



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40763 (13) A

(51) 7 G01N21/23, 29/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В КРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛАХ

(21) 99074315

(22) 27.07.1999

(24) 15.08.2001

(46) 15.08.2001, Бюл. № 7, 2001 р.

(72) Мигаль Валерій Павлович, Чугай Олег Миколаєвич, Клименко Ігор Андрійович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. М.Е. ЖУКОВСЬКОГО "ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) 1. Спосіб визначення залишкових напружень в кристалічних матеріалах шляхом оптико-поляризаційних вимірювань в кристалічних зразках, який відрізняється тим, що в зразках правильної геометричної форми збуджують низькочастотні сильні власні коливання, вимірюючи при цьому їх частоти і амплітуди, та фотографують їх оптико-поляризаційні голограми і вимірюють локальний зсув нейтральних вузлових ліній на голограмах, який про-

порційний величині залишкового напруження у відповідній області об'єкта, а з отриманого спектра власних коливань визначають середнє відносне відхилення частот від відповідних частот еталонного зразка, величина якого пропорційна рівню залишкових напружень.

2. Спосіб по п. 1, який відрізняється тим, що в ньому після визначення рівня залишкових напружень збуджують високочастотні власні коливання зразка та з їх оптико-поляризаційних топограм визначають межі областей з меншим оптичним контрастом вузлових ліній, які є дисипаційними областями матеріалу.

3. Спосіб по п. 1, який відрізняється тим, що в ньому шляхом виявлення якісно нових топограм пружних коливань та визначення закономірностей розподілу їх в спектрі пружних коливань виявляють набори пов'язаних між собою частот.

Винахід відноситься до оптичного приладобудування та матеріалознавства. Спосіб також може використовуватись в напівпровідниковому приладобудуванні.

Відомі способи визначення залишкових напружень, в основу яких покладено вимірювання подвійного променезаломлення (Меланхолин Н.М. Методы исследования оптических свойств кристаллов. - М., Наука, 1970, с. 138-141), або діелектричної проникності (Мигаль В.П., Ульянов В.А., Чугай О.Н. Способ определения остаточных напряжений / А.С. № 164905, 1989 г.).

Однак їм притаманні такі недоліки: 1) необхідність додаткового пристрою-компенсатора подвійного заломлення; 2) неможливість візуалізації розподілу залишкових напружень в кристалічних зразках великих розмірів; 3) трудомісткість при визначенні радіальних напружень першого роду (термопластичних напружень); 4) неможливість визначення рівня залишкових напружень.

Найбільш близьким за технічним змістом є спосіб визначення залишкових напружень оптико-поляризаційним методом, в якому в ролі компенсатора використовується набір прозорих механічно напружених пластин (Комарь В.К., Мигаль В.П. і др. Способ определения остаточных напряжений в

объектах, А.С. № 1534341 от 14.09.1987 г.). В поляризованому світлі в компенсаторі спостерігаються нейтральні смуги, що відповідають ненапруженим (нейтральним) областям пластин. Наявність в досліджуваному матеріалі залишкових напружень приводить до зміщення цих смуг, величина якого пропорційна величині механічного напруження. Крім вказаних вище, даному способу також притаманні такі недоліки: 1) значні витрати часу, зумовлені необхідністю попередньої калібровки компенсатора та повернення зразка чотири рази на кут 45° при вимірюванні. 2) Візуалізуються та визначаються лише локальні залишкові напруження. 3) Неможливість визначення областей дисипації пружної енергії в кристалічних об'єктах. 4) Визначаються залишкові напруження тільки певного типу.

В основу винаходу покладено задачу розширення функціональних можливостей відомого способу шляхом: а) візуалізації розподілу пружного поля неоднорідностей різного типу; б) визначення рівня залишкових напружень; в) візуалізації областей з підвищеним рівнем дисипації пружної енергії; г) визначення макроскопічної впорядкованості дефектно-структурного ансамблю.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення залишкових напружень в крис-

талічних матеріалах шляхом оптико-поляризаційних вимірювань в кристалічних зразках правильної геометричної форми збуджують низькочастотні сильні власні коливання, вимірюючи при цьому їх частоти, амплітуди, та фотографують їх оптико-поляризаційні топограми та вимірюють локальний зсув нейтральних (вузлових) ліній, який пропорційний величині залишкового напруження у відповідній області об'єкта. З отриманого спектру власних коливань визначають середнє відносне відхилення частот від відповідних частот еталонного зразка. Величина відхилення пропорційна рівню залишкових напружень. Далі збуджують високочастотні власні коливання зразка та вимірюють їх амплітуду, частоту і фотографують їх оптико-поляризаційні топограми, з яких визначають межі областей з меншим контрастом вузлових ліній, які є дисипаційними областями матеріалу. Шляхом ідентифікації за допомогою топограм якісно нових пружних коливань та визначення закономірностей їх розподілу в спектрі виявляють набори пов'язаних між собою частот. Вони відображають особливості розповсюдження пружних хвиль в кристалах, що містять макроскопічну впорядкованість дефектно-структурного ансамблю, а також успадкованого при рості напружено-деформованого стану кристалічного матеріалу.

На відміну від відомого способу, обраного за прототип, в пропонуємому способі визначення залишкових напружень в ролі компенсатора подвійного заломлення використовують не напружений стан пластин, а пружне поле, що створює власні коливання досліджуваного зразка, яке відіграє роль компенсатора. При цьому залишкові напруження обумовлюють зсув вузлових ліній на топограмі, а не в компенсаторі. Тобто нема потреби в використанні компенсатора, його калібровці. Крім цього, зміщення частот власних коливань відносно еталонного зразка такої ж форми та розмірів дозволяє визначити рівень залишкових напружень. Нарешті за рахунок збудження різних типів власних коливань в низько та високо частотних областях спектру отримується додаткова інформація: а) про розподіл дисипаційних областей в кристалі, б) про тип НДС, успадкованого при рості, а також про наявність макроскопічної впорядкованості дефектів структури – носіїв деформації.

На фігурах зображено: Фіг. 1 - блок-схема пристрою для визначення залишкових напружень де 1 – джерело світла, 2 – конденсор, 3 – поляризатор, 4 – зразок, 5 – кристалотримач, 6 – аналізатор, 7 – фотоапарат, 8 – генератор, 9 – частотомір, 10 – підсилювач з індикатором, 11 – змінна ємність, 12 – резистор. Фіг. 2 - оптико-поляризаційна топограма коливань диску, що містить залишкові напруження. Фіг. 3 - спектр власних коливань зразка (суцільні лінії) і еталонного зразка (штрихові лінії). Фіг. 4 - оптико-поляризаційна топограма зразка, що містить дисипаційну область. Фіг. 5 - оптико-поляризаційна топограма диску, що містить двійники.

Спосіб здійснюється при кімнатній температурі та нормальному атмосферному тиску на установці, блок-схема якої зображена на фіг. 1. Для цього світло від джерела 1 проходить крізь систему: конденсор 2, поляризатор 3, досліджуванний зразок 4, поміщений в кристалотримач 5,

схрещений до поляризатора 3 аналізатор 6 та фокусується на плівку фотоапарату 7. На прозорі електроди кристалотримача 5, що з'єднані послідовно зі змінною ємністю 11 та з генератором 8, та паралельно з частотоміром 9 та резистором 12, підсилювачем з індикатором 10, подається змінна напруга, величина та частота якої встановлюються експериментально.

Для візуалізації пружного поля ростових неоднорідностей в способі виконуються наступні операції: а) зразок 4 поміщується в кристалотримач 5, який знаходиться між схрещеними поляризаторами 3 і аналізатором 6; б) вмикають генератор змінної напруги 8 і повільно змінюють частоту, яку фіксують в момент збудження власних коливань в зразку та вимірюють амплітуду і частоту, підвищуючи величину напруги до отримання контрастної картини розподілу подвійного променезаломлення, індукованого пружними коливаннями, тобто отримують оптико-поляризаційну топограму, фотографують її фотоапаратом 7, подібним чином отримують топограми та параметри інших власних коливань; в) вимірюють локальний зсув нейтральних вузлових ліній на фотографіях топограм, який пропорційний величині залишкового напруження у відповідній області об'єкта (див. фіг. 2. Зсув нейтральної лінії вказаний стрілкою).

Для визначення рівня залишкових напружень в способі, в якому при зміні частоти напруги фіксують момент збудження власних коливань в зразку, тобто коли амплітудне значення напруги на резисторі 12 досягне максимального значення. При цьому вимірюють амплітуду та частоту коливань. Таким чином вимірюють спектр власних коливань диску (див. Фіг. 3), який порівнюють з еталонним спектром, визначаючи при цьому середнє відхилення частот власних коливань досліджуваного зразка. Останнє пропорційне кореню квадратному від рівня залишкових напружень.

Для візуалізації областей з підвищеним рівнем дисипації пружної енергії в способі частоту змінної напруги збільшують до появи топограм високих гармонік, які фотографують. На топограмах визначають області з меншим контрастом вузлових ліній (можливі випадки відсутності вузлових ліній в певних областях об'єкта), які є дисипаційними областями об'єкта (див. фіг. 4 - на малюнку область підвищеної дисипації виділена пунктирною лінією).

Для визначення макроскопічної впорядкованості дефектно-структурного ансамблю виявляють якісно нові коливання. Для цього використовують оптико-поляризаційні топограми, отримані за способом по п. 1. Частоти та амплітуди цих коливань порівнюють з оптико-поляризаційними топограмами та спектром еталонного зразка, визначаючи з них тип дефектів структури, що просторово впорядковані. Амплітуда найсильнішого з таких коливань віднесена до амплітуди найсильнішого основного коливання, є кількісною характеристикою макроскопічної впорядкованості дефектно-структурного ансамблю. На фіг. 5 приведена топограма коливань, вид якої свідчить про наявність обертаня (картина має вісь симетрії 6-го порядку). Відношення амплітуди цього коливання до найбільш сильного складає 0,2.

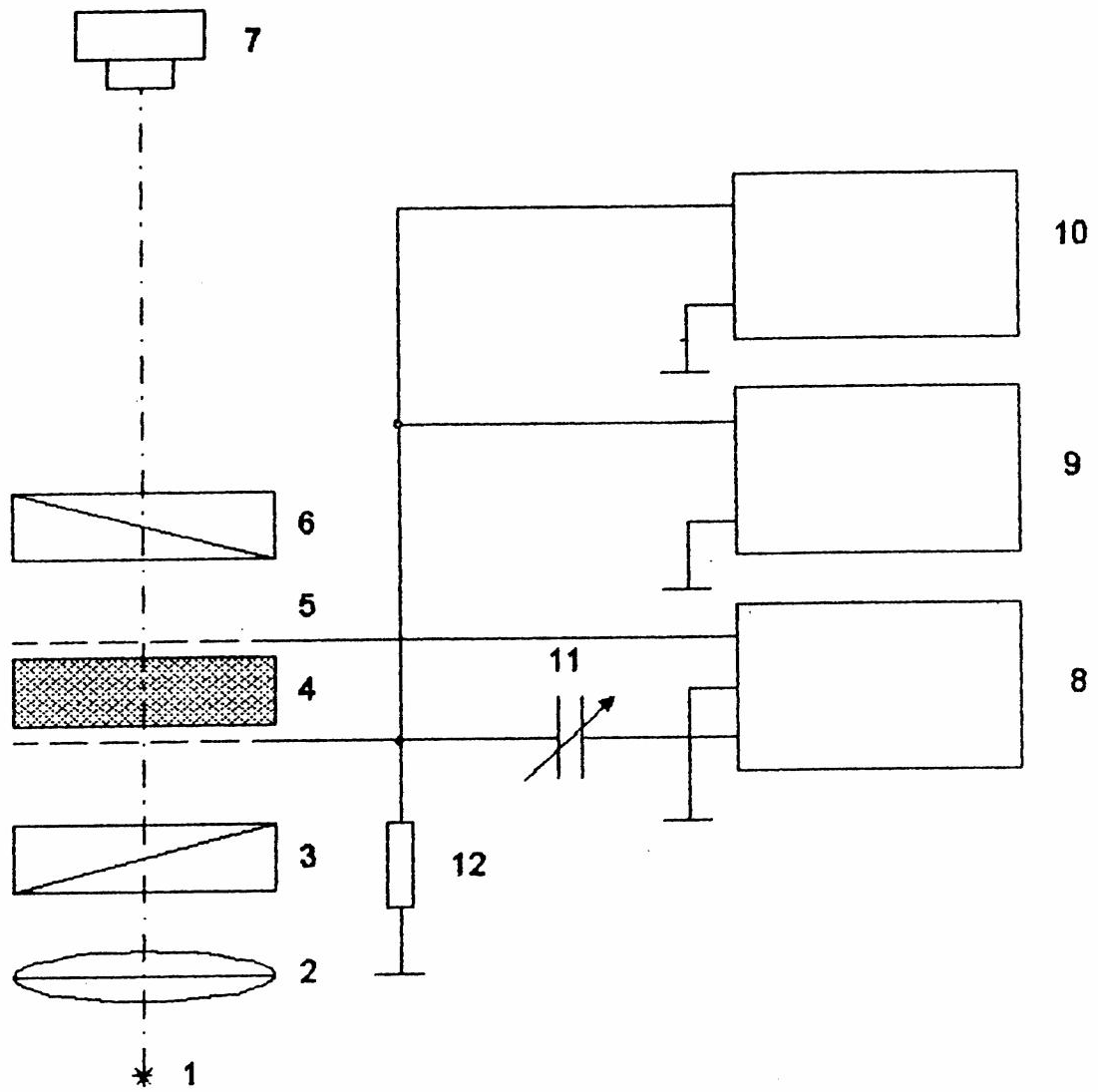


Fig. 1

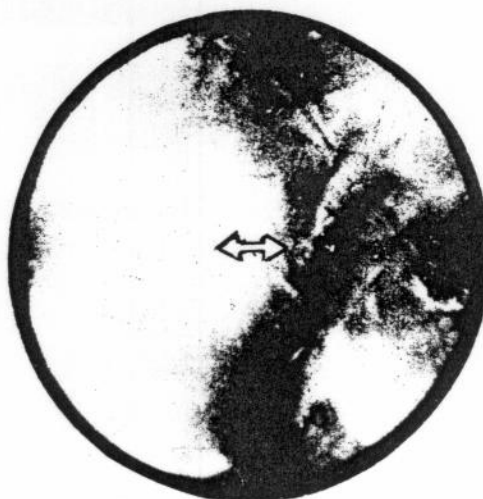
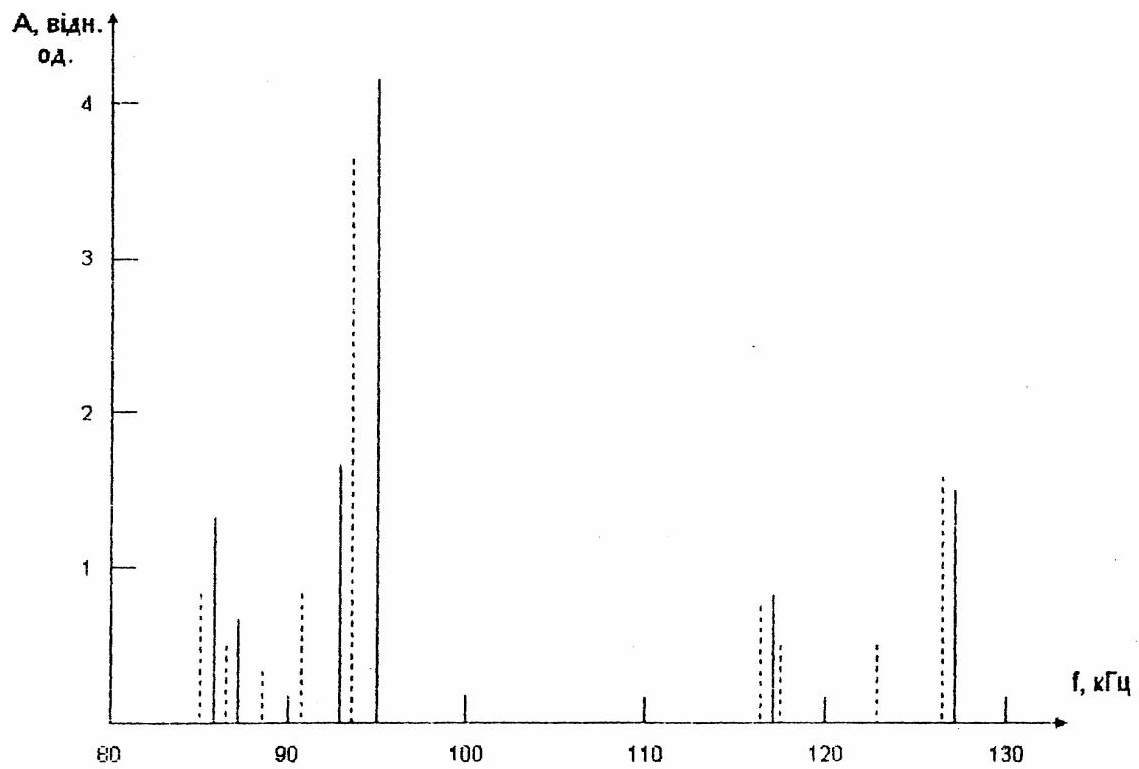
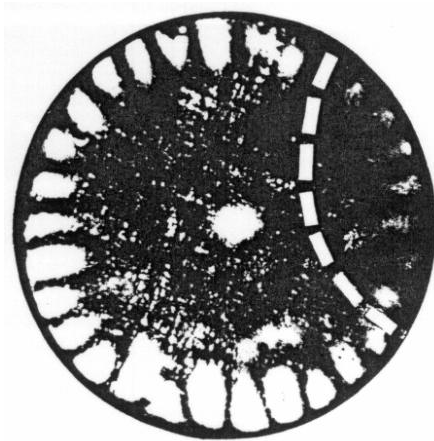


Fig. 2



Фіг. 3



Фіг. 4



Фіг. 5

Тираж 50 екз.

Відкрите акціонерне товариство «Патент»
Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
(03122) 3 – 72 – 89 (03122) 2 – 57 – 03