



УКРАЇНА

(19) UA (11) 46059 (13) U
(51) МПК (2009)
G01B 9/021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ОТРИМАННЯ ТОПОГРАМ ПОВЕРХОНЬ ОБ'ЄКТІВ

1

2

(21) u200905540

(22) 01.06.2009

(24) 10.12.2009

(46) 10.12.2009, Бюл.№ 23, 2009 р.

(72) СМІНТИНА ВАЛЕНТИН АНДРІЙОВИЧ, ТЮРИН ОЛЕКСАНДР ВАЛЕНТИНОВИЧ, ПОПОВ АНДРІЙ ЮРІЙОВИЧ

(73) ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І. МЕЧНИКОВА

(57) Спосіб отримання топограм поверхонь об'єктів, який проводять методом двочастотної фазомодульованої спекл-інтерферометрії, що включає операції: освітлюють об'єкт когерентним випромінюванням, здійснюють просторове суміщення об'єктної спекл-хвилі та опорної хвилі, в площині су-

міщення реєструють інтенсивності сумарної хвилі, перед реєстрацією сумарної хвилі здійснюють просторову фільтрацію діафрагмою до зникнення регулярних інтерференційних смуг усередині усіх спеклів сумарної хвилі, реєструють набори спеклограм при дискретному змінюванні фази опорної хвилі від 0 до 2π , який відрізняється тим, що реєструють два набори спеклограм при двох різних довжинах хвилі (частотах) лазерного випромінювання, порівнюють одержані спеклограми, визначають зсув фази кожного спекла об'єктної хвилі відносно опорної хвилі з визначенням знака зміни фази та будують лінії рівного фазового зсуву, що є топографією об'єкта.

Корисна модель відноситься до вимірювальної техніки, голографічної та спекл-інтерферометрії та може використовуватися для отримання топограм поверхонь об'єктів складної форми, тобто для безконтактного визначення форми об'єктів з дифузно відбиваючою поверхнею та представлення її у цифровій формі,

Відомий спосіб отримання топограм дифузно відбиваючих поверхонь за допомогою двочастотного метода двохекспозиційної голографічної інтерферометрії, при якому поверхня об'єкту освітлюється когерентним пучком світла, реєструються 2 голограми поверхні об'єкту, кожна за допомогою випромінювання зі своєю довжиною хвилі (частотою) λ_1 та λ_2 , що відрізняються на $\Delta\lambda$. При цьому використовують або лазер зі змінною довжиною хвилі (двочастотний) або два лазера з різними довжинами хвилі випромінювання. При відновленні голографічного зображення використовують джерело випромінювання з однією довжиною хвилі (λ_1 чи λ_2), при цьому на голографічному зображенні об'єкта виникає система Інтерференційних площин, що перпендикулярні напрямку освітлення і являють собою топограму об'єкта. Відстань між найближчими інтерференційними площинами d (у перерахуванні на різницю ходу об'єктної та опор-

ної хвилі) дається виразом $d = \lambda_1 \lambda_2 / 2\Delta\lambda$. (див. Оптическая голография: Практические применения. Под ред. В.М.Гинзбург; Б.М.Степанова. Москва, "Советское радио", 1978г., 240с).

На відміну від інших способів, позитивною якістю даного способу є відсутність оптичного сканування поверхні об'єкту: Недоліком цього способу є необхідність запису голограм, що ускладнює, здорожує та сповільнює проведення вимірювання.

Найближчим до заявленого є "Спосіб фазомодульованої спекл - інтерферометрії! для вимірювання зміни фази об'єктної хвилі" (див. патент України "Спосіб фазомодульованої спекл-інтерферометрії для вимірювання зміни фази об'єктної хвилі", №80706, МПК7 G01B9/021, 25 жовтня 2007р., заявитель - Одеський національний університет імені І.І. Мечникова).

Відомий спосіб здійснюють таким чином.

Випромінювання від лазера крізь колімуючу систему спрямовують на об'єкт та дифузно розсіюючу поверхню. Відбита від дифузно розсіюючої поверхні опорна хвиля просторово суміщається з об'єктною спекл-хвилею, що сформована об'єктом, за допомогою напівпрозорого дзеркала. Діафрагма фільтрує сумарну хвилю, при цьому розмір діафрагми підбирається таким, щоб зникли регу-

(19) UA (11) 46059 (13) U

лярні інтерференційні смуги усередині усіх спеклів сумарної хвилі.

Просторовий розподіл інтенсивностей у спеклограмі реєструють за допомогою телекамери або фотоапарату. Для початкового стану об'єкта реєструють декілька спеклограм при різних значеннях фази опорної хвилі, яка змінюється від 0 до 2π за допомогою фазозсувного пристрою, наприклад п'єзокераміки. Порівнюючи між собою отримані спеклограми, визначають фазу кожного спекла об'єктної хвилі відносно опорної хвилі. Цю операцію повторюють для зміненої о стану об'єкта.

Порівнюючи між собою фази кожного із спеклів для початкового та зміненого стану об'єкта, визначають змінювання фази об'єктної хвилі, по котрим визначають деформації та переміщення дзеркально або дифузно відбиваючих поверхонь.

Даний спосіб обрано прототипом.

Прототип співпадає з пропонуємим способом в наявності спільних операцій:

- освітлюють об'єкт когерентним випромінюванням;
- здійснюють просторове суміщення двох когерентних світлових хвиль;
- здійснюють просторову фільтрацію сумарної хвилі за допомогою діафрагми;
- реєструють просторовий розподіл інтенсивностей сумарної світлової хвилі у площині суміщення.

Але відомий спосіб дає змогу вимірювати лише деформацію або переміщення поверхні об'єкту, але не визначити його форму, отримати топограму.

В основу корисної моделі поставлено задачу розробити спосіб отримання топограм поверхонь об'єктів з отриманням технічного ефекту: безконтактний вимір форми об'єктів та представлення її у цифровій формі.

Поставлена задача отримання топограм дифузно відбиваючих поверхонь вирішена методом двочастотної фазомодульованої спекл-інтерферометри, що включає операції: освітлюють об'єкт когерентним випромінюванням, здійснюють просторове суміщення об'єктної спекл-хвилі та опорної хвилі, в площині суміщення реєструють інтенсивності сумарної хвилі, перед реєстрацією сумарної хвилі здійснюють просторову фільтрацію діафрагмою до зникнення регулярних інтерференційних смуг усередині усіх спеклів сумарної хвилі, реєструють набори спеклограм при дискретному змінюванні фази опорної хвилі від 0 до 2π , який відрізняється тим, що реєструють два набори спеклограм при двох різних довжинах хвилі (частотах) лазерного випромінювання, порівнюють одержані спеклограми, визначають зсув фази кожного спекла об'єктної хвилі відносно опорної хвилі з визначенням знаку зміни фази та будують лінії рівного фазового зсуву, що є топограмою об'єкту.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю заявляємих ознак та технічним результатом, що досягається, є таким.

При зміні частоти лазерного випромінювання змінюються фази спеклів опорної та об'єктної хвиль. Використовуючи метод послідовних фазових кроків, визначають просторовий розподіл різ-

ниці фаз об'єктної та опорної хвиль. Для цього реєструють спеклограми при дискретній зміні опорної хвилі від 9 до 2π та, порівнюючи отримані спеклограми визначають фазу кожного спекла об'єктної хвилі відносно опорної.

Порівнюючи фази спеклів об'єктної хвилі для двох довжин хвилі лазерного випромінювання λ_1 та λ_2 , визначають зміни фаз (фазовий зсув). Відстань d між сусідніми сікучими площинами з однаковим фазовим зсувом вираховується за формулою $d = \lambda_1 \lambda_2 / 2\Delta\lambda$. Ця відстань є різницею між формою об'єкту та опорної поверхні. Якщо опорна поверхня є рівною площиною (що найбільш зручно у більшості випадків) то лінії рівного фазового зсуву являють собою топограму об'єкта.

На Фіг.1 представлено принципову схему установки для реалізації способу, що пропонується. Установка має такі вузли: 1 - лазер з змінною довжиною хвилі або два лазери з довжинами хвилі λ_1 та λ_2 , 2 - лінза, що поширює пучок світла, 3 - лінза, що колімує пучок світла, 4 - напівпрозоре дзеркало, 5 - дифузно розсіююча опорна поверхня, що формує опорну хвилю, 6 - пристрій для зсуву фази опорної хвилі (наприклад, п'єзокераміка, що зміщує опорну поверхню 5), 7 - об'єкт, що вимірюється, 8 - діафрагма, що фільтрує сумарну хвилю, 9 - телекамера або фотоапарат для реєстрації спеклограм.

На Фіг.2 представлено картина фазового зсуву (топограму) напівсферичного об'єкту, яка отримана за прикладом 1 (білий колір - фазовий зсув 0, чорний колір - π , кількість фазових кроків 1). Перепад висот поверхні об'єкту для сусідніх чорних або білих ліній d вираховується по формулі $d = \lambda_1 \lambda_2 / 2\Delta\lambda$, і складає у даному випадку 0,1мм.

На Фіг.3 представлено розраховану по Фіг.2 форму об'єкту, що може бути збережена у цифровому вигляді.

На Фіг.4 представлено топограми поверхні тестового об'єкту у формі дифузно відбиваючого клина для двох різних $\Delta\lambda$. Перепад висот поверхні об'єкту для сусідніх чорних або білих ліній d вираховується по формулі $d = \lambda_1 \lambda_2 / 2\Delta\lambda$ і складає у даному випадку 1мм для $\Delta\lambda_1$ і та 0.1мм для $\Delta\lambda_2$.

Спосіб здійснюють таким чином.

Випромінювання від лазера крізь лінзу спрямовують на об'єкт та дифузно розсіюючу опорну поверхню. Відбита від опорної поверхні опорна хвиля просторово суміщається з об'єктною спекл-хвилею, що сформована об'єктом, за допомогою напівпрозорого дзеркала. Діафрагма фільтрує сумарну хвилю, при цьому розмір діафрагми підбирається таким, щоб зникли регулярні інтерференційні смуги усередині усіх спеклів сумарної хвилі.

Просторовий розподіл інтенсивностей у спеклограмі реєструють за допомогою телекамери або фотоапарату. Для першої довжини хвилі лазерного випромінювання λ_1 реєструють декілька спеклограм при різних значеннях фази опорної хвилі, яка змінюється від 0 до 2π за допомогою фазозсу-

вного пристрою, наприклад п'єзокераміки. Порівнюючи між собою отримані спеклограми, визначають фазу кожного спекла об'єктної хвилі відносно опорної хвилі. Цю операцію повторюють для другої довжини хвилі лазерного випромінювання λ_2 .

Порівнюючи між собою фази кожного із спеклів для першої і другої довжини хвилі, визначають фазовий зсув об'єктної хвилі відносно опорної хвилі та визначають лінії однакового фазового зсуву. Якщо опорна поверхня є рівною площиною, ці лінії є топографією об'єкту.

Приклади конкретного виконання способу.

Приклад 1

Отримання топограм поверхні тестового об'єкту у формі дифузно відбиваючої світло півсфери.

Промінь від лазера 1 з змінною довжиною хвилі або двох лазерів з довжинами хвилі λ_1 та λ_2 , (див. Фіг.1) поширюється лінзою 2, колімується лінзою 3 та спрямовується на напівпрозоре дзеркало 4, що ділить пучок на два: той, що іде до дифузно розсіюючої опорної поверхні 5, що формує опорну хвилю, та той, що іде до об'єкту 7 і, відбиваючись від нього, формує об'єктну хвилю. Ці хвилі просторово суміщаються за допомогою напівпрозорого дзеркала 4. Сумарна хвиля фільтрується діафрагмою 8, розмір якої підбирається таким, щоб зникли регулярні інтерференційні смуги усередині усіх спеклів сумарної хвилі. Просторовий розподіл інтенсивностей у спеклограмі реєструють за допомогою телекамери або фотоапарата 9. Далі зображення вводять до комп'ютера. Завдяки пристрою 6 здійснюють зсув фази опорної хвилі.

Для першої довжини хвилі лазерного випромінювання λ_1 реєструють декілька (дві або більше) спеклограм з різним зсувом фази опорної хвилі.

Порівнюючи між собою отримані спеклограми визначають фазу кожного спекла об'єктної хвилі.

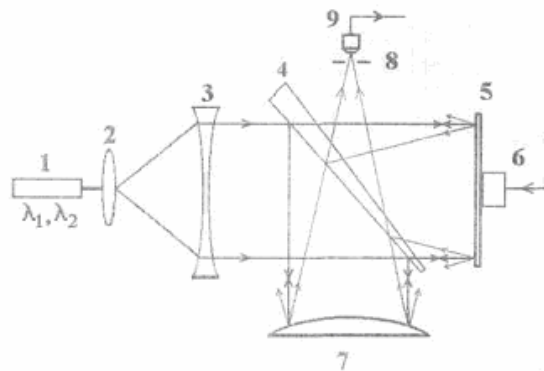
За цим змінюють довжину хвилі лазерного випромінювання на λ_2 , та визначають таким же чином нову фазу кожного спекла об'єктної хвилі.

Порівнюючи фази кожного зі спеклів для довжин хвилі λ_1 та λ_2 , формують картини фазового зсуву об'єктної світлової хвилі при зміні довжини хвилі, з визначенням як абсолютного значення так і знаку фазового зсуву. Визначають лінії однакового фазового зсуву. Якщо опорна поверхня є рівною площиною, ці лінії є топографією об'єкту. Перепад висот поверхні об'єкту для сусідніх ліній з однаковим фазовим зсувом d вираховується по формулі $d = \lambda_1 \lambda_2 / 2\Delta\lambda$, що дає змогу представити результати вимірів у вигляді тривимірної картини та зберегти їх у цифровій формі. Отримана топограма об'єкту представлена на Фіг.2, а вирахувана по ній тривимірна картина форми об'єкту - на Фіг.3. Прямими вимірами доказано, що вирахувана форма поверхні співпадає з реальною.

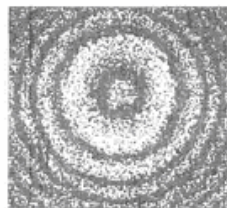
Приклад 2

Отримання топограм поверхні тестового об'єкту у формі дифузно відбиваючого клина для двох різних $\Delta\lambda$. Здійснюється аналогічно прикладу 1. Як видно з топограм, представлених на Фіг.4, при використанні різних змін частоти (довжини хвилі) лазерного випромінювання можна змінювати у широкому діапазоні чутливість методу та величину перепаду висот, що може бути виміряна. Він може складати від сотих долей міліметра до декількох метрів, або більше.

Запропонований спосіб дозволяє отримати топограму об'єктів та представлення її у цифровій формі.



Фіг. 1



Фіг. 2

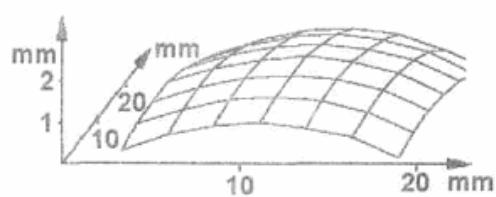


Fig. 3

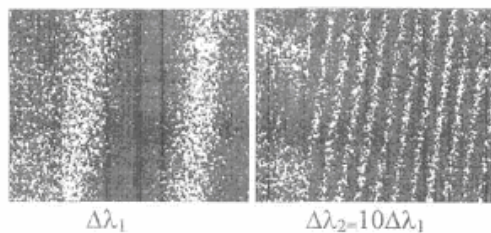


Fig. 4