

Це технічне рішення відноситься до технічної фізики, зокрема до оптики поляризаційних приладів, і може бути використано для вивчення анізотропії діелектричних властивостей матеріалів в оптичній технології, у напівпровідниковій та електронній промисловості.

У вигляді найбільш близького по технічній суті до запропонованого способу є „реєстрація величини подвійного променезаломлення, що використана у конструкції пристрою для визначення кута нахилу рухомого об'єкту згідно [1].

В оптичній схемі, що запропонована у пристрої, використовується еталонний зразок із такою величиною подвійного променезаломлення, що відповідає умові чвертьхвильової пластинки. Поляризоване світло пропускають через зразок у прямому та зворотному напрямках, модулюють по поляризації і світлоділ'ником направляють на фотодетектор. Із його допомогою реєструють сигнал, величина якого пов'язана з величиною кута, на який може відхилитися еталонний зразок від рівноважного стану.

Оптична схема та принцип вимірювання кута нахилу, що використані у наведеному пристрої, можуть бути пристосовані для вирішення оберненої задачі, а саме вимірювання величини подвійного променезаломлення у досліджуваних зразках.

Та недолік цього способу полягає у тому, що на результат вимірювання впливають пошкодження стану поляризації світла елементами оптичної схеми, чим обмежується можливість підвищення виявничої здатності до подвійного променезаломлення. Таким чином, відомі способи вимірювання подвійного променезаломлення мають таку чутливість, що не дозволяє реєструвати малі значення цього ефекту.

Запропонований спосіб вирішує задачу виявлення та реєстрації малих значень подвійного променезаломлення шляхом: максимального усунення тих факторів, що обмежують чутливість способу.

Поставлене завдання вирішується тим, що у відомому способі вимірювання величини подвійного променезаломлення, який включає спрямування поляризованого випромінювання на еталонний зразок, відбиття випромінювання еталонним зразком у зворотному напрямку, модуляцію стану поляризації випромінювання та спрямування його світлоділ'ником на детектор, автором запропоновано регулювання стану поляризації випромінювання, що спрямовується на фото детектор. За допомогою додаткового елемента оптичної схеми стан поляризації змінюють до рівня нульового сигналу на детекторі, далі замінюють еталонний зразок досліджуваним зразком, вимірюють сигнал детектора і із його величини визначають величину подвійного променезаломлення.

Практичне втілення способу може бути виконано двома варіантами. У одному із них додатковий елемент оптичної схеми, наприклад компенсатор стану поляризації, встановлюють на шляху потоку випромінювання, що після проходження зразка спрямовується на детектор. У другому варіанті додатковий елемент встановлюють на шляху потоку випромінювання, що світлоділ'ником спрямовується за межі еталонного зразка, а далі дзеркалом у зворотному напрямку спрямовується на фотодетектор.

Характеристикою чутливості способу до вимірювання анізотропії може бути відношення Δ/n_0 , де $\Delta = n_{11} - n_{12}$, n_{11} , n_{12} - показники заломлення в паралельному та перпендикулярному напрямках до оптичної осі матеріалу відповідно, n_0 середнє значення показника заломлення. Здатність запропонованого способу до виявлення мінімальної величини Δ/n_0 сягає значення 10^{-10} , віднесеного на одиницю довжини. За рахунок підвищення чутливості способу до подвійного променезаломлення розширюється клас матеріалів та оптичних ефектів, що можуть бути досліджувані цим способом. Крім того це уможливило його застосування у дослідженні подвійного променезаломлення в матеріалах у формі тонких плівок, - в також в приповерхневих шарах.

Означені можливості запропонованого способу забезпечуються тим, що у його складі поєднуються додаткові особливості оптичної схеми, подвійне проходження світлового потоку через зразок та модуляція поляризації світла.

Оптична схема зображена на фіг.1, де 1 - джерело поляризованого світла, 2 - світлоділ'ник, 3 - зразок, 4 - фотодетектор, 5 - аналізатор, 6 - модулятор поляризації, 7 - фазова пластинка.

Джерелом світла 1 служить пристрій, у якого поляризація забезпечується конструктивною властивістю (лазер), або використанням поляризатора (монохроматор із лампою розжарення, світлодіод і т.інш.). Світло із лінійною або циркулярною поляризацією надходить від джерела 1 на світлоділ'ник 2, яким розділяється на два світлових потоки. На шляху першого із них розташовано зразок 3. Світловий потік після відбиття від його задньої поверхні та розповсюдження у зворотньому напрямку спрямовується світлоділ'ником 2 на модулятор поляризації 6 і детектор 4. Другий світловий потік розповсюджується до анізотропного відзеркалювача 7 та після відбиття від нього суміщується світлоділ'ником 2 із першим потоком.

Суть способу дослідження та вимірювання величини подвійного променезаломлення полягає у тому, що на місце зразка 3 встановлюють еталонний зразок та обертанням фазової пластинки 7 навколо оптичної осі доводять сигнал на детекторі 4 до мінімального сигналу (рівень нульового сигналу).

Еталонним зразком може бути відзеркалююча поверхня із ізотропними діелектричними властивостями, або поверхня із такою величиною анізотропії, що набагато менша анізотропії досліджуваного зразка, наприклад металеве дзеркало. Після цього еталонний зразок замінюють досліджуваним зразком, а із величини сигналу на детекторі, що перевищує рівень нульового сигналу, визначають величину подвійного променезаломлення матеріалу.

Необхідність у такій процедурі зумовлена тим, що поляризоване світло змінює свій стан, який у даному випадку є мірою двоприменезаломлення зразка, внаслідок деяких інших причин, не пов'язаних із зразком. Так світло при розповсюдженні через елементи оптичної системи (лінзи, вікна, світлоділ'ник та інш.) за рахунок їх оптичної недосконалості або падіння під кутом змінює свій стан поляризації відносно початкового. Це є причиною появи на детекторі сигналу, який може перевершувати сигнал від досліджуваного ефекту.

У другому варіанті завдання підвищення виявничої здатності способу вимірювання подвійного променезаломлення вирішується завдяки застосуванню компенсаційної пластинки в оптичній схемі, зображений на фіг.2, де позначено: 1 - джерело поляризованого випромінювання, 2 - світлоділ'ник, 3 - зразок, 4 - фотодетектор, 5 - аналізатор, 6 - модулятор поляризації, 7 - компенсатор.

Поляризоване лінійно чи циркулярно випромінювання із джерела 1 через світлоділ'ник 2 направляють на

зразок 3 і після проходження його і відбиття у зворотному напрямку спрямовують світлоділником на модулятор 6 і детектор 4. На шляху світла розташовують компенсатор 7, обертанням якого виставляють рівень нульового сигналу на детекторі, коли на місці зразка знаходиться еталон. Після його заміни досліджуваним зразком із величини сигналу на детекторі, що перевищує рівень нульового сигналу, визначають величину подвійного променезаломлення досліджуваного зразка.

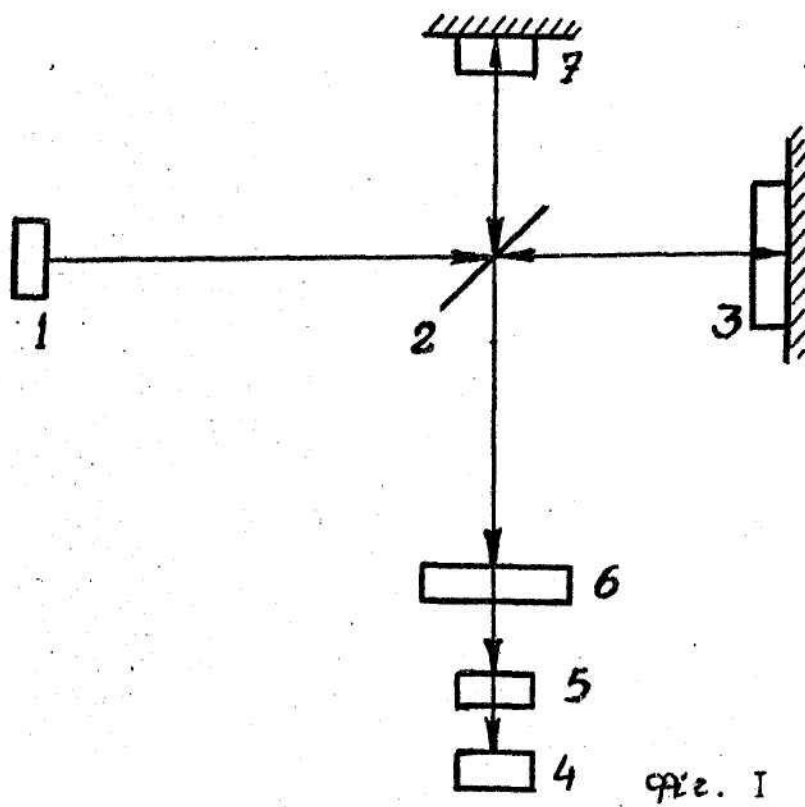
У запропонованому способі вимірювання подвійного променезаломлення отримано підвищення чутливості до рекордних значень за рахунок компенсації пошкодження стану поляризації, що є обмежувальною обставиною у відомих способах, і знаходиться на рівні 2×10^{-6} . Тому запропонований спосіб вимірювання подвійного променезаломлення дає підстави для розробки вимірювальних пристроїв з підвищеною чутливістю до анізотропії діелектричних властивостей. Ця анізотропія виникає в матеріалах в результаті різних зовнішніх фізичних дій: одновісне зусилля, електромагнітні поля та ін., тому її дослідження та вимірювання є джерелом інформації про зовнішні поля. Зокрема, з'являються нові можливості у дослідженні ефекту фртопружності, у якому подвійне променезаломлення зумовлено одновісною пружною деформацією. Наприклад, із допомогою пристрою для фотоелектричної реєстрації механічної напруги, що побудовано із використанням запропонованого способу, стає можливим виявляти у зразках із напівпровідникових кристалів механічні напруження такої величини, які зумовлені їх власною вагою.

Однак механічні напруги можуть бути досить великими як у кристалах, що підлягають обробці, так і в тих, що пройшла? деякі технологічні процеси у виробництві напівпровідникової електроніки. При цьому їх величини можуть досягати таких значень, що призводять не тільки до зміни геометричної форми кристалу, але і до зниження надійності виготовлених приладів. Тому діагностика механічної напруги у напівпровідникових кристалах на основі запропонованого способу може стати операцією контролю не тільки кристалів, але і тих процесів, якими вони обробляються.

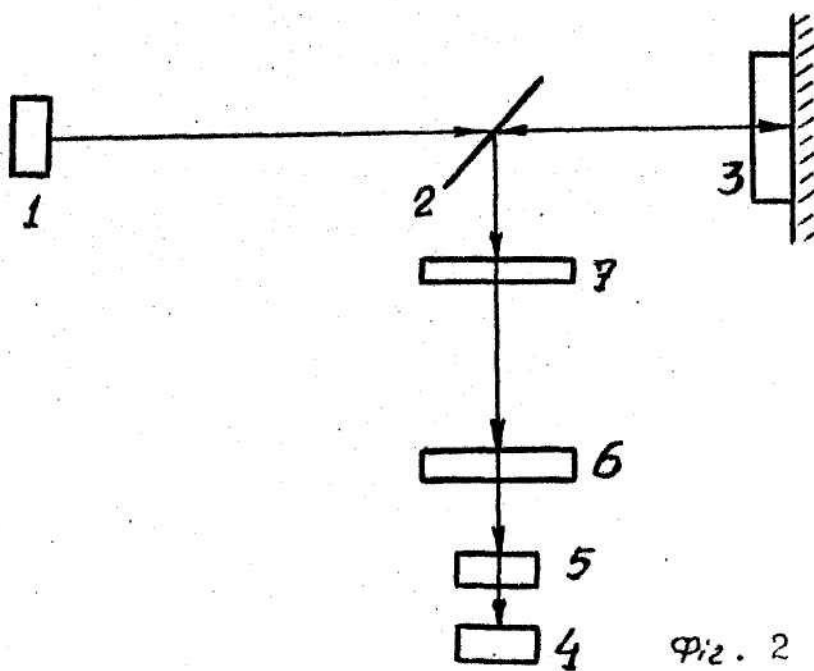
Приклади. Експериментальний варіант оптичної схеми було виконано із застосуванням гелій-неонового лазера ЛГ-126, у якого випромінювання на довжині хвилі 1,15 мкм має малий коефіцієнт поглинання у досліджуваних зразках кремнію, а саме випромінювання має лінійну поляризацію у вихідному стані. Анізотропний відзеркалювач 7 складається із металевого дзеркала та фазової пластинки. Аналіз стану поляризації випромінювання виконується модулятором 6 та поляризатором 5, а фотодетектором використано фотодіод ФД-7.

Розташування модулятора можливе двома варіантами: між джерелом поляризованого світла 1 та світлоділником 2, або між світлоділником 2 та поляризатором 5. Залежно від місцезнаходження модулятора в оптичній схемі та початкового стану поляризації світла - лінійного чи циркулярного сигнал на детекторі має частоту збудження модулятора, або подвійну частоту. Таким чином, із урахуванням двох типів поляризації та двох варіантів розташування модулятора оптична схема може бути реалізована чотирма варіантами, що принципово не відрізняються один від одного.

У всіх визначених варіантах оптичної схеми у запропонованому способі вимірювання величини подвійного променезаломлення досягнута чутливість 2×10^{-6} .



Фиг. 1



Фиг. 2