



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **92486**

(13) **U**

(51) МПК

**G01N 25/18** (2006.01)

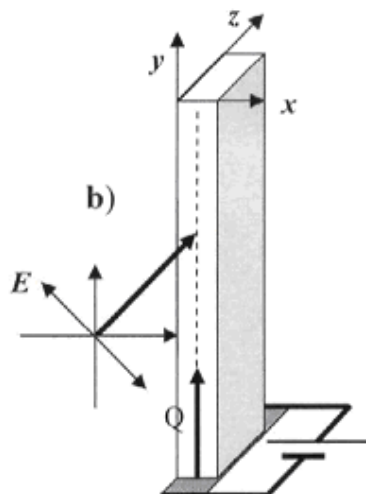
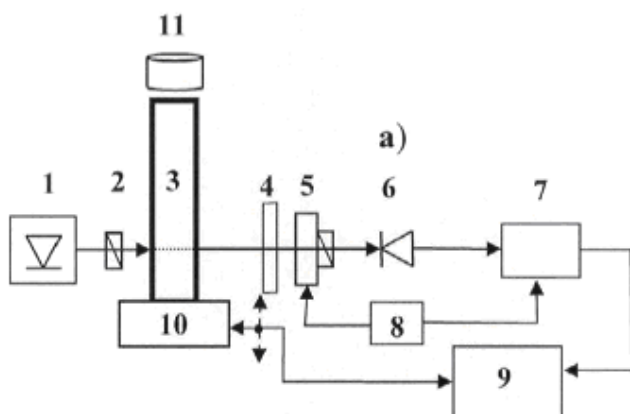
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	<b>u 2013 14235</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Мінайлова Ірина Анатоліївна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>06.12.2013</b>	(73) Власник(и):	<b>Мінайлова Ірина Анатоліївна,</b> вул. Нижньоюрківська, 13, кв. 7, м. Київ, 04080 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	<b>26.08.2014</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>26.08.2014, Бюл.№ 16</b>		

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕМПЕРАТУРОПРОВІДНОСТІ ТВЕРДИХ ТІЛ

### (57) Реферат:

Пристрій для визначення коефіцієнта температуропровідності твердих тіл, включає джерело нагріву досліджуваного зразка, вимірювач температури, фокусуючу лінзу, фотоприймач та ЦАП. В пристрої використовується частково поляризоване випромінювання, та включає в порядку його розповсюдження лінійний поляризатор, компенсаційну фазову пластинку, модулятор поляризації, аналізатор та фотодетектор, що з'єднаний із селективним підсилювачем.



UA 92486 U



Запропонована корисна модель належить до області теплових вимірів і може бути використана при дослідженні, визначенні і контролі коефіцієнта температуропровідності в напівпровідникових кристалах та взагалі у твердих тілах при виробництві електронних приладів.

За аналог взято винахід, в якому зразок поміщається між двома буферними елементами, виготовленими із матеріалу з відомими теплофізичними характеристиками, в яких розташовані нагрівач і датчики температури [1]. Після однократної імпульсної теплової дії на зразок точковим джерелом тепла, сигнали датчиків температури через аналого-цифровий перетворювач передаються в комп'ютер, де будується динамічна картина поширення теплової хвилі в матеріалі і обчислюються коефіцієнти теплопровідності і температуропровідності.

Перевагою даного пристрою є те, що він дозволяє вимірювати коефіцієнти теплопровідності і температуропровідності анізотропних і ізотропних матеріалів залежно від напрямку теплового потоку.

Недоліками даного пристрою є те, що визначення коефіцієнта температуропровідності здійснюється контактним способом, при якому додатково вносяться похибки в результати вимірювань.

Найбільш близьким технічним рішенням, прийнятим за прототип, є пристрій для визначення коефіцієнта температуропровідності твердих матеріалів [2], який полягає в тому, що пристрій містить оптичне імпульсне джерело нагріву зразка, що досліджується, формувач імпульсу початку нагріву, вимірювач температури, вимірювач часового інтервалу, що досліджується, квадратичний підсилювач, множувально-ділильний цифроаналоговий перетворювач (ЦАП), індикатор. Тепловий потік від зразка, що досліджується, поступає на вимірювач температури. При досягненні максимуму похідної температури цифровий код, який відображає час процесу теплопередачі, поступає на вхід множувально-ділильного цифроаналогового перетворювача (РДЦАП). На аналоговий вхід РДЦАП поступає сигнал, який є пропорціональним товщині зразка, що досліджується. На виході РДЦАП утворюється значення коефіцієнта температуропровідності досліджуваного зразка, яке відображається індикатором.

Перевагою прототипу є те, що пристрій дозволяє скоротити час виміру.

Недоліком прототипу є ненадійність конструкції пристрою, пов'язана з великою кількістю функціональних елементів.

Задачею запропонованої корисної моделі є розробка пристрою для визначення коефіцієнта температуропровідності напівпровідникових кристалів і твердих тіл при нестационарному тепловому режимі, підвищення точності визначення коефіцієнта температуропровідності і спрощення конструкції для проведення вимірів.

Поставлена задача вирішується тим, що пропонується пристрій для визначення коефіцієнта температуропровідності твердих тіл, що включає джерело нагріву досліджуваного зразка, вимірювач температури, фокусуючу лінзу, фотоприймач та ЦАП, який відрізняється тим, що у ньому використовується частково поляризоване випромінювання та включає в порядку його розповсюдження лінійний поляризатор, компенсаційну фазову пластинку, модулятор поляризації, аналізатор та фотодетектор, що з'єднаний із селективним підсилювачем.

Позитивний ефект запропонованої корисної моделі полягає в тому, що пристрій дозволяє визначати коефіцієнт температуропровідності напівпровідникових кристалів і твердих тіл безконтактним методом за величиною зміни циркулярної компоненти поляризованого випромінювання під впливом зовнішніх чинників. Висока чутливість пристрою з використанням методу модуляції поляризації електромагнітного випромінювання дозволяє реєструвати різницю фаз лінійних ортогональних компонент

$\Delta \cong 2\pi \cdot 10^{-6}$  рад, що становить приблизно 1, а достатньо простий вид аналітичних виразів дозволяє швидко обробляти експериментальні дані.

Приклад. Було розроблено пристрій, у якому джерелом випромінювання є лазерний світлодіод (1) з довжиною хвилі  $\lambda = 650$  нм і низьким рівнем оптичного шуму. Роль лінійного поляризатора (2) полягає, в основному, в "очищенні" випромінювання від циркулярної і неполяризованої компоненти. Необхідність в цій процедурі полягає в тому, що випромінювання, яке було в початковому стані лінійно поляризованим (на виході з лінійного поляризатора), при поширенні крізь зразок (3) перетворюється частково в циркулярно поляризоване. Величина цієї частини визначається мірою анізотропії, яка описується співвідношенням

$\Delta\varphi = \varphi_x - \varphi_y = \frac{2\pi}{\lambda} d(n_x - n_y)$ . Тут  $\varphi$  - різниця фаз ортогональних лінійних компонент випромінювання на виході із зразка товщиною  $d$ , а  $(n_x - n_y)$  - показники заломлення матеріалу зразка, залежні від величини і знака деформації у напрямку відповідних осей,  $\lambda$  - довжина хвилі випромінювання.

Припустимо, що лінійно поляризована хвиля поширюється у напрямі осі  $z$ , а азимут її поля

$\vec{E}_{\text{вх}}$  займає положення між осями  $x$  та  $y$  під кутом  $45^\circ$  до кожної із них. У цьому випадку вектор електричного поля хвилі має підстави бути розкладеним на дві компоненти  $E_x$  та  $E_y$ . Отже, вісь поляризатора і поля хвилі  $\vec{E}$  повинні складати певний кут відносно осей оптичної індикатрис (поверхні Фермі) зразка, що досліджується, при якому лінійно поляризоване випромінювання оптимальним чином перетвориться в циркулярне. Азимут електричного поля  $\vec{E}$  хвилі в початковому етапі доречно встановлювати під кутом  $45^\circ$  відносно оптичної осі зразка так, що  $E_x = E_y$ . В цьому випадку при досягненні з якої-небудь причини величини анізотропії  $\Delta\varphi = \varphi_x - \varphi_y = 90^\circ$  усе випромінювання стає циркулярно поляризованим, а зразок набуває властивості фазової чвертьхвильової пластинки.

Модулятор поляризації (5) під впливом одноосової деформації стиснення-розтягнення стає фазовою пластинкою зі змінним фазовим зсувом.

Сигнал фотодетектора (6) від загального випадку еліптично поляризованого випромінювання може бути розкладений на лінійну і циркулярну складові. Циркулярно і лінійно поляризовані випромінювання генерують змінні сигнали фотодетектора на частоті резонатора і на подвоєній відповідно. Змінний у часі сигнал, пов'язаний з поляризованою компонентою відділявся від загального сигналу фотодетектора селективним lock-in-нанольтметром (7), що живиться від джерела струму (8). На частоті модуляції реєструвався сигнал фотодетектора, що визначався величиною і знаком циркулярної компоненти випромінювання  $V$ , зв'язок якого з величиною оптичної анізотропії зразка (в лінійному випадку з механічним напруженням, який має місце при  $\varphi \ll 1$ ) має вигляд  $I_V = I_0 \sin(\varphi) \sin(\omega t)$ , де

$$\varphi = \varphi_x = \frac{2\pi}{\lambda} d(n_x - n_y).$$

Вимірювалася величина подвійного променезаломлення як функція координати зразка уздовж напрямку теплового потоку в характерні моменти часу його розповсюдження та розподіл функції температури у часі в певній точці зразка та подавалася на комп'ютер (9). Тепловий потік у зразку створювався за допомогою контактного нагрівача (10) або радіаційного випромінювання (11). Із першої похідної функції температурної залежності визначимо величину градієнта температури  $\frac{dT}{dt}$ . А із рівняння теплопровідності - коефіцієнт температуропровідності:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (1)$$

де  $T$  - потенціал, пов'язаний з координатною функцією температури,  $x$  координата,  $a$  - коефіцієнт температуропровідності,  $t$  - координата часу.

Розроблений пристрій з технікою модуляції поляризації має дуже високу виявну здатність відносно величини термопружності, що дозволяє визначати коефіцієнт температуропровідності твердих тіл в умовах незначного перепаду температури ( $\Delta T \approx 1\text{K}$ ).

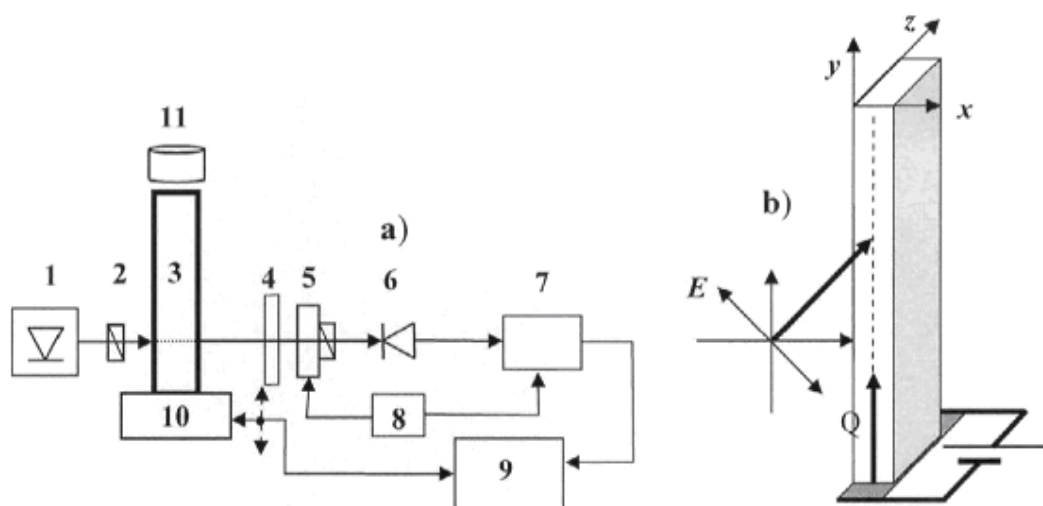
Джерела інформації:

1. Дударев Р.В., Кротов А.С., Старцев О.В., Шатохин А.С. Способ определения теплофизических характеристик анизотропных материалов и устройство, его реализующее. Патент РФ № 2248562. Бюл. № 8 от 20.03.2005.

2. Вавилов В.П., Иванов А.И., Ширяев В.В. Устройство для определения коэффициента температуропроводности твёрдых материалов. Авторское свидетельство СССР № 4270805/31-10. Бюл. № 10 от 15.03.89.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для визначення коефіцієнта температуропровідності твердих тіл, що включає джерело нагріву досліджуваного зразка, вимірювач температури, фокусуючу лінзу, фотоприймач та ЦАП, який відрізняється тим, що у ньому використовується частково поляризоване випромінювання, та включає в порядку його розповсюдження лінійний поляризатор, компенсаційну фазову пластинку, модулятор поляризації, аналізатор та фотодетектор, що з'єднаний із селективним підсилювачем.



Комп'ютерна верстка С. Чулій

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601