



УКРАЇНА

(19) UA (11) 44900 (13) U  
(51) МПК (2009)  
G01B 11/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ 3D КООРДИНАТ ОБ'ЄКТА

1

2

(21) u200901556

(22) 23.02.2009

(24) 26.10.2009

(46) 26.10.2009, Бюл.№ 20, 2009 р.

(72) БІЛИНСЬКИЙ ЙОСИП ЙОСИПОВИЧ, ЮКИШ  
МАРИНА ЙОСИПІВНА, ЮКИШ СЕРГІЙ ВАСИ-  
ЛЬОВИЧ(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб безконтактного вимірювання 3D координат об'єкта, який включає освітлення поверхні випромінюванням та реєстрацію зображення променів, який **відрізняється** тим, що по чергово освітлюють тестову та вимірювану поверхні горизонтальним та вертикальним бінарними патернами, виділяють лінії патернів, визначають 2D координати точок перетину патернів, за якими визначають третю координату глибини і формують 3D зображення вимірюваної поверхні.

Корисна модель відноситься до області цифрової обробки зображень, зокрема, визначення 3D параметрів об'єктів і може бути використана в системах технічного зору для підвищення точності вимірювання координат об'єктів та визначення їх геометричних розмірів.

Відомий спосіб визначення глибини зображення за допомогою активної триангуляції [Яне Б. Цифровая обработка изображений. - Москва: Техносфера, 2007. - 584с], який включає проектування на об'єкт інтерференційних картин зі смугами, що перпендикулярні базовій лінії триангуляції. Оскільки однієї інтерференційної картини недостатньо для однозначного визначення положення картини на площині зображення, то формують послідовність інтерференційних картин з різними довжинами хвиль, при цьому кожне горизонтальне положення на площині зображення світлової проекції можна визначити за допомогою однозначної послідовності темних і світлих смуг.

Недоліком способу є обмеження в застосуванні, оскільки інтерференційна картина чутлива до зовнішніх впливів, що збільшує похибку вимірювань.

Найбільш близьким до описуваного способу є спосіб лазерного відеовимірювання рельєфу поверхні [Патент RU №2338998, клас G01B11/25, опубл. 20.11.2008, бюл. №32], який включає освітлення поверхні лазерним випромінюванням, лазерне випромінювання фокусують, формуючи опорний і предметний промені, розміщені під кутом  $\alpha$  один до одного, які сканують вимірювану поверхню, реєструють зображення променів у вигляді світлових точок на поверхні цифрового екрану і

фіксують на кожному кроці сканування відстань між точками, фіксують відеопослідовність зображень цифрового екрана і визначають глибину рельєфу  $h$  на кожному кроці сканування за співвідношенням:

$$h = \frac{|B_1 - B_x|}{\operatorname{tg} \alpha},$$

де  $B_1$  - відстань між світловими точками на цифровому екрані, які сформовані лазерними променями, на початковому етапі сканування,  $B_x$  - відстань між світловими точками на цифровому екрані, що сформовані лазерним випромінюванням на наступних кроках сканування.

Недоліками способу є наявність похибки внаслідок механічного сканування та низька швидкість за рахунок точкового сканування, а також неможливість вимірювання координат точок рельєфу поверхні.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення способу безконтактного вимірювання 3D координат об'єкта, в якому за рахунок введення нових операцій та їх послідовності досягається можливість отримати третю координату точки об'єкта зображення за двома координатами, що дозволяє підвищити точність визначення просторових координат точок об'єкта та достовірність створення об'ємного зображення.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі безконтактного вимірювання 3D координат об'єкта, який включає освітлення поверхні випромінюванням та реєстрацію зображення променів, введено по чергово освітлення тестової та вимірюваної поверхонь горизонтальним та вертикальним

(19) UA (11) 44900 (13) U

бінарними патернами, виділення ліній патернів, визначення 2D координати точок перетину патернів, за якими визначають третю координату глибини і формують 3D зображення вимірюваної поверхні.

На Фіг.1 наведена структурна схема пристрою для реалізації способу, на Фіг.2 - положення точок проекційної системи на екрані та об'єкті, на Фіг.3) - формування вертикального патерна (горизонтальний формується аналогічно) та виділення контурних ліній, на Фіг.4) - точки перетину патернів.

Для реалізації запропонованого способу може бути використаний пристрій, що містить (Фіг.1) проекційну систему та відеокамеру, які під'єднані до комп'ютера (ПК). Відеокамера та проекційна система з'єднані між собою точним позиціонуванням базової відстані, а також синхронізовані в роботі за допомогою комп'ютера.

Проекційна система створює канал далекометрування для знаходження відстані до площини, на якій знаходиться об'єкт, за допомогою лазера та два вимірювальних канали за допомогою системи формування патернів. Робота таких каналів рознесена в часі для формування ліній горизонтального та вертикального патернів. Відеокамера виконує знімання лазерної плями та об'єкта, на який спроектовані горизонтальні та вертикальні патерни.

Промінь світла від проекційної системи, яка знаходиться на відстані  $B$  від головної оптичної осі системи, формує світлову точку на поверхні об'єкта (Фіг.2). Положення точки  $A$ , створене проекційною системою, що знаходиться в площині екрана  $Z$ , трансформується в точку  $A^*$  на об'єкті і реєструється відеокамерою. Залежно від того, на якій відстані знаходиться вимірюваний об'єкт, одна і та ж сама зареєстрована світлова точка буде мати інше положення.

Запропонований спосіб виділення контуру зображення здійснюється в такій послідовності:

1) Почергово освітлюють тестову та вимірювану поверхні горизонтальним та вертикальним бінарними патернами;

2) на тестовій поверхні виконують:

а. послідовне захоплення зображень горизонтального та вертикального патернів на тестовій площині;

б. виділення ліній на зображеннях з вертикальним та горизонтальним патернами тестової площини;

с. знаходження масиву точок перетину патернів на тестовій площині;

3) на вимірюваній поверхні виконують:

а. послідовне захоплення зображення з вертикальним і горизонтальним патернами вимірюваного об'єкта;

б. виділення ліній на зображеннях з вертикальним та горизонтальним патернами вимірюваного об'єкта;

с. знаходження масиву точок перетину патернів на зображенні вимірюваного об'єкта;

4) знаходження координат глибини на основі 2D координат точок перетину патернів на зображеннях вимірюваного об'єкта та тестової поверхні;

5) формування масиву точок з визначеними 3D координатами та формування зображення вимірюваної поверхні.

Для відновлення 3D зображення при відомому значенні базової відстані, дистанції знімання і координат світлової точки на екрані та об'єкті визначають координати глибини сцени за формулою (1):

$$\begin{cases} z^1 = \frac{1}{\beta} \sqrt{\frac{(x_1^2 + d^2 \beta^2)(y_2 - y_1)^2}{(B - y_1)^2 \beta^2}} - (x_1 - x_2)^2, \\ x^1 = \frac{x_1}{\beta}; \quad y^1 = \frac{y_1}{\beta} \end{cases}, \quad (1)$$

де  $\beta$  - лінійне збільшення;

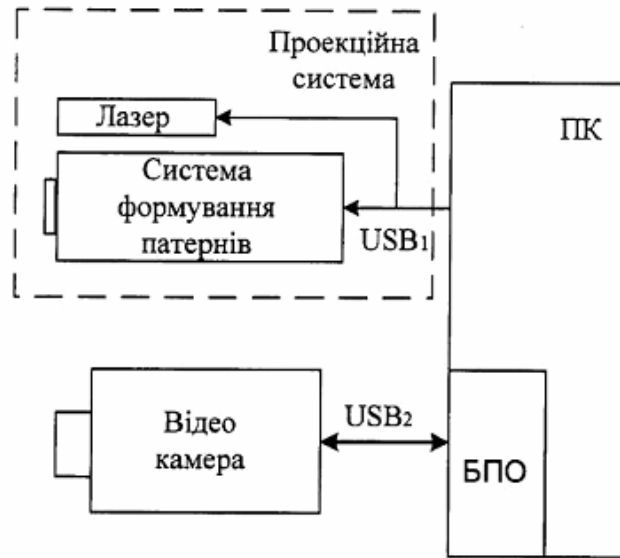
$d$  - відстань від площини, на якій знаходиться об'єкт, до оптичної системи;

$u_2, y_1$  - координати точки на екрані та об'єкті в площині матричного фотоприймача по осі  $y$ , відповідно;

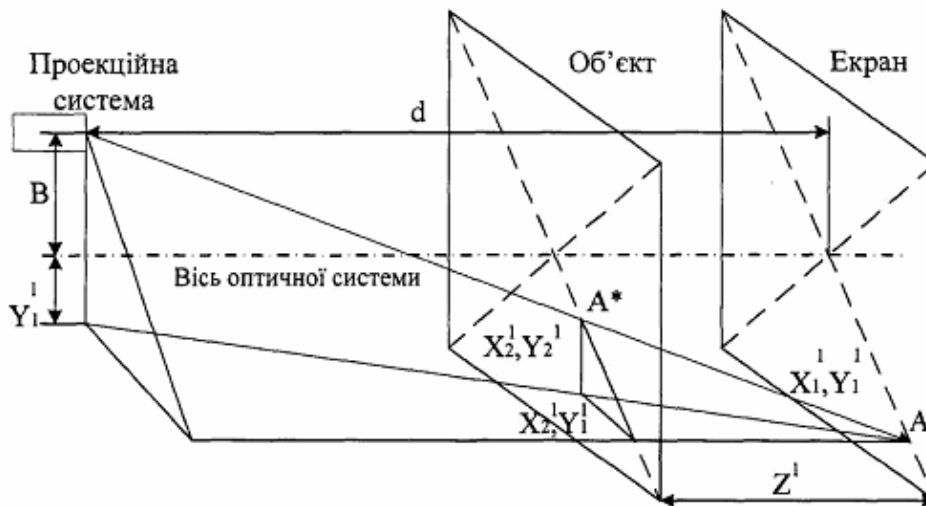
$x_2, x_1$  - координати точки на екрані та об'єкті в площині матричного фотоприймача по осі  $x$ , відповідно;

$B$  - базова відстань.

Спільні точки вертикальних і горизонтальних ліній внаслідок накладання патернів і є шуканими координатними точками. Такий спосіб дозволяє ідентифікувати кожну двовимірну точку патерна на площині та на об'єкті відповідно та визначити її положення в просторі.



Фіг. 1

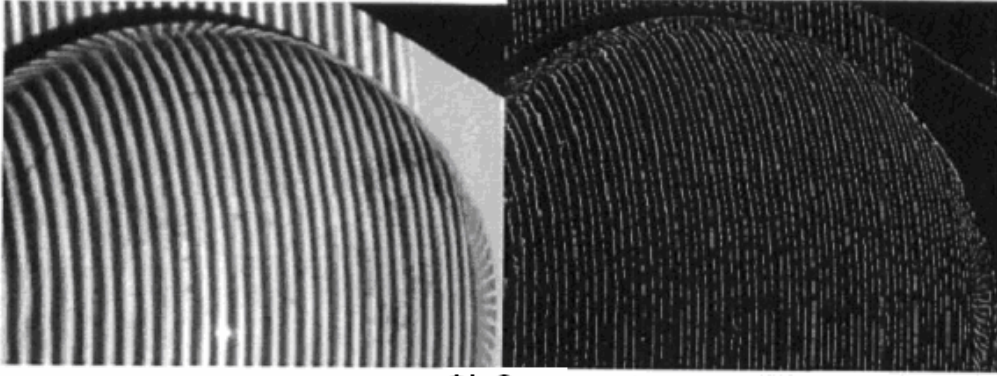


Фіг. 2

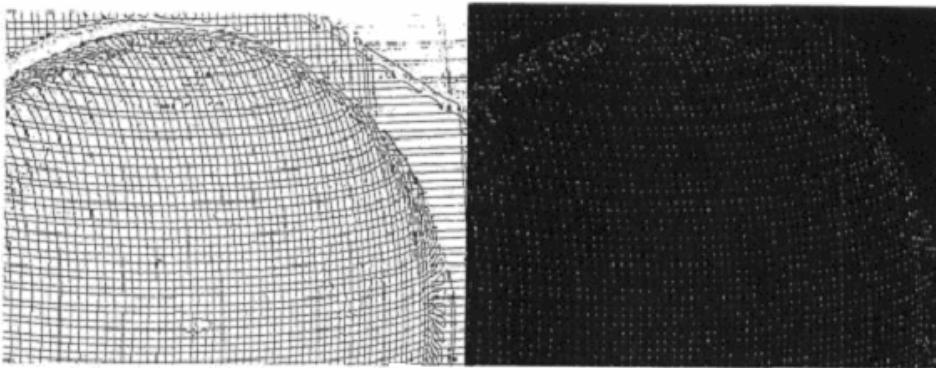
7

44900

8



Фіг.3



Фіг.4