



УКРАЇНА

(19) UA (11) 26874 (13) U  
(51) МПК (2006)  
G01N 29/04МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) ПРИСТРІЙ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ

1

2

(21) u200705821

(22) 25.05.2007

(24) 10.10.2007

(72) ТИМЧИК ТАРАС ГРИГОРОВИЧ, UA,  
ШЕВЧЕНКО ВАДИМ ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ  
ІНСТИТУТ", UA

(56)

(57) Пристрій ультразвукового контролю шорсткості поверхні, що містить випромінювальну голівку ультразвукових коливань, генератор імпульсів ультразвукових коливань, підсилювач електричних сигналів, вихід якого підключено до входу реєструвального приладу, який **відрізняється** тим, що у пристрій додатково введено оптичну систему, яка містить послідовно розташовані на одній оптичній осі лазер,

розширювач світлового пучка, фур'є-об'єктив, світлоділильну пластину, приймальну голівку ультразвукових коливань, яка виконана у вигляді акустичного модулятора з рідиною, всередині якого розташовані контрольований об'єкт і випромінювальна голівка ультразвукових коливань, яка з'єднана з генератором імпульсів ультразвукових коливань, при цьому вихідне вікно акустичного модулятора розташовано в передній фокальній площині другого фур'є-об'єктива, другої світлоділильної пластини, двох плоских відбиваючих дзеркал, встановлених між світлоділильними пластинами на паралельній оптичній осі, а в задній фокальній площині другого фур'є-об'єктива розташовано фотоприймач, підключений до підсилювача електричних сигналів.

Корисна модель відноситься до області контролю матеріалів неруйнівними методами і може бути використано для вимірювання шорсткості поверхні виробу.

Відомо пристрій для контролю шорсткості поверхні (а.с. СССР №706695 М.кл. G 01B 10/30 від 1980р.), котрий має послідовно розташовані джерело світла, світлоділильний елемент і реєстраційну систему. В якому шорсткість поверхні встановлюють по інтенсивності відбитого світлового потоку.

Недоліком цього пристрою є неможливість його використання в випадку його змочування чи знаходження поверхонь в рідкому середовищі. В якості прототипу вибрано пристрій реалізуючий ультразвуковий спосіб контролю шорсткості поверхні виробу (а.с. СССР №373612 М.кл. G 01 №29/04 від 1973р.). Відомий пристрій містить випромінюючу голівку ультразвукових коливань, генератор імпульсів ультразвукових коливань, електронну систему обробки сигналів в тому числі підсилювач електричних сигналів, прилад, що реєструє. Принцип роботи цього пристрою полягає в випромінюванні на контрольовану поверхню

імпульсів ультразвукових коливань, прийняті та вимірювані амплітуди відбитих від неї коливань.

Недоліком цього пристрою є невисока точність вимірювань та низький показник контролю із-за використання п'єзoeлектричних прийемних голівок ультразвукових коливань, складної електронної системи передачі і обробки електричних сигналів. Ще одним недоліком пристрою є те, що обробка сигналу виробляється повільно, в наслідок цього низька продуктивність приладу.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення відомого пристрою шляхом введення оптичної системи, що забезпечує підвищення точності.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої ультразвукового контролю шорсткості поверхні, що містить випромінюючу голівку ультразвукових коливань, генератор імпульсів ультразвукових коливань, підсилювач електричних сигналів вихід якого підключено до приладу, що реєструє, новим є те, що у пристрій додатково введено оптичну систему, яка містить послідовно розташовані на одній оптичній осі лазер, розширювач світлового пучка, фур'є-об'єктив, світлоділильну пластину, приймальна голівку

(13) U

(11) 26874

(19) UA

ультразвукових коливань, яка виконана у вигляді акустичного модулятора з рідиною, в середині якого розташовано об'єкт, що контролюється, і випромінююча голівка, ультразвукових коливань яка зв'язана з генератором імпульсів ультразвукових коливань, при цьому вихідне вікно акустичного модулятора розташовано в передній фокальній площині другого Фур'є-об'єктива, другої світлоділильної пластини, двох плоских відбиваючих дзеркал, встановлених між світлоділильними пластинами на паралельній оптичній осі, а в задній фокальній площині другого Фур'є-об'єктива розташовано фотоприймач, підключений до підсилювача електричних сигналів. На кресленні зображено схему запропонованого пристрою.

Пристрій ультразвукового контролю шорсткості поверхні складається: лазер 1, розширювач 2. Розширювач 2 представляє собою телескопічну систему Кеплера, перетворюючи вузький пучок світла в паралельний пучок великого діаметра. За розширювачем 2 розташована світло ділильна пластина 3, приймальна голівка УЗК, виконана в вигляді рідинного акустичного модулятора 4. В середині акустичного модулятора 4 знаходиться об'єкт, що контролюється 5, і випромінююча голівка 6 ультразвукових коливань. Робоча частина випромінюючої голівки 6 являється п'єзоелемент із кераміки ЦТС-19, котрий підключений до генератора ультразвукових коливань 7 виду  $g(t)$ . Вихідне вікно акустичного модулятора 4 знаходиться в передній фокальній площині Фур'є-об'єктива 8. Фур'є-об'єктив 8 виглядає як тонка позитивна лінза, призначену для перетворення Фур'є комплексного світлового поля в площині вихідного вікна акустичного модулятора 4. За Фур'є-об'єктивом 8 знаходиться світло ділильна пластина 9, а на паралельній оптичній вісі між світлоділильними пластинами 3 і 9 встановлені два плоских відбиваючих дзеркала 10 і 11. В задній фокальній площині Фур'є-об'єктива 8 розташований фотоприймач 12, підключений до входу підсилювача електричних сигналів 13, вихід якого підключено до входу приладу, що реєструє 14, цифрового індикатору.

Суть роботи запропонованого пристрою полягає в наступному. Вихідний пучок випромінювання лазера 1, проходячи через розширювач 2, поділяється світлоділильною пластинкою 3 на дві частини. Одна частина світлового потоку направляється на вхідне вікно рідинного акустичного модулятора 4. Під дією відбитих від контролюемого об'єкта 5 ультразвукових коливань в робочому середовищі акустичного модулятора 4 виникають зміни показника заломлення, що обумовлює фазову модуляцію світлового випромінювання.

$$E = E_0 \exp(-j\omega t) \exp[-ja \cos(kx - \Omega t)] \quad (1)$$

де:  $E_0$  - амплітуда електронного вектора світлової хвилі;  $\Omega$  - кругова частота ультразвукових коливань;  $a$  - амплітуда фазової модуляції світла

$$a = k\Delta n_0 l \quad (2)$$

$k$  - хвильове число;  $\Delta n_0$  - амплітуда зміни показника середовища звукопровідна акустооптичного модулятора 4;  $l$  - глибина акустичного поля в напрямку розповсюдження світла.

Амплітуда зміни показника заломлення в зв'язку з інтенсивністю акустичної хвилі:

$$\Delta n_0 = -\frac{n^3}{2} p \sqrt{\frac{2I_a}{CV}} \quad (3)$$

де:  $I_a$  - інтенсивність акустичної хвилі;  $C$  - модуль пружності середовища звукопровідна;  $V$  - швидкість ультразвукових коливань в працюючому середовищі акустичного модулятора 4;  $p$  - жорсткооптична постійна по деформації. В площині вихідного вікна акустичного модулятора 4 формується дифракційний спектр з інтенсивністю максимуму першого порядку:

$$I_{+1} = I_0 \frac{\pi^2}{2} \left( \frac{I}{\rho V^3} \right) \left( \frac{n^3 p l}{\lambda} \right)^2, \quad (4)$$

де:  $I_{+1}$  - інтенсивність дифрагованого +1 порядку світла;  $I_0$  - інтенсивність недифрагованого світла;  $\rho$  - густина середовища звукопровідна;  $\lambda$  - довжина світлової хвилі.

В залежності від шорсткості поверхні контролюваного об'єкта 5, змінюється інтенсивність відбивних ультразвукових коливань, змінюється довжина взаємодії світлової і акустичної хвилі  $l$ ; внаслідок чого змінюється інтенсивність і форма дифракційної картини.

Фур'є-об'єктив 8 здійснює перетворення Фур'є отриманого дифракційного поля, формуючи в задній фокальній площині розподілення освітлення:

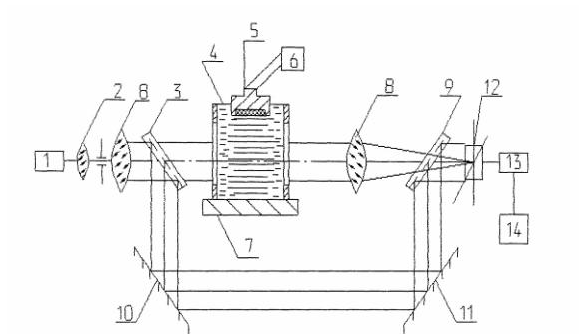
$$E(f_x, f_y) = \iint_{-\infty}^{\infty} E_0 \exp(-j\omega t) \exp[-ja \cos(kx - \Omega t)] \exp[-j2\pi(f_x x + f_y y)] dx dy$$

(5)

Для реєстрації амплітудно-фазового спектра на вхід фотоприймача 12 подається від світлоділильної пластини 3 плоскими дзеркалами 10 і 11 через світло ділильну пластину 9 опорний пучок випромінювання. Вихідний струм фотоприймача 12, пропорційний інтенсивності окремих компонентів спектра, поступає на вхід електронної системи 13 обробки сигналів, для котрої задано допустиме значення падіння інтенсивності світлового потоку, відключення від просторового розподілення комплексних амплітуд дифракційного спектру. Цифровий індикатор 14, управляється електронною системою 13, і показує величину шорсткості поверхні контролюемого об'єкта 5, в зручній формі.

В якості базового об'єкта для порівняння вибрано прототип. Перевагами запропонованого пристрою в порівнянні з базовим об'єктом є: підвищення надійності точності і швидкодії пристрою за рахунок використання оптичного здібності прийому і обробки ультразвукових коливань відбивних від поверхні, спрощення електронної системи збору і обробки інформації, точність вимірювань акустичного пристрою контролю вище на 30%, швидкодія запропонованого пристрою складає  $10^{-6}$  сек., що

підвищує виробництво пристрою ультразвукового контролю шорсткості поверхні в 10 раз.



Фиг.