

ЛЕКЦІЯ

ОПТОЕЛЕКТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ПЕРЕМІЩЕНЬ

План:

1. Метод растра.
2. Метод муара.
3. Інтерференційний метод.

Перетворювачі переміщень застосовують при вимірюваннях сили, моменту сил або тиску. Їх розділяють на перетворювачі малих переміщень (2-3 мм для лінійних та $2^\circ - 3^\circ$ для кутових переміщень) та перетворювачі великих переміщень (до кількох метрів для лінійних і 25 – 40 обертів для кутових переміщень).

В попередніх лекціях для вимірювання переміщень були розглянуті реостатні, тензочутливі, індуктивні та ємнісні перетворювачі. Високу точність вимірювань переміщення досягають також безконтактні оптоелектричні методи, основані на використанні методів **растру та муара**.

В методі **растру** використовують дві плоскі прозорі скляні пластини з нанесеними паралельними непрозорими штрихами, рис.1 а,б). Відстань «а» «b» між штрихами на кожній пластині постійна, але для двох пластин дещо відрізняється. Величина відстані лежить в межах десятих долей міліметра.

При накладанні пластин одна на одну та їх просвічуванні спостерігаються зони згущення та розрідження штрихів , як на рис.2.

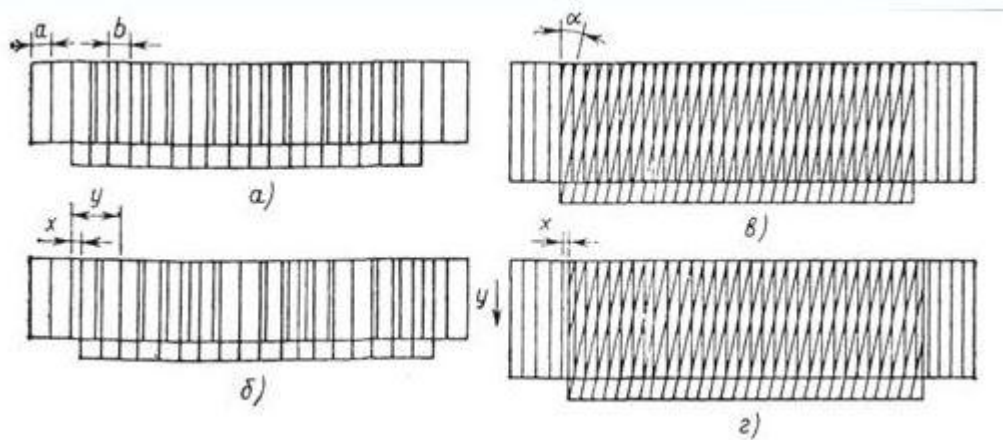


Рис.1 . Растровий – а,б) та муаровий – в,г) перетворювачі переміщень .

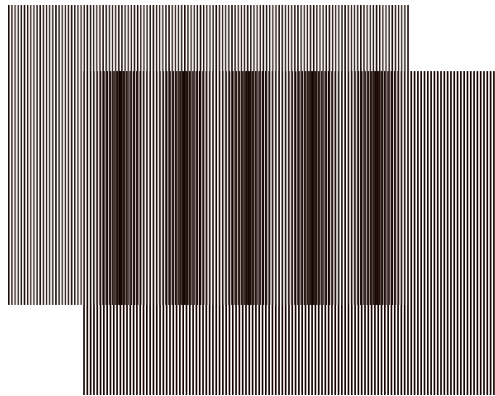


Рис.2. Зони згущення штрихів (темні полоси) в методі растра.

Переміщення «х» одного растра відносно іншого в напрямку, перпендикулярному штрихам, викликає переміщення «у» зон згущення штрихів в тому же напрямку, проте значення цього переміщення виявляється набагато більше, ніж значення вимірюємого, тобто відбувається оптична редукція. Зв'язок між «у» та «х» обраховують по формулі:

$$y = \frac{x}{(1-b/a)} \quad (1)$$

Рівняння 1 являється функцією перетворення даного перетворювача. Визначимо

чутливість перетворення $S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$. (2)

$$\Delta y = \frac{\partial y}{\partial x} \Delta x = \frac{1}{1-b/a} \Delta x, \quad (3)$$

$$S = \frac{1}{1-b/a} \quad (4)$$

На рис.3 наведено графік залежності чутливості S від співвідношення періодів обох растрів b/a.

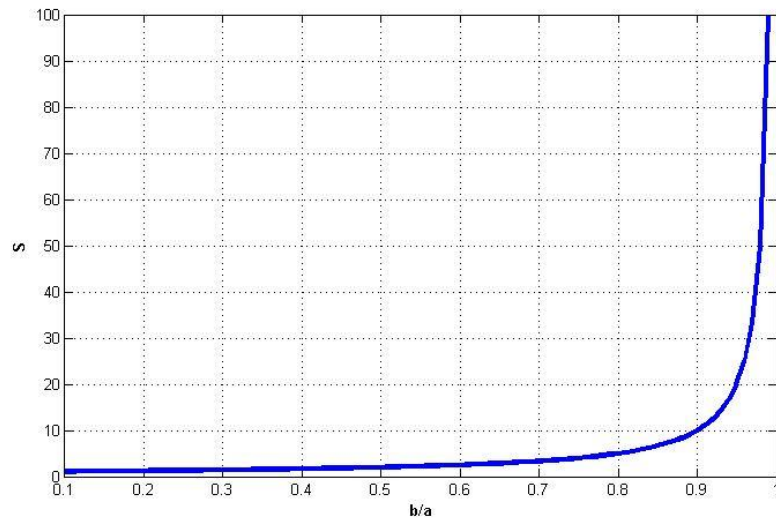


Рис.3. Графік чутливості S функції перетворення залежно від відношення d/a періодів штрихів.

Із графіка слідує, що чим менша відмінність між періодами штрихів обох растрів тим більша чутливість перетворення S. На практиці величина чутливості обмежується точністю визначення періоду картини муара, оскільки його величина безмежно зростає.

Приклад:

Якщо зміщення одного з растрів $x = 0.01\text{мм}$, то при співвідношенні періодів штрихів растрів $b = 0.999a$ отримуємо величину переміщення зони згущення штрихів $y = 10\text{мм}$.

В методі муара растри на обох пластинах мають однаковий період штрихів, але розміщені під невеликим кутом α один до одного, рис.1 в,г) . При взаємному

накладанні растрів та їх просвічування спостерігаються світлі та темні полоси, що йдуть поперек штрихів, які називають комбінаційними або муаровими полосами, рис.4.

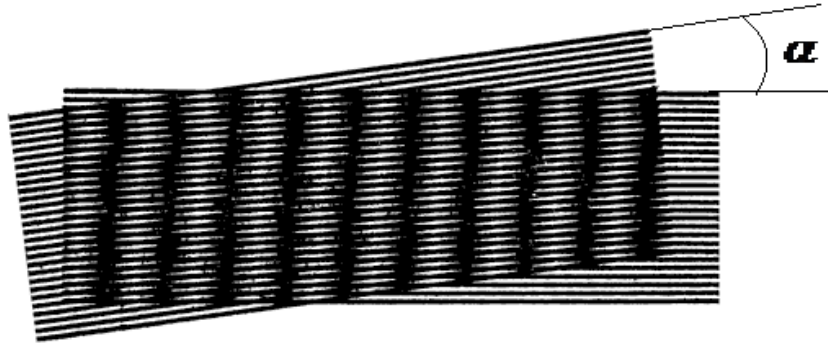


Рис.4 . Зони згущення штрихів в методі муара.

Переміщення «х» одного із растрів викликає значно більше переміщення «у» муарових полос в напрямку, перпендикулярному напрямку руху растра, тобто також відбувається оптична редукція. Значення цих переміщень пов'язані співвідношенням :

$$y = \frac{x}{\sin \alpha} \quad (2)$$

Наявність оптичної редукції в методах растра та муара дозволяє досягнути високої чутливості до вимірюемого переміщення. Графік чутливості функції перетворення (2) від кута розвороту обох растрів приведена на рис.5.

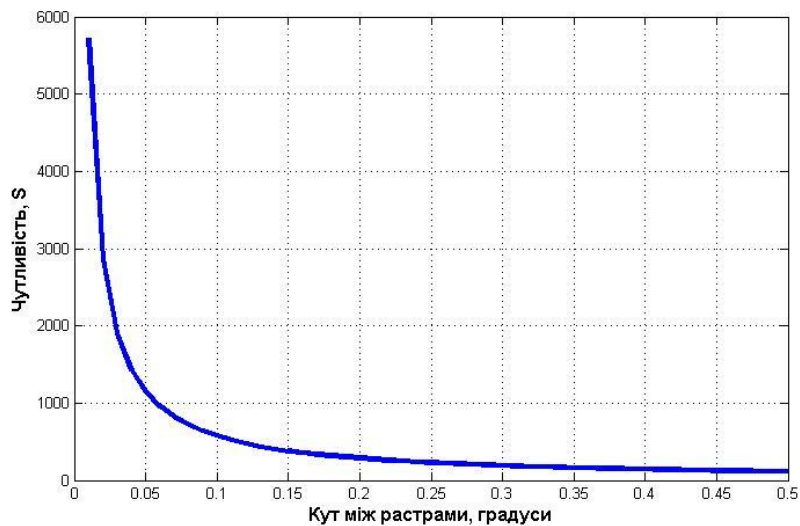


Рис.5. Залежність чутливості перетворення від кута між обома растрами.

Із наведеного графіка слідує, що при зростанні кута між растрами чутливість нелінійно зменшується.

При вимірюванні переміщень від долей мікрона до метра використовують лазерні інтерферометри. У цих приладах відбувається складання двох світлових потоків, один з яких проходить постійних шлях, а другий – шлях, що залежить від вимірюваної відстані.

На рис.6 зображена принципова схема лазерного інтерферометра, зібраного по класичній схемі інтерферометра Майкельсона. Лазер випромінює світловий потік Φ , який пластинною 2 ділиться на два потоки – Φ_1 , Φ_2 . Потік Φ_1 відбиваючись від пластини 2, а згодом від дзеркала 3 попадає на фотоелемент 1. Потік Φ_2 , що пройшов через пластину 2, падає перпендикулярно на дзеркальну поверхню тіла 4, переміщення якого «х» вимірюється.

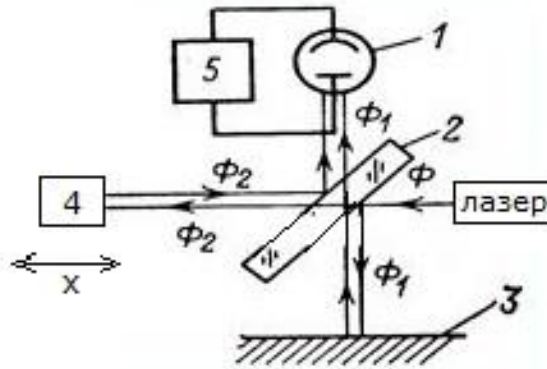


Рис.6. Схема лазерного інтерферометра.

В площині фотоелемента 1 потоки Φ_1 , Φ_2 складаються в результаті чого утворюється інтерференційна картина, вигляд якої зображено на рис.7 а).

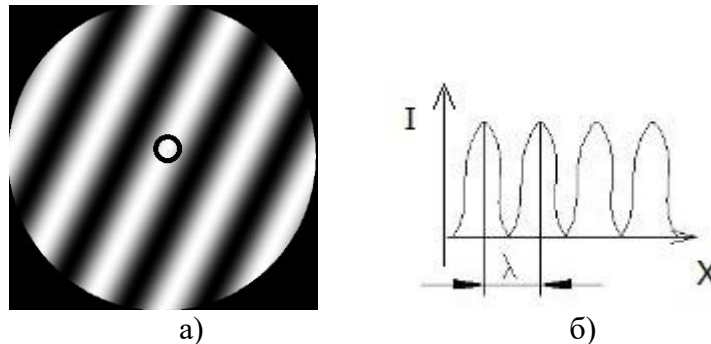


Рис.7. Інтерференційна картина в площині фотоелемента –а) та зміна фотоструму I залежно від переміщення x – б).

У разі переміщення тіла 4 система інтерференційних полос буде переміщуватись перпендикулярно площині в якій ідуть обидва потоки Φ_1 , Φ_2 . Якщо ж перед фотоелементом 1 встановити непрозору діафрагму з невеликим отвором (показано у вигляді кружка на рис.7) то величина фотоструму « I » буде періодично змінюватись залежно від переміщення « x » рис.7 б). Число підрахованих за допомогою лічильника 5 періодів фотоструму « k » пов'язано з величиною переміщення « x » тіла 4 наступним співвідношенням:

$$x = k\lambda / 2 \quad (3)$$

де λ - довжина хвилі лазера.

При вимірюваннях переміщень до 1 метра похибка вимірювань складає 0.1 – 1 мкм.