботи являється з'ясування характерних відмінностей аморфних та кристалічних діелектриків шляхом експериментального дослідження залежності діелектричної проникності від механічних навантажень на зразок.

Основним завданням у роботі було винайдення характерних відмінностей аморфного і кристалічного діелектриків експериментальним шляхом. У якості предмета дослідження були відібрані зразки скла і кристалу солі NaCl. У якості об'єктів дослідження обрано діелектричну проникність і оптичну густину зразків аморфного і кристалічного діелектриків. Суттєвий зміст дослідження полягає у наступному: на поверхню навантаженого досліджуваного зразка під кутом Брюстера направляється промінь від монохроматичного джерела випромінювання. Відбитий промінь, що теоретично має бути повністю поляризованим у перпендикулярній до поверхні зразка площині, пропускається через аналізатор із перпендикулярною площиною поляризації, і направляється на фотоелемент. За мінімального значення фотоструму фіксується кут Брюстера і розраховується діелектрична проникність зразка. У експериментах застосовувались джерела випромінювання різної довжини хвилі.

У результаті роботи визначені залежності оптичної густини і діелектричної проникності аморфного і кристалічного діелектриків від механічних навантажень. Автор цієї роботи, спираючись на інформацію про відмінність будови речовини у кристалах і аморфних тілах [1,2], особисто висунув гіпотезу про відмінність відносної зміни оптичної густини у аморфних і кристалічних діелектриків у залежності від механічних навантажень. При обробці результатів експерименту гіпотеза підтвердилась. Таким чином, вперше експериментальним шляхом одержано результат, який свідчить про те, що зміна діелектричної проникності та оптичної густини кристалічного діелектрика при різних механічних навантаженнях відбувається значно швидше, ніж у аморфного. Результат має прикладне значення, оскільки таким способом можливо розрізнити аморфні і кристалічні матеріали, наприклад, у ювелірній галузі. Одночасно з'являється можливість підбору діелектриків із прогнозованими характеристиками для експлуатації в умовах заздалегідь відомих значень механічних навантажень.

Експериментальний метод, що використаний у роботі, був особисто відпрацьований автором і вперше використаний для порівняльного аналізу

властивостей аморфного і кристалічного діелектрика. Прикладне значення методу полягає у тому, що за його допомогою можливо виявити дефектні діелектричні матеріали, вимірюючи їхню оптичну густину і порівнюючи її значення з еталонним значенням оптичної густини для окремого класу досліджуваних діелектриків. При наявності у зразку дислокацій або остаточних деформацій показник його оптичної густини буде завищеним. Такий зразок підлягає вибраковці.

Для більш повного і якісного відображення процесу, що відбувається у напруженому зразку, автором побудована модель такого зразка із використанням програмних засобів «SolidWorks». На моделі відображені епюри механічної напруги на поверхні зразка. Така модель для діелектриків побудована вперше, оскільки цей програмний засіб у наукових лабораторіях для дослідів діелектриків активно не використовувався через свою новизну на ринку програмних засобів. Епюри механічної напруги поверхні діелектрика можливо використовувати при дослідженні тонких діелектричних плівок у мікроелектроніці.

За результатами експерименту автор роботи особисто виявив таку характерну відмінність аморфного і кристалічного діелектриків, як спектральна залежність зміни значення діелектричної проникності при механічних навантаженнях. Кристалічний діелектрик має більшу швидкість її зміни у залежності від зміни частоти випромінювання використаного джерела, ніж аморфний. При подальшому дослідженні властивостей діелектриків планується використати більше двох джерел випромінювання різної частоти. Таку спектральну залежність швидкості зміни діелектричної проникності від довжини хвилі при механічних навантаженнях можна було б використовувати для підбору матеріалів відбиваючих поверхонь волоконно-оптичних ліній зв'язку, що працюють на променях різної довжини хвилі.

Результати експериментів систематизовані, зведені до таблиць, відображені графічно, кількісно і якісно опрацьовані автором цієї роботи.

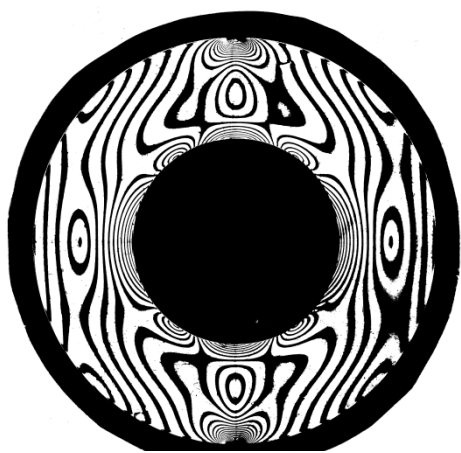
ОСНОВНА ЧАСТИНА

РОЗДІЛ 1

ОПТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТВЕРДИХ ДІЕЛЕКТРИКІВ

У основі оптичних методів дослідження якості і стану речовини лежить аналіз результатів відбивання світла від поверхні або проходження світла крізь досліджуваний зразок.

У 1813-1815 р.р. Зеєбек та Брюстер дослідили властивості діелектричних оптично чутливих кристалів, наприклад, ісландський шпат (CaCO_3), які під дією механічного навантаження змінюють свої оптичні властивості, а саме заломлюють світло одночасно у двох напрямках, при чому один заломлений промінь виявляється поляризованим. Але після зняття механічної напруги властивість подвійного заломлення зникає [3]. Таке явище лежить у основі поляризаційно–оптичного методу дослідження механічної напруги у діелектриках. Як відомо, явище поляризації діелектрика виникає після зміни у просторі свого положення електричних диполів речовини діелектрика. Такий метод дослідження має у сучасній науці назву «метод фотопружності». Він використовується при рішенні задач механіки деформованих твердих тіл, у механіці композитів, теорії тріщин, задачах з пластичності матеріалів [1,4,5]. Цінність метода полягає у тому, що він дозволяє моделювати напружений стан у прозорих діелектричних матеріалах. У якості експериментальної установки при застосуванні цього методу використовують полярископи. У результаті виникнення подвійного заломлення світла полярископ



надає можливість дослідити інтерференційну картину(рис.1.1) двох променів, що пройшли через навантажений зразок. За результатами такого дослідження робиться висновок про внутрішній стан речовини зразка.

Поляризаційно – оптичний метод удосконалено і використовується у наукових лабораторіях інших країн [6].

Рис.1.1. Інтерференція на полярископі.

Відомий також електрооптичний ефект Керра, відкритий у 1875р., при якому рідина або газ під дією електричного поля змінюють свої діелектричні властивості [3]. Таку зміну досліджують у результаті подвійного променезаломлення світла, що пронизує діелектричну речовину. Подібне явище спостерігається при виникненні

оптичної анізотропії деяких діелектриків (кварц, цукор, скипидар) під дією зовнішнього магнітного поля (ефект Коттона – Мутона) [3]. Явище обертання площини поляризації світла, що пронизує діелектрик у магнітному полі, відомо як ефект Фарадея[7].

У 1928 р. радянські фізики Г.С.Ландсберг та Л.І.Мандельштам, а також, незалежно від них, нобелівський лауреат 1930 р. Ч.В.Раман (Індія) [8] відкрили явище комбінаційного розсіяння світла (КРС) на кристалах кварцу[9]. Суть метода полягає у дослідженні спектру світла, що відбите і розсіяне на поверхні досліджуваного кристалу. За результатами дослідження спектральних характеристик світла визначають структуру кристалів. Методом КРС досліджується структура кристалів, наприклад TeO_2 , BaTiO_3 , у Дніпропетровському національному університеті (ДНУ) ім. О.Гончара [10].

Для дослідження механічного стану речовини у сучасних лабораторіях використовується високошвидкісна відео фіксація процесів, акустична емісія (АЕ) з частотним аналізом сигналів АЕ, інтерферометрія [1].

У найбільше наближеному до використаного у роботі оптичному методі дослідження властивостей твердих діелектриків – еліпсометрії – для отримання інформації використовується відбитий від поверхні діелектрика еліптично поляризований промінь[11]. За допомогою еліпсометра визначаються параметри еліпса поляризації і показники поглинання і відбивання речовини зразка.

У наданій роботі автор використав метод дослідження зміни кута поляризації відбитого від поверхні діелектрика променя у залежності від механічної напруги, що діє на досліджуваний зразок діелектрика. У досліджених джерелах[1-12,14,15] такий метод не згадується.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

При відбиванні світла від поверхні твердого тіла відбитий промінь частково лінійно поляризується. При цьому, площина поляризації променя перпендикулярна площині відбивання. Якщо кут падіння променя світла на площину діелектрика дорівнює куту Брюстера, то відбитий промінь повністю буде поляризованим (рис.2.1,2.2). За законом Брюстера:

$$\tan \varphi_b = n, \quad (2.1)$$

де φ_b - кут падіння променя, n - показник заломлення діелектричного матеріалу.

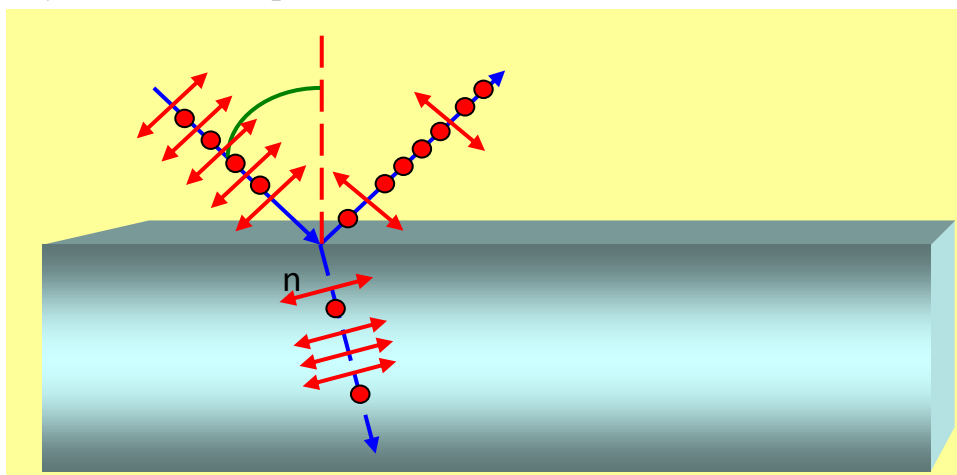


Рис. 2.1. Поляризація при заломленні і відбиванні променя.

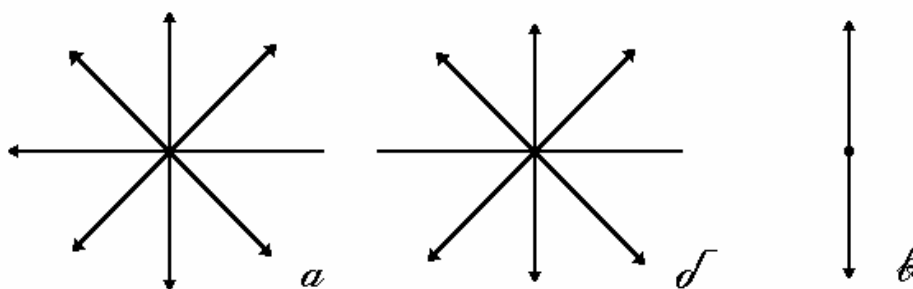


Рис.2.2. Площини поляризації електричного вектора E .

Показник заломлення, що пов'язаний зі швидкістю розповсюдження світла в середовищі, на межі якого відбувається заломлення, визначається :

$$n = \frac{v_0}{v_c}, \quad (2.2)$$

де $\frac{v_0}{v_c}$ - відношення швидкостей розповсюдження світла в вакуумі і середовищі.

Оскільки швидкість v_c розраховується через магнітні і електричні властивості речовини, а саме :

$$v_c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \mu}}, \quad (2.3)$$

де ε_0, μ_0 - діелектрична і магнітна сталі, а ε, μ діелектрична і магнітна проникність речовини, то і оптичну густину речовини також можна пов'язати з її діелектричними властивостями:

$$\tan \varphi_b = \frac{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \mu}}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = \frac{\sqrt{\varepsilon \mu}}{1}. \quad (2.4)$$

Для діелектриків $\mu=1$.

Діелектрична проникність:

$$\varepsilon = 1 + \chi, \quad (2.5)$$

де χ – коефіцієнт поляризації діелектрика, який характеризує його властивості у зовнішньому електричному полі напруженістю E і залежить від концентрації N атомів або молекул, а також поляризованості α молекул або атомів речовини. Значення α залежить від будови молекул або атомів [15]. Наприклад, для атому хлору $\alpha = 4 \cdot 10^{-40}$, а для атому натру $\alpha = 27 \cdot 10^{-40}$ [16].

Зміст проведення дослідів полягає в тому, що, механічно напружуючи матеріал діелектрика, досліджується залежність кута Брюстера від значення механічної напруги. Таким чином, можна дослідити залежність показника заломлення від механічної напруги, що діє на зразок діелектрика, і зробити висновок про його діелектричні властивості, які пов'язані з будовою речовини.

РОЗДІЛ 3

ПОСТАНОВА ЗАДАЧІ, ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА, ЗРАЗКИ

Явище поляризації діелектриків у результаті дії механічної напруги називають прямим п'єзоефектом [18]. Поляризація кристалічного діелектрика може виникати при зміщенні іонів кристалічної решітки у результаті механічної дії на кристал і появи орієнтованих диполів. У кристалі солі виникає саме такий тип поляризації, яка називається іонною [2]. Одночасно виникає електронна поляризація, яка залежить від деформації електронних орбіт атомів у результаті механічного навантаження на зразок [15]. Кристалічний діелектрик віднесено до класу неполярних діелектриків. Інший спосіб виникнення поляризації спостерігається у аморфних структур, таких, як скло. У структурі скла містяться хаотично розміщені диполі, які змінюють свою орієнтацію при механічній деформації. Скло віднесено до полярних діелектриків [2].

Саме різниця у механізмі виникнення поляризації кристалічних і аморфних діелектриків, у будові молекул, а також різниця концентрацій атомів у структурній будові речовини має давати характерні відмінності у результатах дослідів. Виникає гіпотеза про те, що саме швидкість зміни діелектричних і оптичних властивостей зразків при зміні значення механічної напруги у аморфних і кристалічних зразках мають характерно відрізнятися.

Оскільки відомий метод КРС [8,9] використовується для вивчення внутрішньої структури речовини, автором роботи було запропоновано дослідити спектральну залежність швидкості зміни діелектричної проникності при механічних навантаженнях зразків. Реалізувати таке дослідження виявилось можливим лише частково. Обмеженість такого дослідження була викликана недостатніми технічними можливостями у використанні джерел монохроматичного випромінювання різної довжини хвилі, окрім двох з довжинами хвилі $\lambda_1 = 500$ нм, $\lambda_2 = 700$ нм.

Таким чином, об'єктами досліджень було визначено ε - діелектричну проникність речовини, n - оптичну густину речовини, залежності $\varepsilon(\sigma)$, $n(\sigma)$, де σ - механічна напруга, що діє на зразок, $\frac{\Delta n}{n}(\sigma)$, де Δn - зміна значення n , $\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}(\sigma)$, де $\Delta \varepsilon$ - зміна значення ε , $\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}(\lambda)$.

Зразками для дослідження було обране скло розмірами 3 см х 3 см х 4 см у якості аморфного діелектрика, а також шматок кам'яної солі розмірами 3 см х 3 см х 5 см у якості кристалічного діелектрика (рис.3.1). Для експериментального використання його площину відбивання було штучно відшліфовано.

Для проведення досліджень був обраний метод визначення оптичної густини і діелектричної проникності речовини через вимірювання кута



Рис.3.1.Зразки для дослідів.

максимальної поляризації відбитого променя – кута Брюстера. Схематично лабораторна установка представлена на рис.3.2. У якості джерела монохроматичного випромінювання використовували лабораторний рубіновий лазер(рис.3.3) довжиною випромінювання 700 нм, а також пристрій оптичного прицілювання довжиною випромінювання 500 нм. Для експериментального визначення кута Брюстера використовували поляризатор і фотоприймач, який фіксував фотострум. За шкалою оберտального стільця (рис.3.3), на якому знаходився зразок, фіксувався кут падіння променя при мінімальному фотострумі. Абсолютні значення фотоструму не впливали на результати вимірювання кута Брюстера.

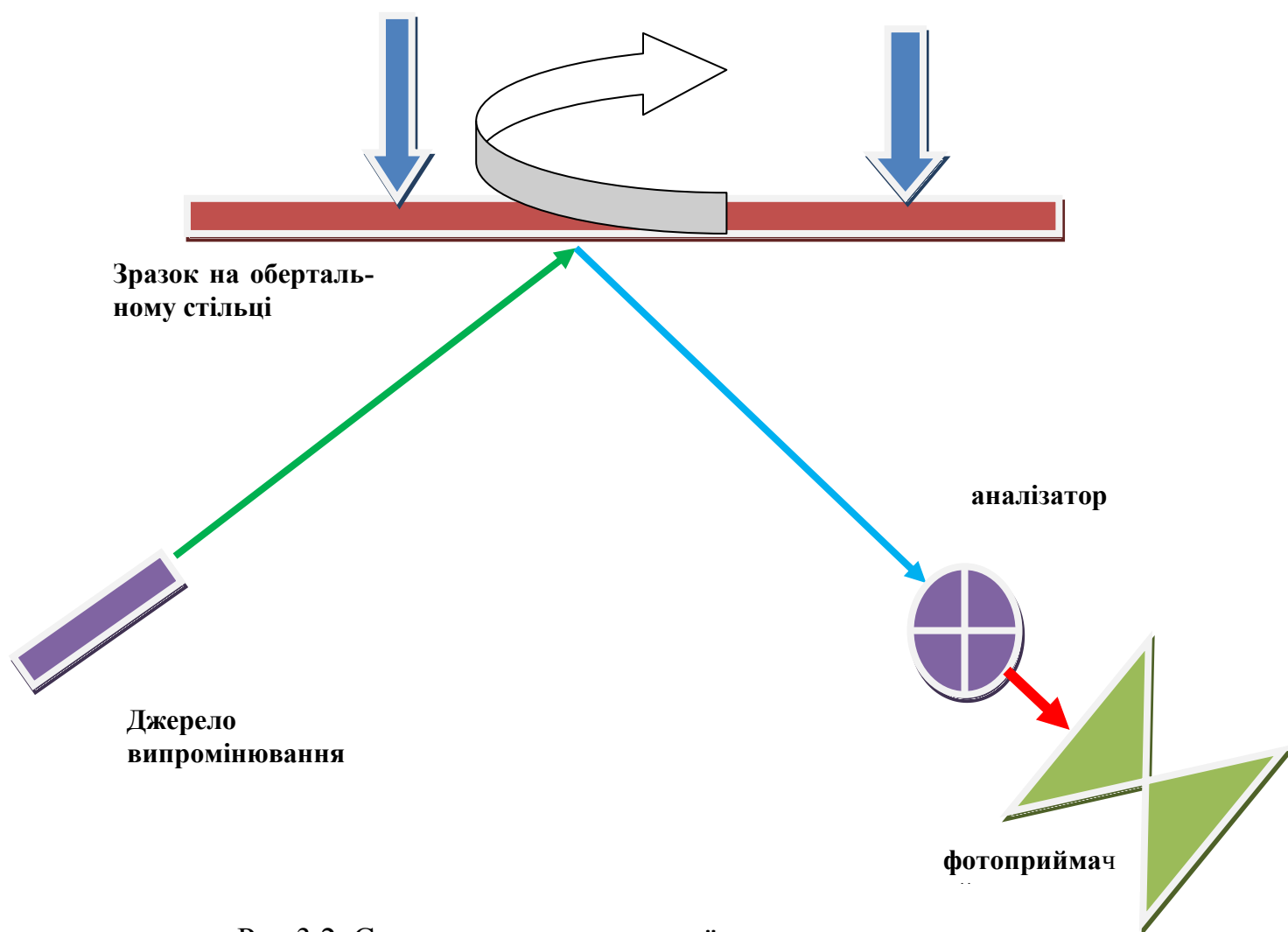


Рис.3.2. Схема експериментальної установки

Для отримання детальної картини розподілу механічної напруги при навантаженні зразка була використана електронна модель, що отримана із використанням програмного засобу «SolidWorks»(рис.3.4). Завдяки цій моделі були визначені межі навантажень, яких потрібно досягти у експерименті для того, щоб механічна напруга розподілялася по усій боковій грані зразка, на яку направлявся промінь від джерела випромінювання.



Рис.3.3. Фото лабораторної установки.

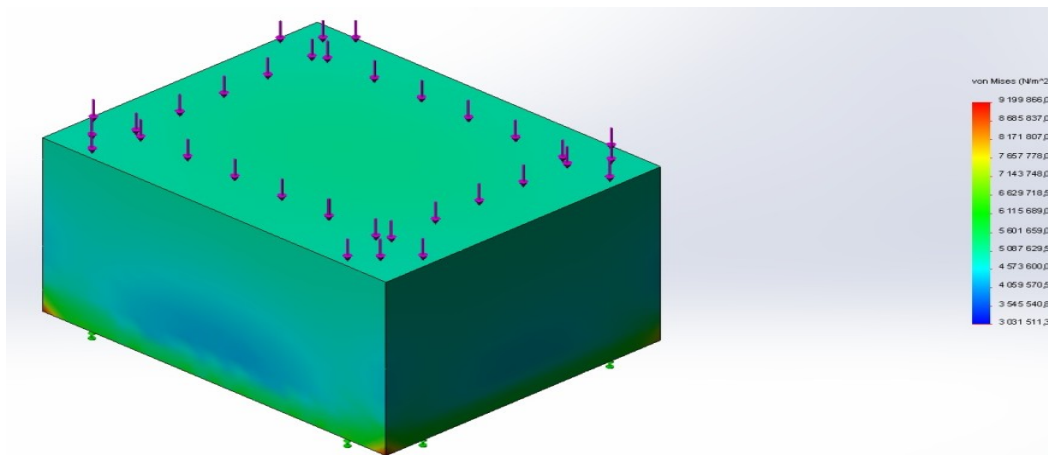


Рис.3.4. Модель навантаженого зразка і шкала механічної напруги.

Одночасно досліджувались епюри механічних напружень навантажених моделей інших матеріалів, наприклад, металів. Аналіз таких епюрів дав привід для висновку про схожість картин розподілу механічних напружень по боковій поверхні при вертикальному навантаженні зразка незалежно від матеріалу. Такі результати збігаються з математичною моделлю Мічела у методі дослідження фотопружності матеріалів [6].

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Результати експерименту занесені до таблиць (табл.4.1,табл.4.2). За результатами вимірювань розраховуються значення коефіцієнта заломлення n діелектрика

Таблиця 4.1

Результати експерименту і розрахунків для скла ($\lambda=700$ нм)

F	0 Н		10 Н		20Н		30Н		40Н	
S	12 см ²									
σ	0 Па		8333Па		16666Па		25000Па		33333Па	
	I	α	I	α	I	α	I	α	I	α
	15	40	12	40	11	40	12	40	7	50
	9	45	10	45	9	45	10	45	4	55
	6	48	7	50	3	50	8	50	3	60
	4	54	4	55	1	55	3	55	1	65
	0,2	58	0,3	60	0,4	62	0,5	65	0,7	67
	3	60	2	65	4	65	6	67	5	70
	5	67	6	67	11	68	9	70	12	73
	9	72	15	70	16	70	15	73	25	75
	11	74	20	75	20	72	23	75	34	80
	25	78	30	80	33	75	34	80	39	85
α Бр	58		60		62		65		67	
n	1,6		1,73		1,88		2,1		2,3	
Δn	0		0,13		0,28		0,5		0,8	
$\frac{\Delta n}{n}$	0		0,08		0,175		0,3		0,5	
ε	2,56		2,99		3,53		4,4		5,29	
$\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}$	0		0,17		0,38		0,7		1	

при різних значеннях сили F навантаження і механічної напруги σ . Червоним кольором у табл.4.1 та табл.4.2 виділено значення кутів α_{Br} падіння променя на поверхню зразка, при яких спостерігається найбільша ступінь поляризації відбитого променя. За їх значеннями, використовуючи формули (2.1) та (2.4), розрахована діелектрична проникність речовини зразка при наданих навантаженнях. Наведені результати отримані при використанні променя червоного кольору.

Таблиця 4.2

Результати експерименту і розрахунків для кристалу NaCl ($\lambda=700$ нм)

F	0 Н		5 Н		10 Н		15 Н		20 Н	
S	15 см ²									
σ	0 Па		3333Па		6666Па		10000Па		13333 Па	
	I	α	I	α	I	α	I	α	I	α
	20	40	15	40	20	45	15	45	12	45
	10	45	10	44	10	50	9	48	7	50
	4	50	6	50	5	55	7	52	3	55
	2	55	2	55	1	57	2	55	1	60
	0,1	57	0,2	58	0,4	60	0,5	62	0,3	65
	5	59	3	60	4	63	5	65	4	70
	9	64	7	65	12	67	8	67	10	75
	15	72	14	70	17	70	16	73	15	77
	18	74	22	75	23	73	25	75	36	80
	24	78	32	80	33	75	35	80	40	85
α Бр	57		58		60		62		65	
n	1,54		1,6		1,732		1,88		2,14	
Δn	0		0,06		0,192		0,34		0,6	
$\frac{\Delta n}{n}$	0		0,039		0,125		0,22		0,39	
ε	2,37		2,56		2,999		3,5344		4,58	
$\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}$	0		0,08		0,265		0,49		0,932	

При використанні джерела випромінювання зеленого кольору отримано результати, що занесені до табл. 4.3, табл. 4.4.

Таблиця 4.3

Результати експерименту і розрахунків для скла ($\lambda=500$ нм)

F	0 H		10 H		20H		30H		40H	
S	12 см ²									
σ	0 Па		8333Па		16666Па		25000Па		33333Па	
	I	α	I	α	I	α	I	α	I	α
	25	40	30	40	30	45	33	45	32	50
	19	45	23	45	24	50	27	50	25	55
	12	50	17	50	15	55	18	55	15	60
	6	55	9	55	5	60	9	60	6	65
	0,2	60	0,3	62	0,4	64	0,5	67	0,7	70
	4	65	2	65	4	68	3	70	3	73
	12	70	6	67	11	73	9	75	5	78
	18	75	9	70	16	78	15	78	9	80
	26	78	15	75	20	82	20	83	17	83
	30	80	26	80	33	85	25	85	22	85
α Бр	60		62		64		67		70	
n	1,732		1,88		2		2,356		2,747	
Δn	0		0,148		0,268		0,624		1,015	
$\frac{\Delta n}{n}$	0		0,085		0,155		0,36		0,586	
ε	3		3,53		4		5,55		7,546	
$\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}$	0		0,177		0,33		0,85		1,52	

Таблиця 4.4

Результати експерименту і розрахунків для кристалу NaCl ($\lambda=500$ нм)

F	0 Н		5 Н		10 Н		15 Н		20 Н	
S	15 см ²									
σ	0 Па		3333Па		6666Па		10000Па		13333 Па	
	I	α	I	α	I	α	I	α	I	α
	30	40	36	40	25	50	25	53	28	55
	22	45	25	44	12	55	9	62	15	60
	12	50	18	50	7	60	7	66	8	65
	7	55	9	55	3	65	2	70	4	74
	0,6	60	0,3	63	0,4	66	0,5	69	0,3	72
	8	66	8	69	8	73	5	75	4	75
	15	69	13	73	15	77	12	80	10	80
	24	75	20	77	22	80	16	83	12	83
	29	79	25	80	35	85	25	85	18	85
	35	83	30	83	42	87	35	87	25	87
α Бр	60		63		66		69		72	
n	1,732		1,963		2,246		2,6		3	
Δn	0		0,231		0,514		0,868		1,268	
$\frac{\Delta n}{n}$	0		0,133		0,297		0,5		0,732	
ε	3		3,85		5		6,76		9	
$\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}$	0		0,28		0,66		1,25		2	

Для кристалу солі (табл. 4.2, табл. 4.4) механічна напруга σ має значення менше, ніж для скла (табл. 4.1, табл. 4.3), оскільки зразок солі у експериментах руйнувався при більших навантаженнях.

РОЗДІЛ 5

ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

З метою наглядного відображення результатів експерименту побудовані графіки залежностей фотоструму від кута падіння променя на бокову площину зразка (рис. 5.1, рис.5.2).

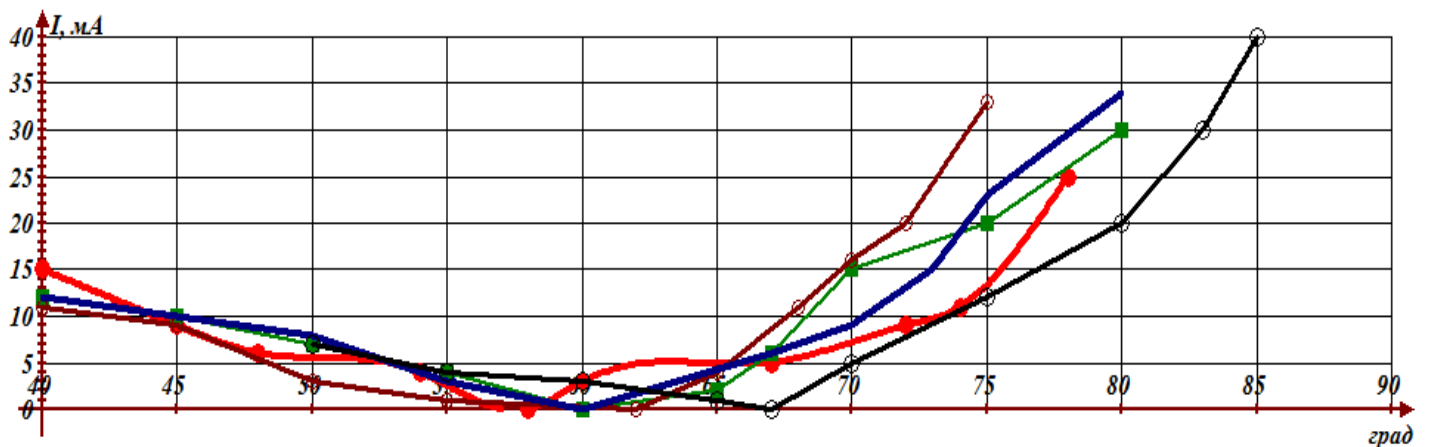


Рис.5.1. Залежність фотоструму від кута відбивання на склі для $\lambda=700\text{нм}$.

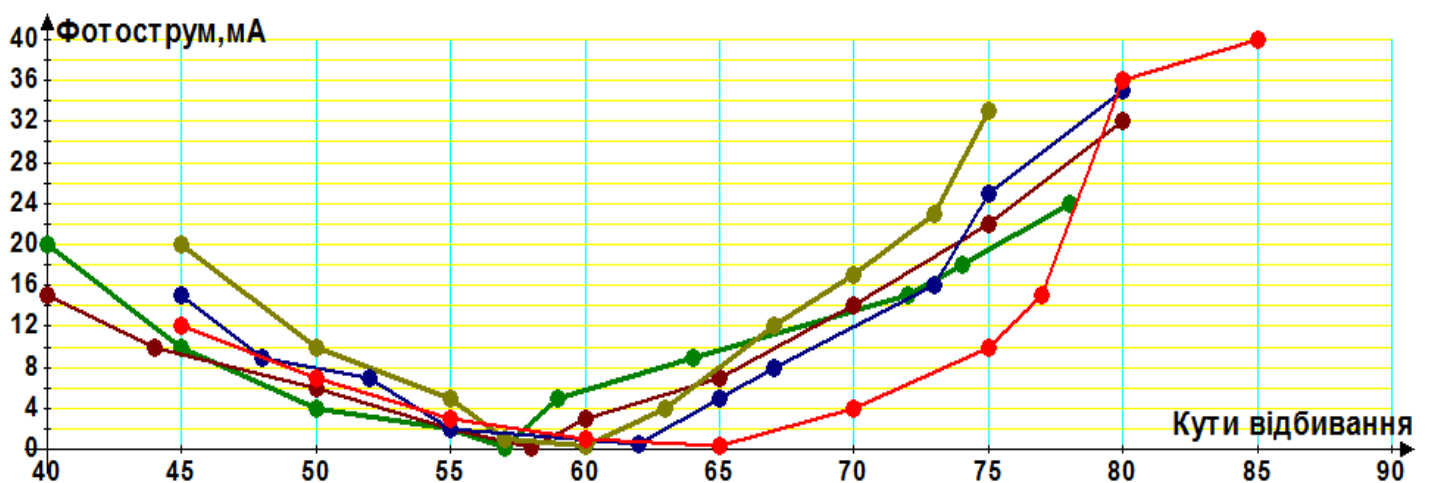


Рис.5.2. Залежність фотоструму від кута відбивання на кристалі NaCl для $\lambda=700\text{нм}$.

Графіки залежності значення діелектричної проникності ϵ зразків від механічної напруги σ при використанні різних джерел випромінювання представлені на рис.5.3. Кольори ліній на графіках відповідають кольорам джерел випромінювання. Суцільні лінії відповідають характеристикам скла. Звертає на себе увагу той факт, що зміна значення ϵ у кристалічному зразку відбувається швидше ніж у аморфному при збільшенні значення σ .

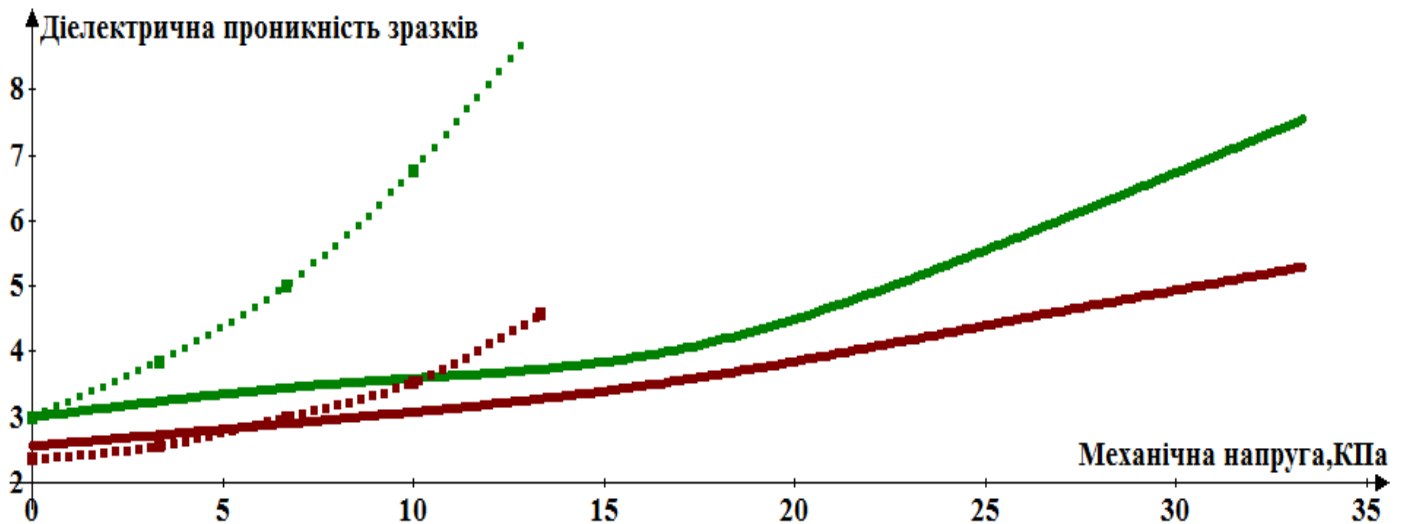


Рис.5.3. Залежність діелектричної проникності від механічної напруги.

На рис.5.4 графічно представлена залежність відносної зміни оптичної густини аморфного і кристалічного зразків від механічного навантаження при використанні різних джерел випромінювання. Кристалічний зразок за цим показником також значно відрізняється від аморфного.

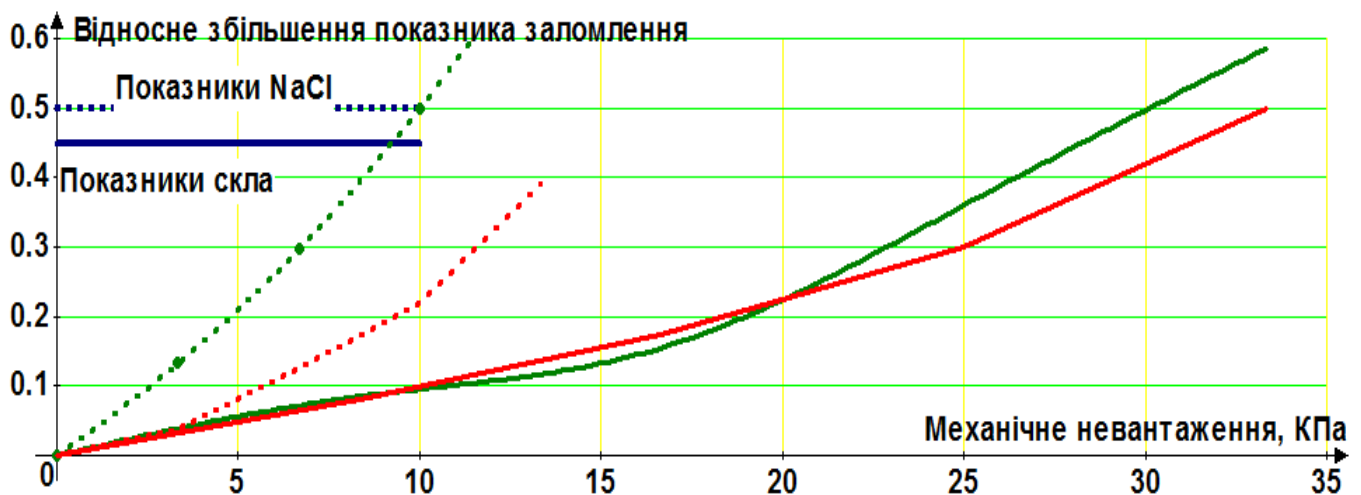


Рис.5.4. Залежність відносної зміни оптичної густини зразків від механічної напруги.

Залежність відносної зміни діелектричної проникності зразків від механічної напруги для різних джерел випромінювання графічно представлено на рис.5.5. Звертає на себе увагу той факт, що відносні зміни характеристик кристалічного зразка мають значні розбіжності у значеннях за однакових механічних напруг при різних довжинах хвиль випромінювання. Так, наприклад, при механічній нарузі 5 КПа значення відносних змін показника заломлення і діелектричної проникності у залежності від кольору джерела випромінювання відрізняються відповідно на 12% (рис.5.4) і 30% (рис.5.5). При збільшенні навантаження ці показники збільшуються. У аморфного діелектрика спектральна залежність відносних змін показника заломлення і діелектричної проникності не суттєва, приблизно 2-3% при навантаженнях до 20 КПа.

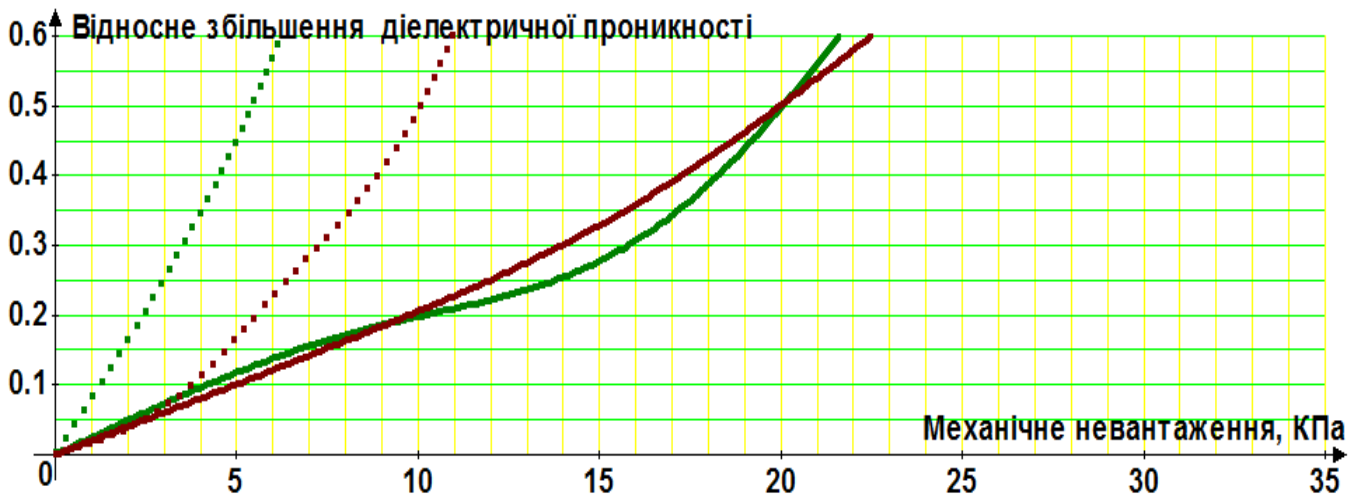


Рис.5.5. Залежність відносного збільшення діелектричної проникності зразків.

Для кількісного відображення результатів дослідження були побудовані апроксимуючі прямі до графіків, що представлені на рис. 5.3, за допомогою графічного редактора «Аграфер». Окремий вигляд цих прямих наведено на рис.5.6. Штриховані прямі відповідають графікам аморфного зразка. За графіками прямих визначені коефіцієнти пропорційності для поточного масштабу значень на осях. Для кристалічного зразка коефіцієнти 0,55 - для зеленого і 0,3 - для червоного кольору випромінювання майже учетверо перевищують значення коефіцієнтів для аморфного зразка - 0,12 і 0,07 відповідно.

Таким чином, маємо кількісні значення, за якими можна відрізнити

Дотичні до графіків залежності діелектричної проникності

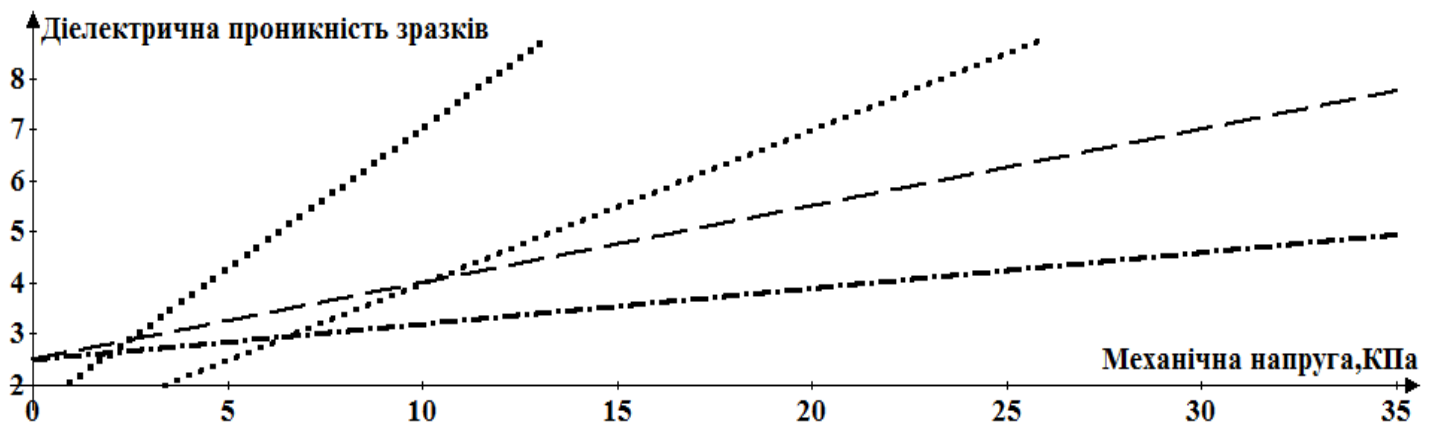


Рис.5.6. Апроксимуючі прямі.

кристалічний зразок від аморфного за результатами проведених досліджень. Пояснити таку відмінність у коефіцієнтах можливо спираючись на різницю у внутрішній будові зразків по таким параметрам, як густина диполів, значення дипольних моментів, що виникають при механічних навантаженнях, механізми поляризації[15-18].

ВИСНОВКИ

У результаті експериментального дослідження властивостей кристалічної і аморфної структури методом поляризації відбитого від площини зразка променя у залежності від зміни вертикального механічного навантаження на зразок виявлені характерні відмінності таких структур.

Такими відмінностями можна вважати:

1. Швидкість зміни діелектричної проникності речовини на кожен одиницю механічного навантаження на зразок, за якою аморфна і кристалічна структури відрізняються у 4-5 разів у межах використаних значень навантажень (рис.5.6);
2. Значна спектральна залежність відносних змін показника заломлення (рис.5.4) і діелектричної проникності (рис.5.5) кристалічної речовини при механічних навантаженнях (12-30%) на тлі незначної залежності аморфного зразка (2-3%) у межах використаних у дослідках навантажень.

Отримані відмінності можна вважати незалежними параметрами відмінності кристалічних і аморфних структур, оскільки їх значення отримані обраним способом експериментального дослідження і мають кількісний вираз.

У досліджених джерелах інформації [1-12,13-18] вищевказані параметри не використовуються і не згадуються.

Оскільки дослідження проводились для перевірки висунутої автором гіпотези про відмінність характеристик відібраних зразків, то такі результати цілком відображають різницю у внутрішній будові аморфної і кристалічної структури.

Результати досліджень можливо використати для визначення кристалічного або аморфного складу невідомої речовини, або розрізнення аморфних і кристалічних зразків у ювелірній промисловості, оскільки біжутерія і коштовні камінці зовні дуже схожі. У використаний спосіб можливо прогнозувати властивості зразків, які планується експлуатувати в умовах вібрації або сейсмічної активності. Одночасно можна використати для вибірки матеріалів той факт, що зразок набуде підвищених значень діелектричної проникності або оптичної густини у разі набуття остаточних деформацій або поверхневих дислокацій у своїй структурі.

На основі отриманих у роботі залежностей властивостей зразків від механічного навантаження можливо створювати сейсмічні резонаторні датчики, оптичні барометри то що. Метод досліджень, що використаний у роботі, у тому числі моделювання процесів розподілу механічних навантажень по поверхні зразка із використанням програмного засобу «SolidWorks», стануть у пригоді для прогнозування властивостей п'єзоелектричних п'єзочервоних матеріалів у мікроелектроніці та оптоволоконних лініях зв'язку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Яворський Б.М., Детлаф А.А. Курс фізики, т.3 – М.: Вища школа , 1972. – 344с.
 2. Фриш С.Э., Тиморева А.В. Курс общей физики, т.2 Электрические и магнитные явления: Учебник – М.: ФИЗМАТГИЗ. 1962. – 516с.
 3. Тареев Б.М. Физика диелектрических материалов– М.: Энергия , 1973. – 328с.
 4. Биргер Х. Фотоупругость. В сб. «Экспериментальная механика». Кн.1 Под ред. А. Кобаяси – М.: Мир, 1990.- С. 195– 327.
 5. Дюрелли А., Райли У. Введение в фотомеханику – М.: Мир ,1970. – 215с.
 6. Шафрутдинов Г.З., Мартинов Е.Д. Поляризационно – оптический метод Пособие по механическому практикуму// МГУ им. Ломоносова,2011. – 28с.
 7. Воробйов Г.А., Похолков Ю.П., Корольов Ю.Д. Фізика діелектриків. – Томськ, Томський політехнічний університет, 2003. – 324с.
 8. Раман Ч. В., Кришнан К. С. Новый тип вторичного излучения: Nature.- March, 31, 1928. – 121с.
 9. Ландсберг Г. С., Мандельштам Л. И. Новое явление при рассеянии света (предварительное сообщение) // ЖРФХО. – 1928. – Т.60. – С.335 – 338.
 10. Моисеенко В. Н., Дергачёв М. П., Швец Т. В. Комбинационное рассеяние света в активных диэлектриках / Вестник Днепропетровского университета им.О.Гончара, серия «Физика. Радиоэлектроника», т.16, вып15. – 2008. №2, [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.vdnu.narod.ru/v15/pdf/s4_15.pdf
 - 11.Збірник тез Матеріалів VII Міжнародної конференції «Фазові перетворення міцності кристалів», Чорноголовка , 29жовтня – 2 листопада 2012. р.// РАНІФТТ, 2012.–249с., [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://window.edu.ru/resource-/003/63003/files/ itmo-351.pdf>
 - 12.4th International Conference on Mechanics of Time Dependent Materials. Lake Placid, NY, USA.October 7 – 10, 2002.
 - 13.Брадис В.М. Четырехзначные математические таблицы для средней школы, 55-е издание – М., Просвещение. 1986. – 96с.
 - 14.Сивухин Д.В., Общий курс физики: Оптика. – М.:1980. – 752 с.
 - 15.Эллипсометрия. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki>
 - 16.Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики : справ. – К.: Наук. думка. 1989. – С.237.
 - 17.Фейнман Р., Лейтон Р. , Сендс М. Фейнмановські лекції з фізики, т.5 – М.: Світ , 1977. – 346с.
 - 18.Яворский Б.М., Селезнев Ю.А. Справочное руководство по физике–М.: Наука, 1989. –576с.
- ІНТЕРНЕТ- РЕСУРСИ.
 // <http://www.allbest.ru/>, // <http://chem-bsu.narod.ru/ChemRadWeb/ch5/ch5.htm>