

Винахід, що заявляється, відноситься до контрольно-вимірювальної техніки, зокрема, до оптико-електронних приладів і може бути використаний для вимірювання лінійних переміщень рухомих об'єктів в приладобудуванні, геодезії, військовій техніці.

Є двокоординатний автоматичний автоколіматор, патент США №3470377, до складу якого входить дзеркало, джерело оптичного випромінювання, відхиляюча система, яка являє собою двокоординатний лінзовий компенсатор з сервоприводом, фотоприймач та електронний блок.

Фотоприймач автоколіматора розташований у фокальній площині об'єктива, його фоточутливий шар виконано у вигляді чотирьох прилеглих один до одного квадратних приймачів, які утворюють великий квадрат. Пристрій дозволяє виміряти кутове положення плоского дзеркала відносно осі приладу.

Пристрій має високу чутливість, але не забезпечує проведення лінійних вимірювань.

Є оптико-електронний пристрій, а.с. СРСР №1060942, фотоелектричний автоколімаційний нуль-індикатор кутових відхилень, до складу якого входить джерело оптичного випромінювання, встановлені в напрямку променів діафрагма, світлоподільник, об'єктив та дзеркало, що кріпиться на об'єкті, який контролюється, фотоприймач та електронний блок обробки сигналу. Пристрій має високу точність індикації, але не забезпечує можливість проведення лінійних вимірювань.

За прототип взято оптико-електронний вимірювальний пристрій (а.с. СРСР №1567888) для вимірювання кутів повороту об'єктів, які контролюються.

Пристрій містить в собі світлоподільник, відбивач, три випромінювачі, блок живлення випромінювачів, марку, об'єктив, аналізатор, три фотоприймача, електронний блок та інтегратор, який електрично з'єднано з джерелом світла. Пристрій дозволяє отримувати високу точність вимірювання за рахунок великого передаточного коефіцієнта між кутом повороту відбивача і зміною фази сигналу, проте прилад-прототип також не забезпечує можливість проведення лінійних переміщень відбивача відносно візирної осі приладу, оскільки лінійні переміщення відбивача не викликають змін параметрів електричних сигналів, бо із об'єктива виходить паралельний пучок світла. Крім того у відомому нам приладі має місце змінне віньєтування, яке ускладнює процес обробки електричного сигналу.

При розробці винаходу, який заявляється, вирішувалось задача створення оптико-електронного пристрою, який дасть можливість проводити вимірювання лінійних переміщень об'єктів в напрямку, перпендикулярному до його візирної осі. При цьому вимірювальний пристрій не повинен реагувати на кутові повороти об'єкта та забезпечити збереження точних характеристик вимірювань, досягнутих відомим кутовим вимірювальним пристроєм.

Для вирішення поставленої задачі у відомому оптико-електронному вимірювальному пристрої, до складу якого входять оптично зв'язані джерело світла, світлоподільник, об'єктив, відбивач, фотоприймач, електрично зв'язаний з ним через підсилювач електронний блок і генератор, електрично зв'язаний з джерелом світла, відбивач виконано у вигляді жорстко з'єднаних між собою трьох відбивних взаємно перпендикулярних дзеркал, в хід світлового пучка між об'єктивом та відбивачем введено прозору діафрагму, жорстко з'єднану з відбивачем таким чином, що її центр знаходиться на одній осі з центром перерізу трьох дзеркал відбивача, світлочутлива площа фотоприймача розташована у площині оптично сполученою з площиною прозорої діафрагми, а величина освітлюваної зони в площині прозорої діафрагми більша за суму діапазону вимірювання та величини прозорої зони діафрагми.

Крім того, у пристрої фотоприймач виконано чотирьохплощадковим і встановлено таким чином, що лінії розподілу площадок паралельні взаємно перпендикулярним площинам вимірювання, а електронний блок має логічний обчислювальний пристрій та чотири синхронні випрямлячі, причому, перші входи кожного з них через окремі підсилювачі з'єднано з відповідною площадкою фотоприймача, а другі входи кожного з випрямлячів з'єднано з виходом генератора, вхід якого електрично з'єднано з виходом логічного обчислювального пристрою, при цьому входи кожного з випрямлячів електрично зв'язано з виходом логічного обчислювального пристрою, виконаного з можливістю підсумовування та віднімання сигналів з випрямлячів, а також вироблення різницевого сигналу між підсумковим сигналом з випрямлячів та опорним сигналом.

Крім того, прозору діафрагму виконано квадратною, периметр квадрату більше за діапазон вимірювання, а сторони квадрату розміщено паралельно взаємно перпендикулярним лініям розподілу площадок чотирьохплощадкового фотоприймача.

Крім того, прозора частина діафрагми має хрестоподібну форму. Ширина кожного з двох взаємно перпендикулярних прямокутників, які складають прозору частину діафрагми, більше за діапазон вимірювання, а сторони, що складають хрест, розташовані паралельно взаємно перпендикулярним лініям поділу площадок чотирьохплощадкового фотоприймача.

Крім того, в пристрої додатково введено другий відбивач з трьома відбивальними взаємно перпендикулярними дзеркалами та обчислювач, вхід якого електрично з'єднано з виходом електронного блока, світлочутлива площадка фотоприймача виконана у вигляді лінійки з зарядовим зв'язком, процес обробки вихідного електричного сигналу і підвищує точність вимірювання.

На Фіг.1 представлено оптико-електронну блок-схему пристрою, що заявляється.

На Фіг.2 представлено один з варіантів реалізації фотоприймача і електронного блока з використанням випрямлячів та логічного обчислювального пристрою.

На Фіг.3 представлено варіант реалізації діафрагми у вигляді квадрату і положення центру пересічення трьох відбивних дзеркал.

На Фіг.4 представлено варіант реалізації діафрагми хрестоподібної форми та положення центру пересічення трьох відбивних дзеркал.

На Фіг.5 представлено варіант пристрою з двома відбивачами та обчислювачем. У пристрої діафрагму виконано у вигляді комбінації прозорих прямокутників, крім того, представлено положення центрів пересічення дзеркал відбивача та проекції на площину діафрагми світлочутливої площадки фотоприймача.

Оптико-електронний вимірювальний прилад містить в собі джерело світла 1, оптичний блок 2, який складається з об'єктива 3, світлоподільника 4 та конденсора 5, фотоприймач 6, відбивач 7, прозору

діафрагму 8, підсилювач 9, електронний блок обробки сигналів 10, електричний генератор 11. До складу електронного блоку обробки сигналів може входити група випрямлячів 12 (1в, 2в, 3в, 4в) та логічний обчислювальний пристрій 13, які зображено на Фіг.2.

Прозора діафрагма 8 може бути виконана в декількох варіантах. Виходячи з цього:

на Фіг.3 зображена діафрагма 8 у вигляді квадрату, проекція центру пересічення 14 трьох відбивальних дзеркал, відбивача 7, проекції на діафрагму 8 горизонтальної лінії поділу 15 та вертикальної лінії поділу 16 чотирьохплощадкового фотоприймача 6, а також ребра 17, які прозора частина діафрагми виконана у вигляді двох прозорих прямокутників, розташованих під кутом меншим за 90° один до одного, симетрично до однієї з площин вимірювання таким чином, що різниця відстані між краями прямокутників більша або дорівнює діапазону вимірювання в напрямку, перпендикулярному довшій стороні світлочутливої площадки фотоприймача, центр пересічення трьох відбивальних дзеркал першого відбивача розташовано симетрично до одного прозорого прямокутника, центр пересічення трьох дзеркал другого відбивача розташовано симетрично до другого прозорого прямокутника, при цьому, електронний блок обробки результатів виконано з можливістю визначення відстані між краєм проекції на площину прозорої діафрагми світлочутливої площадки фотоприймача до точки пересічення прямокутників з даною проекцією, а обчислювач виконано з можливістю обчислення напівсуми та різниці цих величин і відрахування із цих величин відповідно половину проекції світлочутливої площадки на площину прозорої діафрагми і відстані між центрами прозорих прямокутників.

У пристрої, що заявляється, поставлена задача вирішується за рахунок того, що зображення прозорої діафрагми проектується на світлочутливу площадку фотоприймача. Взаємне розміщення прозорої діафрагми і відбивача, виконаного з трьох взаємно перпендикулярних дзеркальних поверхонь, приводить до того ефекту, що поворот діафрагми і відбивача не викликає переміщення зображення діафрагми і, відповідно, зміни сигналу з фотоприймача. В той же час, лінійні переміщення діафрагми разом з відбивачем приводять до появи сигналів, пропорційних величинам переміщення діафрагми відносно візирної осі пристрою. Оскільки як відбивач використано пристрій типу трипелъпризма (комбінація з трьох взаємно перпендикулярних дзеркальних поверхонь), яке відбиває падаючі промені точно в зворотному напрямку, то в пристрої, що заявляється, відсутнє змінне віньєтування. Відсутність віньєтування спрощує утворені пересіченням трьох відбивних взаємно перпендикулярних дзеркал відбивача 7;

на Фіг.4 зображені діафрагма 8 у вигляді хреста, утвореного двома взаємно перпендикулярними прямокутниками, проекції на діафрагму 8 ліній поділу 15, 16 фотоприймача 6, ребра, утворені пересіченням трьох дзеркал відбивача 7, центр їх пересічення 14 та ширина 18 прямокутників;

на Фіг.5 зображені діафрагма 8 у вигляді двох прозорих прямокутників, проекція на площину діафрагми 8 світлочутливої площадки 19 фотоприймача 6, вісь симетрії 20 між положеннями прямокутників діафрагми, збіжна з площиною вимірювання, другий відбивач 21 з трьома відбивними взаємно перпендикулярними дзеркалами, жорстко з'єднаними між собою, обчислювач 22 і ребра 17, 23.

Відбивач 7 виконаний у вигляді жорстко з'єднаних між собою трьох відбивних взаємно перпендикулярних дзеркал (граней). Таким відбивачем може бути скляна трипелъпризма або кутиковий відбивач у вигляді трьох взаємно перпендикулярних дзеркал (з зовнішнім дзеркальним покриттям), жорстко з'єднаних між собою. Відомо, що особливістю таких відбивачів є те, що відбитий від них світловий пучок буде паралельним пучку, що падає, при будь-яких кутових поворотах відбивача. Діафрагма 8 жорстко з'єднана з відбивачем таким чином, що центр пересічення трьох дзеркал (вершина тригранної піраміди) 14 розташований симетрично до неї.

Діафрагма 8 і відбивач 7 розташовані на об'єкті, лінійні переміщення якого відносно візирної осі, яка проходить через центри об'єктива 3 і фотоприймача 6, необхідно виміряти. Джерело світла 1, конденсор 5, світлоподільник 4, об'єктив 3 оптичного блока 2, а також прозора діафрагма 8, відбивач 7 і фотоприймач 6 оптично пов'язані між собою. Світлочутлива площадка фотоприймача 6 розташована в площині, оптично сполученою з площиною діафрагми 8, тобто об'єктив 3 проектує зображення діафрагми 8 у площину світлочутливої площадки фотоприймача 6, при цьому зображення даної світлочутливої площадки буде знаходитись в площині діафрагми 8, фотоприймач 6 електрично зв'язаний через підсилювач 9 з електронним блоком 10, який обробляє сигнали з фотоприймача 6 та формує вихідну інформацію про величину, яку виміряли. Генератор 11, який виробляє змінний електричний сигнал, зв'язаний з джерелом світла 1. Конденсор 5 формує світлову пляму в площині, яка оптично сполучена зі світлочутливою площадкою фотоприймача 6 або близької до неї. Величина освітлюваної зони в площині діафрагми 8, яка проектується конденсором 5 і об'єктивом 3, більша за суму діапазону вимірювання та величини діафрагми 8. Можливий варіант виконання пристрою, коли фотоприймач 6 виконаний чотирьохплощадковим, кожна площадка фотоприймача (1п, 2п, 3п, 4п) електрично з'єднана через підсилювачі $9^1, 9^2, 9^3, 9^4$ з відповідними синхронними випрямлячами $12^1, 12^2, 12^3, 12^4$, (1в, 2в, 3в, 4в) електронного блока 10, також є, логічний обчислювальний пристрій 13. Фотоприймач 6 встановлено таким чином, що лінії поділу 15 і 16 паралельні взаємно перпендикулярним площинам вимірювання. Другі входи кожного з випрямлячів $12^1, 12^2, 12^3, 12^4$ з'єднані з виходами генератора 11. Вхід генератора 11 з'єднано з виходом логічного обчислювального пристрою 13. Виходи синхронних випрямлячів $12^1, 12^2, 12^3, 12^4$ електрично з'єднані з входом логічного обчислювального пристрою 13. Логічний обчислювальний пристрій виконано таким чином, що він може підсумовувати та віднімати сигнали з випрямлячів $12^1, 12^2, 12^3, 12^4$, а також дає різницевий сигнал між сумарним сигналом з випрямлячів $12^1, 12^2, 12^3, 12^4$ та опорним сигналом.

Такого типу пристрої можуть бути виконані в декількох модифікаціях. Є можливість використання мікропроцесора. В цьому випадку мікропроцесор програмується на обчислення суми (U_Σ) сигналів $U_{1в}, U_{2в}, U_{3в}, U_{4в}$ з виходів синхронних випрямлячів (1в, 2в, 3в, 4в), тобто обчислення $U_\Sigma = U_{1в} + U_{2в} + U_{3в} + U_{4в}$ та обчислення переміщення діафрагми 8 по горизонту x і по вертикалі у відповідно до формул:

$$x = \frac{(U_{1в} + U_{2в}) - (U_{3в} + U_{4в})}{U_\Sigma} \cdot m,$$

де:

m - масштабний коефіцієнт і обчислення різниці сигналів $\Delta U = U_{\Sigma} - U_{on}$, де U_{on} - опорна напруга, яка занесена в пам'ять логічного обчислювального пристрою 13. Сигнал ΔU надходить на вхід генератора 11. Електричний зв'язок між логічним обчислювальним пристроєм 13 та генератором 11 є негативним зворотнім зв'язком. Можливий варіант виконання логічного обчислювального пристрою 13 з використанням замість мікропроцесора двох суматорів-віднімачів, диференційного підсилювача, інвертора та джерела опорної напруги. В цьому випадку, в одному суматорі-віднімачі визначається значення, $x' = (U_{1B} + U_{2B}) - (U_{3B} + U_{4B})$, пропорційне переміщенню по одній координаті, в іншому - значення $y' = (U_{1B} + U_{4B}) - (U_{2B} + U_{3B})$, пропорційне переміщенню діафрагми по другій координаті. Суматор визначає суму U_{Σ} сигналів з випрямлячів, диференціальний підсилювач, інвертор та джерело опорної напруги мають можливість визначати різницевий сигнал $\Delta U = U_{\Sigma} - U_{on}$.

У варіанті виконання пристрою, при якому фотоприймач 6 виконаний чотирьохплощадковим, діафрагма 8 виконана у вигляді квадрата або хреста (Фіг.3, 4). Центр пересічення 14 трьох відбивальних дзеркал, тобто центр пересічення ребер 17 суміщено з центром квадрата або хреста. Периметр квадрата більше діапазону вимірювання, сторони квадрата розташовані паралельно взаємно перпендикулярним лініям поділу (проекції 15 і 16) чотирьохплощадкового фотоприймача 6.

Ширина 18^1 , 18^2 кожного з двох взаємно перпендикулярних прямокутників, які створюють хрест, більше діапазону вимірювання. Сторони хреста 18^1 , 18^2 (ширина) розташовані паралельно взаємно перпендикулярним лініям поділу (проекція 15 і 16) чотирьохплощадкового фотоприймача 6.

У варіанті виконання пристрою, при якому світлочутлива площадка фотоприймача 6 виконана у вигляді лінійки з зарядовим зв'язком, діафрагма 8 виконана у вигляді двох прозорих прямокутників, розташованих під кутом меншим 90° один до одного симетрично одній з площин вимірювання, тобто осі 20 (Фіг.5). Довга сторона проекції 19 на площині діафрагми 8 світлочутливої площадки фотоприймача 6 збігається з іншою (перпендикулярною) площиною. Прямокутники розташовані і нахилені таким чином, що різниця відстаней Б і Г між краями двох прямокутників більша або дорівнює діапазону вимірювання в напрямку, перпендикулярному довгій стороні світлочутливої площадки (тобто проекції 19) фотоприймача, 6. Об'єктив 3 проектує світлочутливу площадку фотоприймача 6 в площину діафрагми 8 зі збільшенням у вигляді проекції 19. За кожним прямокутником діафрагми 8 розташовано відбивач з трьома відбивними взаємно перпендикулярними дзеркалами (7, 21).

Центр 14^1 пересічення трьох відбивних дзеркал першого відбивача 7^1 розташовано симетрично першому прямокутнику.

Центр 14^2 пересічення трьох відбивних дзеркал другого відбивача 21 розташовано симетрично другому прямокутнику діафрагми 8.

Центр пересічення 14^1 відбивних дзеркал першого відбивача 7 формується при пересіченні ребер 17 (дзеркал).

Центр пересічення 14 відбивних дзеркал другого відбивача 21 формується при пересіченні ребер 23 (дзеркал).

Електронний блок 10 виконано з можливістю визначення відстані між краєм проекції 19 світлочутливої площадки фотоприймача 6 на площину діафрагми 8 до центрів пересічення прямокутників з нею, тобто вимірювання відстаней, які відповідають величинам A_1 та A_2 . Вихід електронного блока 10 електрично з'єднано з входом обчислювача 22. Обчислювач 22 виконано з можливістю обчислювання напісуми

$$C = \frac{A_1 + A_2}{2} \text{ і різниці } D = A_2 - A_1.$$

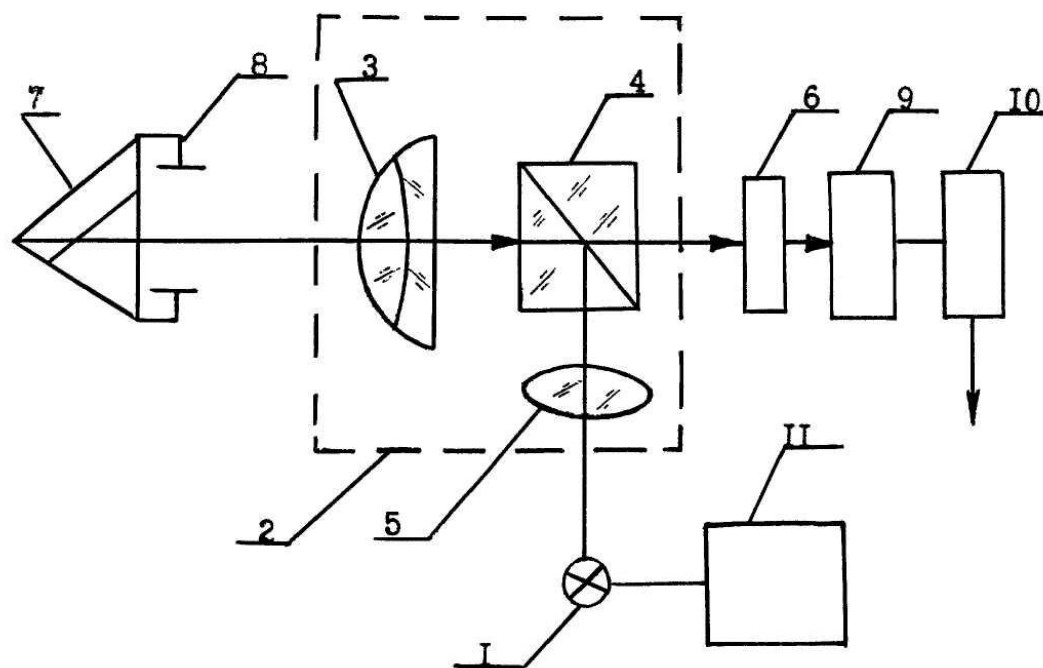
Крім того обчислювач 22 виконано з можливістю віднімання із цих величин відповідно половини проекції світлочутливої площадки 19 C_0 (т.е. $x \in C - C_0$) і відстані між центрами прямокутників D_0 (т.е. $y = D - D_0$), які зберігалися в пам'яті обчислювача 22. Величини x та y пропорційні вимірюваним величинам переміщення діафрагми 8 в горизонтальній та вертикальній площині.

Модульоване світло від випромінювача 1, яке пройшло через конденсор 5 і світлоподільник 4 оптичного блока 2, формується об'єктивом 3 у світловий пучок, який спрямовується на діафрагму 8. Світловий пучок формується об'єктивом 3 і конденсором таким чином, що світлова пляма в площині діафрагми 8 більша або дорівнює величині, рівній сумі габаритних розмірів діафрагми 8 та величині діапазону її переміщення. Освітлює повністю діафрагму 8, світловий пучок проходить через неї, попадає на відбивач 7 (трипельпризму), відбивається від неї точно в протилежному напрямку, знову проходить через діафрагму 8 і попадає на об'єктив 3. Об'єктив 3 формує зображення діафрагми 8 на світлочутливу площадку фотоприймача 6. Таким чином, в площині світлочутливого шару фотоприймача 6 формується зображення квадрату, хреста або двох нахилених один до одного прямокутників. Якщо діафрагма 8 і призма 7 одночасно змістяться в напрямку, перпендикулярному візирній осі пристрою (яка проходить через центр об'єктива 3 і центр світлочутливої площадки фотоприймача 6), тобто в площині освітлюваної зони, то зображення також переміститься по світлочутливій площадці фотоприймача 6. Якщо фотоприймач 6 виконано чотирьохплощадковим, то поверхня, яку займає зображення діафрагми 8, одних світлочутливих площадок фотоприймача 6 буде більше інших. Відповідно, з площадок фотоприймача 6 з'являться різні сигнали. Ці змінні сигнали після проходження підсилювачів 9^1 , 9^2 , 9^3 , 9^4 випрямляються у випрямлячах 12^1 , 12^2 , 12^3 , 12^4 і поступають на логічний обчислювальний пристрій 13. У даному приладі спочатку визначається сумарний сигнал U_{Σ} і різницевий $\Delta U = U_{\Sigma} - U_{on}$. Цей різницевий сигнал надходить до генератора 11, де збільшує або зменшує величину сигналу, який надходить на джерело світла 1. Таким чином, джерело світла 1 буде випромінювати такий світловий потік, при якому сумарний сигнал U_{Σ} буде наближуватись до опорного сигналу U_{on} , який є в пам'яті логічного обчислювального пристрою 13. Опорному сигналу U_{on} буде відповідати певна величина переміщення діафрагми 8 (масштабний коефіцієнт m). Після визначення сигналів U_{Σ} і ΔU логічний обчислювальний пристрій 13 визначає переміщення діафрагми 8 в горизонтальній x та вертикальній y площинах. У варіанті пристрою,

що заявляється, світлочутлива площадка фотоприймача 6 виконана у вигляді лінійки з зарядовим зв'язком, переміщення зображення діафрагми 8 викликає зміни (з виходу блока 10) величини сигналів, відповідних значенню відстаней A_1 , A_2 . Далі обчислювач 22 визначає величину переміщення діафрагми 8 в горизонтальній та вертикальній площинах за формулами:

$$x = \frac{A_1 + A_2}{2} - C_0;$$

$$y = A_2 - A_1 - D_0.$$



Фіг. 1

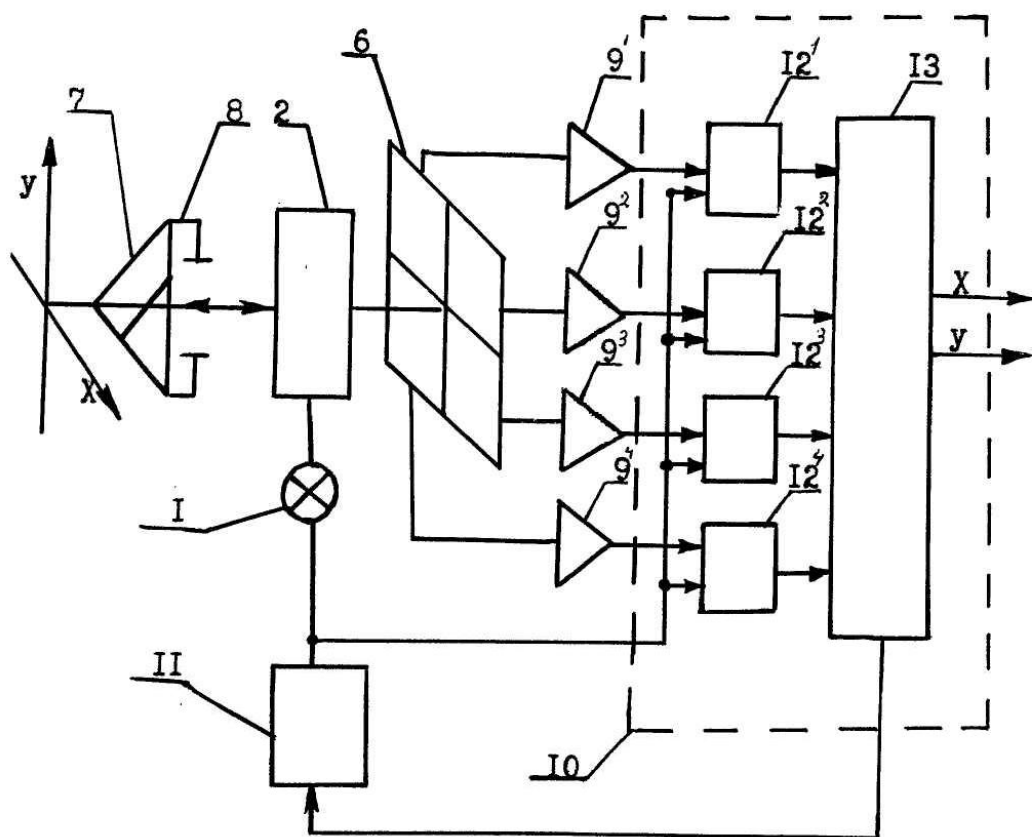


Fig. 2

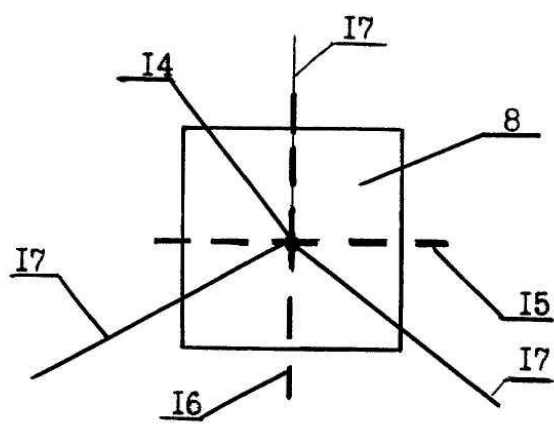


Fig. 3

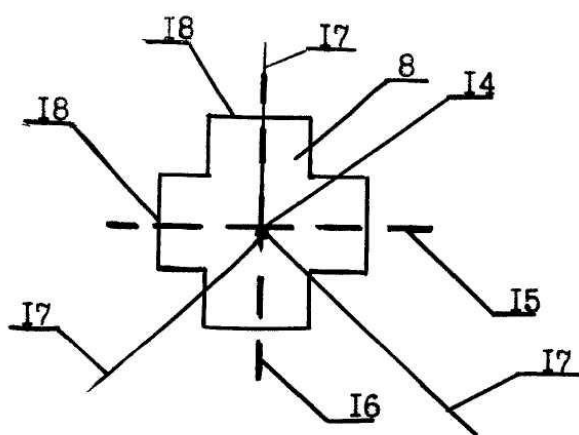


Fig. 4

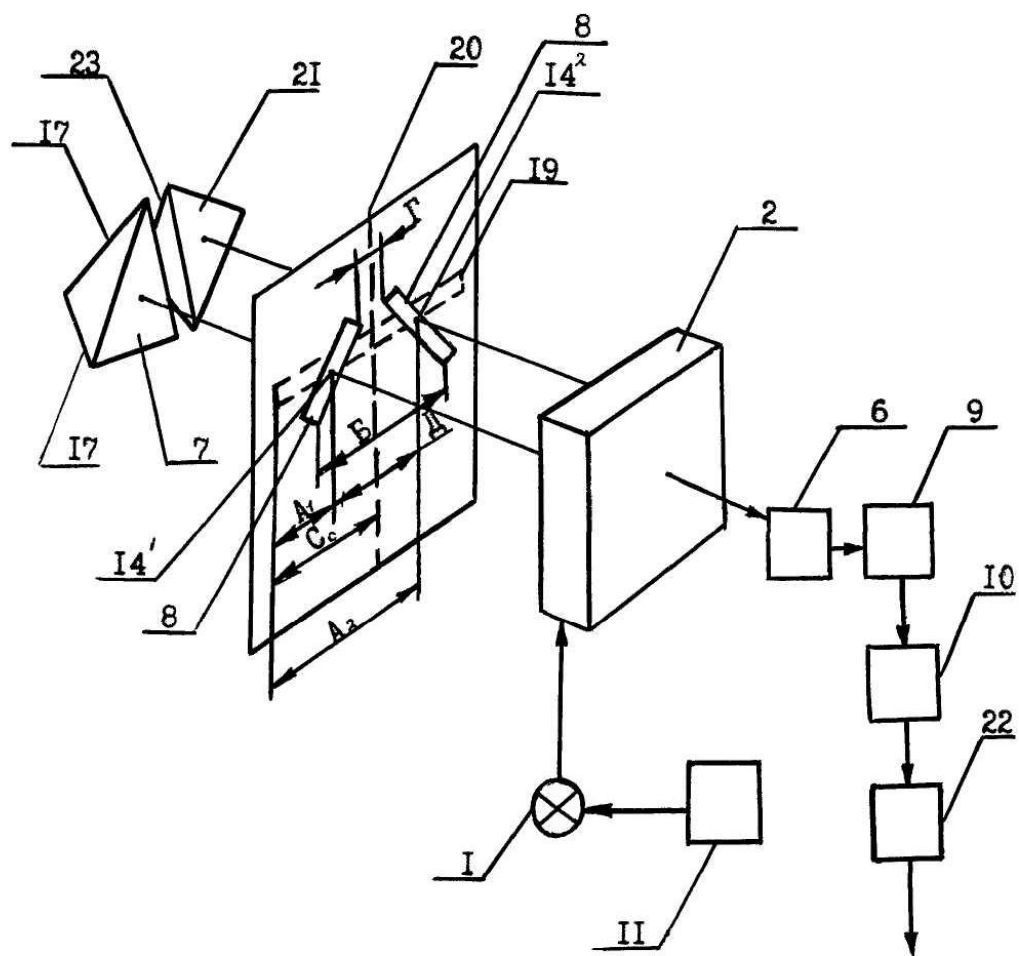


Fig. 5