



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 49357

(13) A

(51) 6 G01B11/26

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

1

2

(21) 2001117873

(22) 19 11 2001

(24) 16 09 2002

(46) 16 09 2002, Бюл. № 9, 2002 р.

(72) Агупін Олексій Михайлович, Васильєв Едуард Олександрович, Невєров Станіслав Вікторович, Полежаєв Віктор Вікторович, Юсупов Олег Сулейманович

(73) КАЗЕННЕ ПІДПРИЄМСТВО "ЦЕНТРАЛЬНЕ КОНСТРУКТОРСЬКЕ БЮРО "АРСЕНАЛ"

(57) 1 Спосіб вимірювання кутового положення об'єктів, що включає в себе формування світлових пучків на виході автоколіматора, направлення їх на дзеркала, розміщені на об'єктах контролю, реєстрацію та аналіз відбитого випромінювання, який відрізняється тим, що формують світлові пучки з різними інформаційними параметрами, направляють їх на n+1 дзеркал, кожне з яких розміщене в своїй системі координат X, Y, Z, реєструють відбиті від кожного з дзеркал світлові пучки, аналізують положення отриманих автоколімаційних зображень синхронно з випроміненими світловими пучками та визначають положення об'єкта, що контролюється, по координатах X, Y, Z

2 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що направляють на об'єкти контролю поперемінно перший та другий колімовані пучки випромінювання з різними інформаційними параметрами, наприклад довжинами хвиль, а зображення відбитих від об'єктів пучків випромінювання формують також поперемінно у відповідності з кожним випроміненим колімованим пучком випромінювання

3 Пристрій для визначення кутового положення об'єктів, що включає в себе автоколіматор, два плоских відбиваючих дзеркала, жорстко пов'язаних з об'єктом контролю, формувач світлових пучків, розміщений на виході автоколіматора та пристрою для знімання сформованого зображення та визначення кутового положення об'єктів контролю, який відрізняється тим, що формувач світлових пучків виконаний у вигляді пентапризми, причому одна з відбиваючих поверхонь якої виконана напівпрозорою та оснащена за допомогою склейки з оптичним клином так, що одне дзеркало через пентапризму та клин взаємодіє з автоколіматором на просвіт, а друге дзеркало взаємодіє з автоколіматором через пентапризму на відбивання, крім того, на відбиваючу поверхню пентапризи нанесене напівпрозоре спектральне покриття

Винахід відноситься до області вимірювальної техніки та може бути використаний для вимірювання кутового положення об'єктів в різних областях народного господарства, наприклад в гіроскопічних чи інерціальних вимірювальних системах, в системах точного кутового позиціонування, при геодезичних та метрологічних вимірюваннях

Відомий спосіб вимірювання взаємного кутового положення об'єктів (а с 679791, кл G01B11/26, друк 1979р), що полягає в тому, що випромінювання від автоколіматора послідовно спрямовують на плоскі дзеркала, скриплені з об'єктами контролю, приймають відбите випромінювання та по положенню автоколімаційної марки судять про кутове положення об'єктів. Однак цей спосіб має низьку точність вимірювання та не може бути використаний для вирішення поставленої перед авторами задачі

Відомий пристрій для вимірювання взаємного кутового положення об'єктів (а с 679791, кл

G01B11/26, друк 1979р), що має плоскі відбивачі, що пов'язані з об'єктами контролю, автоколіматор, що включає в себе освітлювач, діафрагму, трубу з об'єктивом та фотоприймач. В трубі жорстко закріплене плоске дзеркало, розміщене під кутом до осі труби. Труба виконана з можливістю обертання навколо світлової осі, а об'єктив встановлений так, що його оптична вісь перпендикулярна осі обертання труби. Діафрагма виконана з центральною та приймальною щілинами, що паралельні між собою. Фотоприймач розміщений в полі зору приймальної щілини. Однак цей пристрій конструктивно ускладнений, має низьку точність вимірювання та не може бути використаний для вирішення поставленої перед авторами задачі

Найбільш близьким по своїй технічній суті до способу, що пропонується, є спосіб вимірювання взаємного кутового положення об'єктів (а с 1366877, кл G01B11/26, друк 1988р), що використаний як прототип. Спосіб вимірювання взаємно-

(13) A

(11) 49357

(19) UA

го кутового положення об'єктів полягає в тому, що формують два світлових пучки на виході автоколіматора, роблять поворот одного з пучків на 180° навколо оптичної осі, направляють світлові пучки на два плоских дзеркала, що закріплені на об'єктах контролю, виконують прийом відбитого випромінювання, одночасно формують зображення автоколімаційної марки та по положенню зображення автоколімаційної марки судять про взаємне кутове положення об'єктів. Спосіб-прототип має наступні недоліки

- не дозволяє виконувати незалежні вимірювання кутового положення об'єктів, що контролюються,
- не дозволяє точно та однозначно визначати кутове положення об'єктів в широкому діапазоні температур оточуючого середовища,
- не забезпечує комплексного вирішення поставленої перед авторами задачі

Найбільш близьким по своїй технічній суті до пристрою, що пропонується, є пристрій описаний в а с 1366877 кл G01B11/26, друк 1988р. Пристрій має автоколіматор, два плоских дзеркала, скріплені з об'єктами контролю, світлоподільник, оптичний атенюатор, два плоских дзеркала встановлені між світлоподільником та одним з дзеркал закріпленим на об'єкті, та забезпечують поворот в одному каналі пучка на 180° навколо оптичної осі. З виходу автоколіматора світловий пучок спрямовується на світлоподільник за допомогою якого формуються два світлових потоки, в одному з яких по ходу променя встановлені два плоскі дзеркала, що забезпечують поворот цього потоку на 180° навколо оптичної осі, потім випромінювання попадає на два плоскі дзеркала, скріплені з об'єктами. Проводять прийом відбитого випромінювання та по положенню двох зображень автоколімаційної марки судять про взаємне кутове положення об'єктів.

Однак цей пристрій має наступні недоліки

- не дозволяє виконувати незалежне вимірювання кутового положення об'єктів в просторі,
- не дозволяє точно і однозначно визначати кутове положення об'єктів в просторі при великих змінах температур оточуючого середовища,
- не забезпечує комплексного вирішення поставленої перед авторами задачі

При розробці способу вимірювання кутового положення об'єктів, що пропонується, вирішувалась комплексна задача визначення кутового положення одного та більше об'єктів по трьох координатах X , Y , Z з високою точністю при змінах температури оточуючого середовища.

Для вирішення поставленої задачі в відомому способі вимірювання кутового положення об'єктів, який включає в себе формування світлових пучків на виході автоколіматора, направлення їх на два плоских відбиваючих дзеркала жорстко зв'язаних з об'єктами, що контролюються, реєстрацію та аналіз відбитого випромінювання, формують світлові пучки з різними інформаційними параметрами, направляють їх на $n+1$ плоскі відбиваючі дзеркала, кожне з яких розміщено в своїй системі координат та жорстко зв'язані як найменше з одним об'єктом, що контролюється, реєструють відбите від кожного з дзеркал випромінювання, аналізують положення отриманих ав-

токолімаційних зображень синхронно з випромінювання світлових пучків та визначають положення кожного об'єкта що контролюється, по трьом координатам X, Y, Z незалежно один від одного.

Крім того, для вирішення поставленої задачі направляють на об'єкти контролю поперемінне перший та другий колімовані пучки випромінювання з різними інформаційними параметрами, наприклад, довжинами хвиль, а зображення відбитих від об'єктів пучків випромінювання формують також поперемінне у відповідності з кожним випроміненим колімованим пучком випромінювання.

При розробці пристрою, що пропонується, вирішувалась комплексна задача

- вимірювання незалежного кутового положення об'єктів в просторі,
- забезпечення стабільності вимірювань в широкому діапазоні температур зовнішнього середовища,
- досягнення високої точності вимірювань при використанні простих конструктивних рішень пристрою

Для вирішення поставленої задачі в відомому пристрої вимірювання кутового положення об'єктів, що включає в себе автоколіматор, два плоских відбиваючих дзеркала, що жорстко зв'язані з об'єктами, що контролюються, формувач світлових пучків розміщеними на виході автоколіматора та пристрою для з'йому інформації та визначення кутового положення об'єктів, формувач світлових пучків виконаний у вигляді пентапризми, причому, одна з відбиваючої поверхні якої виконана напівпрозорою та оснащена за допомогою склейки з оптичним клином так, що одне дзеркало через пентапризму та клин взаємодіють з автоколіматором на просвіт, а друге дзеркало взаємодіє з автоколіматором через пентапризму на відбивання, крім того, на відбиваючу поверхню пентапризми нанесене напівпрозоре спектральне покриття.

Рішення поставленої перед авторами задачі досягається за рахунок

По способу вимірювання

- способ дозволяє зменшити коефіцієнт взаємного проникнення (визначається відношенням сигналу працюючого каналу до сигналу іншого непрацюючого каналу) за рахунок розділення світлових пучків по інформаційним параметрам. По пристрою для вимірювань

- пристрій дозволяє збільшити точність вимірювань в умовах широкого діапазону температур зовнішнього середовища за рахунок зменшення чутливості пристрою до температурного розширення оптичних матеріалів. Сутність винаходу пояснюють наступні креслення

На фіг 1 представлена оптична схема пристрою для реалізації способу вимірювання кутового положення об'єктів, що пропонується.

На фіг 2 представлений пристрій для вимірювання кутового положення об'єктів (приклад практичної реалізації)

На фіг 3 представлений пристрій для вимірювання кутового положення об'єктів в розрізі А-А (приклад практичної реалізації)

Пристрій має (фіг 1)

- автоколіматор 1,

- плоскі відбиваючі дзеркала 2, 3 жорстко закріплені на об'єктах контролю,
- формувач світлових пучків 4,
- джерела випромінювання 5, 6 з різними інформаційними параметрами,
- аналізатор зображення 7

Крім того автоколіматор 1 має діафрагму 8 яка оптично спряжена з площиною аналізатора зображення 7 та фокальною площиною об'єктива 9 за допомогою оптичного блоку 10. Джерела випромінювання 5 та 6 оптично спряжені між собою за допомогою світлоподільного елемента 11, що дозволяє формувати в площині діафрагми 8 світлові поля з різними інформаційними параметрами. (До різних інформаційних параметрів джерел випромінювання 5 та 6 можна віднести поляризацію, розділення по спектру, наприклад з довжиною випромінювання $\lambda_1=0.6328\text{мкм}$ та $\lambda_1=1.06\text{мкм}$)

Плоскі дзеркала 2 та 3 розміщені на об'єкті (одному) під кутом α , наприклад 90° . Кожне дзеркало має власну систему координат. Дзеркало 2 має систему координат X_2, Y_2, Z_2 , а дзеркало 3 має систему координат X_3, Y_3, Z_3 . Потрібно зазначити, що дзеркала 2,3 можуть бути встановлені на незалежних (різних) об'єктах.

Формувач 4 складається з пентапризми 12 з напівпрозорим покриттям 13 та оптичного клина 14. На відбиваючу поверхню до призми приклеєний оптичний клин таким чином, що дзеркало 3 з автоколіматором 1 працює на просвіт, наче через плоско паралельну пластинку. Зеркало 2 з автоколіматором 1 працює через формувач 4 на відбивання. Напівпрозоре покриття 13, нанесене на відбиваючу поверхню пентапризми 12 може бути виконане у вигляді спектрального покриття, що дозволить розділити роботу автоколіматора 1 з плоскими дзеркалами 2 та 3 по спектру, тобто забезпечити один з можливих інформаційних параметрів.

Здійснення способу вимірювання кутового положення об'єктів показано при розгляді роботи пристрою.

Випромінюванні від джерела випромінювання 5 з довжиною хвилі λ_1 освітлює діафрагму 8, що забезпечує паралельний пучок променів на виході автоколіматора 1. Далі світло проходить через формувач 4 на просвіт, при цьому спектральне покриття 13 пропускає випромінювання з довжиною хвилі λ_1 що забезпечить попадання світла на плоске дзеркало 3. Потім випромінювання з довжиною хвилі λ_1 відбивається від дзеркала 3, проходить на просвіт через формувач 4 та в площині аналізатора зображення 7 формує зображення діафрагми 8. По величині зміщення зображення польової діафрагми 8 в площині аналізатора 7 можна визначити кутове положення плоского дзеркала 3 відносно осей Y_3, Z_3 . Для визначення кутового розвороту об'єкта відносно осі X_3 , необхідно спрямувати випромінювання від джерела випромінювання 6 з довжиною хвилі λ_2 , яке забезпечить заповнення діафрагми 8 світлом з довжиною хвилі λ_2 , а відповідно паралельний пучок світла на виході автоколіматора 1. Далі світло попадає в формувач 4, випромінювання з довжиною хвилі λ_2 відбивається від спектрального покриття 13 та потрапляє на плоске дзеркало 2. Далі випроміню-

вання повертається через формувач 4 в автоколіматор 1 та в площині аналізатора зображення 7 формує зображення діафрагми 8. Одночасно з моментом роботи джерела випромінювання 6 працює аналізатор зображення 7 та по величині зміщення зображення польової діафрагми 8 в площині аналізатора можна визначити кутове положення плоского дзеркала 2 відносно осей X_2, Y_2 .

Таким чином, якщо плоскі дзеркала 2 та 3 закріплені на одному об'єкті, то в пристрої, що пропонується, послідовно опитуючи джерела випромінювання 5, 6 з різними інформаційними параметрами та відповідно опитуючи площину аналізатора 7 можна незалежно визначити кутове положення об'єкта по трьом осям.

Якщо плоскі дзеркала 2 та 3 закріпити на різних об'єктах, то за допомогою пристрою, що пропонується, можна незалежно вимірювати положення двох об'єктів відносно осей X_2, Y_2 та Y_3, Z_3 .

Таке виконання пристрою дозволяє уникнути наявності поляризаційних елементів, які дуже чутливі до температурних та механічних змін, що вносить суттєву похибку в вимірювання. Крім того вони ускладнюють конструкцію, а пристрій, що заявляється, характеризується простотою конструкції при збереженні усіх точнісних характеристик. Його характеристики не залежать від температури оточуючого середовища. Крім того таке виконання пристрою дозволяє спростити конструкцію автоколіматора, збільшити стабільність вимірювання і їх нечутливість до температурних та механічних збурень.

Запропонований спосіб вимірювання кутового положення об'єктів та пристрій для його реалізації дозволяють розширити функціональні та технологічні можливості пристрою.

шляхом забезпечення вимірювання незалежного кутового положення об'єктів в просторі, збільшення точності вимірювань та нечутливості до температурних та механічних збурень за рахунок розрізнення світлових пучків по інформаційним параметрам.

Приведемо приклад практичної реалізації пристрою, що пропонується (фіг 2).

Працює такий автоколіматор наступним чином.

Джерела випромінювання 5 та 6 вмикаються послідовно. Джерело 5 випромінює світло з довжиною хвилі λ_1 . Це світло проходить світлоподільний блок 11, що пропускає світло з довжиною хвилі λ_1 та відбиває світло з довжиною хвилі λ_2 , та освітлює діафрагму 8. Так як діафрагма 8 знаходиться в фокальній площині об'єктива 9, тому на виході об'єктива 9 ми отримуємо пучок паралельних променів світла. Цей пучок проходить формувач 4, що пропускає світло з довжиною хвилі λ_1 та відбиває світло з довжиною хвилі λ_2 та потрапляє на плоске дзеркало 3. Відбитий пучок світла пройде через формувач 4 та сфокусується об'єктивом 9 в площині аналізатора зображення 7 у вигляді зображення діафрагми 8, центр якої буде зміщений від оптичної осі на величину, яка однозначно пов'язана з кутовим положенням дзеркала 3. Знаючи зміщення зображення діафрагми можна буде обчислити кутове положення Дзеркала 3 відносно

осей Y_3, Z_3

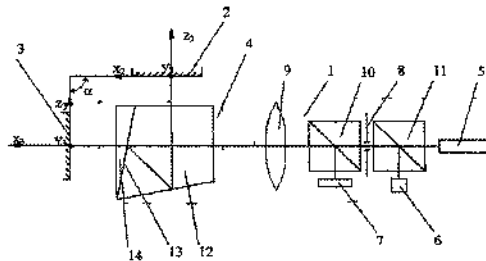
Аналогічно працює автокопіматор 1 при вмиканні джерела 6. Світло з довжиною хвилі λ_2 , яке випромінює джерело 6, проходить світлоподільний блок 11 на відбивання та освітлює діафрагму 8. Так як діафрагма 8 знаходиться в фокальній площині об'єктива 9, тому на виході об'єктива 9 ми отримуємо пучок паралельних променів світла. Цей пучок проходить формувач 4 на відбивання та потрапляє на плоске дзеркало 2. Відбитий пучок світла пройде через формувач 4 та сфокусується об'єктивом 9 в площині аналізатора зображення 7 у вигляді зображення діафрагми 8, центр якої буде зміщений від оптичної осі на величину, яка однозначно пов'язана з кутовим положенням дзеркала 2. Знаючи зміщення зображення діафрагми можна буде обчислити кутове положення дзеркала 2 відносно осей X_2, Y_2 .

Сигнали від дзеркал 2, 3 не заважають один одному оскільки джерела 5 та 6 вмикаються поспідовно, тобто коли працює джерело 5 джерело 6 не працює і навпаки, а синхронно з вмиканням дже-

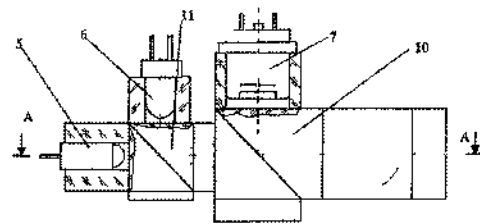
рел випромінювання 5, 6 виконується переключення каналів аналізатора 7. Використання пентапризми 12 обумовлене вимогою поворота світла з довжиною хвилі λ_2 точно на 90° .

В якості джерела інфрачервоного випромінювання—джерело 5 використаний світлодіод ЗЛ107Б. В якості джерела червоного випромінювання - джерело 6.

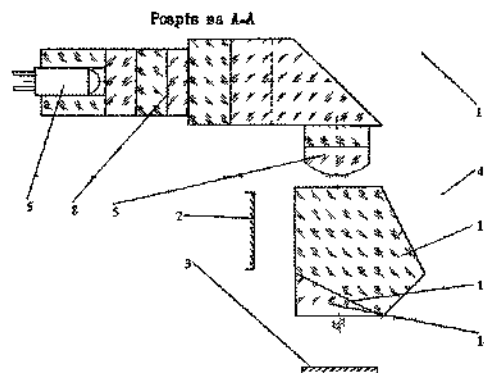
використаний світлодіод L-934 SRC-J. Світлоподільний блок 11 виготовлений з двох призм AP- 90° скла K-8. На потенузній грані однієї з призм наносять спектральне покриття. Потім дві призми AP- 90° склеюють по потенузній грані. Оптичний блок 10 виготовлений за допомогою слейки двох призм - БМ- 90° - 90° та AP- 90° . На потенузну грань AP- 90° наноситься напівпрозоре покриття З9И і потім ці дві призми склеюються. Формувач 4 складається з пентапризми 12 та клина 14. Спектральне покриття 13 нанесене на одну з граней пентапризми. В якості аналізатора зображення 7 використаний чотирьохплощинний фотодіод ФД-19КК.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сім'ї Хохлових 15 м. Київ 04119 Україна

(044) 456-20-90

ТОВ Міжнародний науковий комітет

вул. Артема 77 м. Київ 04050 Україна

(044) 216-32-71