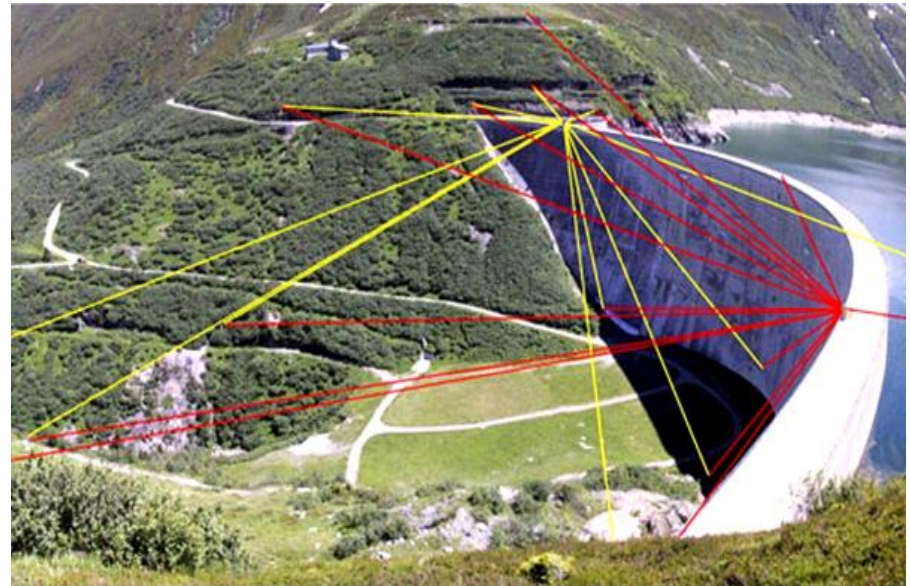
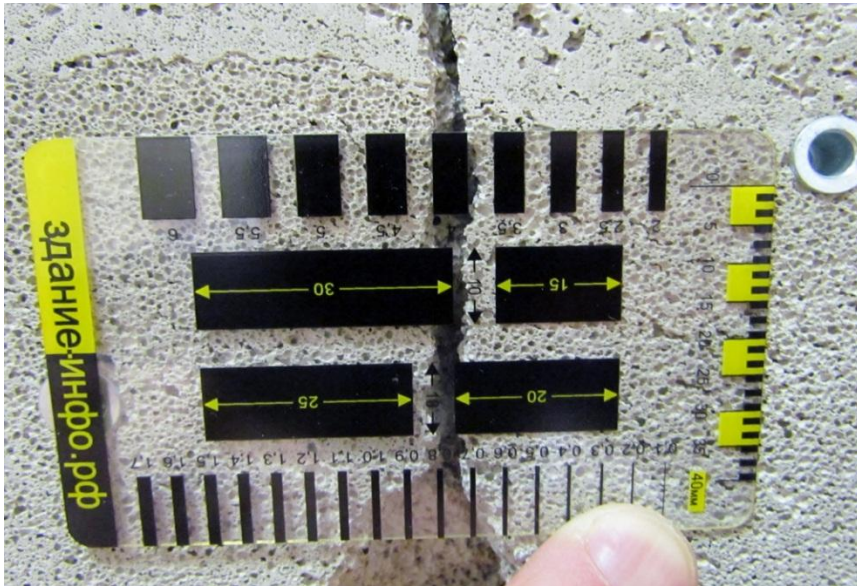


# ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ДЕФОРМАЦІЇ



Студент групи ЛТО-17мз:  
Стадник М. В.

Науковий керівник:  
доц. каф. ЛОТ  
Тарновський М.Г.



## Мета роботи:

спрощення апаратної реалізації та розширення можливостей застосування оптико-електронної системи дистанційного контролю деформації

## Основні задачі:

1. Аналіз сучасних оптичних методів контролю деформацій.
2. Вибір методу контролю деформації, визначення шляхів його покращення та підходів до можливого застосування.
3. Визначення принципів побудови оптико-електронної системи контролю деформації зі спрощеною апаратною реалізацією та розширеними можливостями застосування.

## Об'єкт дослідження:

явище дифузійного розсіювання когерентного випромінювання поверхнею об'єкта

## Предмет дослідження:

методи та засоби кореляційного аналізу цифрових зображень, отриманих у когерентному випромінюванні



## Наукова новизна отриманих результатів:

Набув подальшого розвитку метод вимірювання деформацій на основі кореляційного аналізу зображень поверхні об'єкта, при якому за рахунок використання когерентного випромінювання для отримання зображень стало можливим його застосування для контролю деформацій об'єктів з оптично однорідною поверхнею.

## Практичне значення отриманих результатів :

1. Запропоновано підходи до структурної та функціональної побудови оптико-електронної системи контролю деформації за методом кореляційного аналізу спекл-картин, отримуваних при освітленні поверхні контрольованого об'єкта когерентним випромінюванням.
2. Запропонована система може бути використана для дистанційного контролю деформації об'єктів з оптично однорідною поверхнею без проведення процедури попереднього нанесення маркерів.

# Оптичні методи вимірювання деформації

**Оптичні методи** неруйнівного контролю засновані на використанні явищ відбивання, поглинання, поляризації, інтерференції і дифракції світла, що проявляються при його взаємодії з контрольованим об'єктом при отриманні інформації про стан цього об'єкта.

## **Основні переваги оптичних методів:**

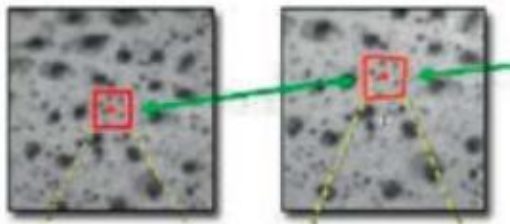
1. Можливість функціонувати без електричного та механічного контакту з вимірюваним об'єктом.
2. Висока точність вимірів.
3. Простота інтерпретації даних.
4. Неруйнівна методика проведення вимірювань.
5. Можливість використання для різноманітних матеріалів

# Методи кореляції цифрових зображень та спекл-інтерферометрії

Вимірювання деформацій за **методом кореляції цифрових зображень** полягає у відстеженні змін у зображенні невеликої ділянки поверхні.

Для обчислення переміщення точки  $P$ , на зображенні виділяється квадратна ділянка розміром  $(2M + 1) \times (2M + 1)$  пікселів з центром в точці  $P(x_0, y_0)$ .

Схожість ділянок зображення на вихідному і деформованому зображенні визначають за коефіцієнтом кроскореляції



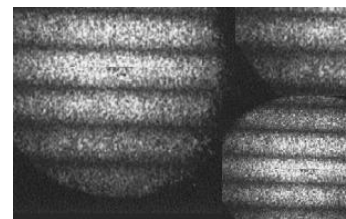
## Недоліки:

1. Залежність результатів вимірювання від структури поверхні.
2. На вид кореляційного максимуму сильно впливають зміна масштабу та локальні повороти ділянок

**Спекл** – це інтерференційна картина, що утворюється при падінні когерентного випромінювання на шорстку поверхню.

При накладанні на спекл-поле опорної хвилі в межах спеклів утворюється інтерференційна картина.

Вимірювання деформацій за **методом спекл-інтерферометрії** здійснюється за змінами інтерференційної картини.

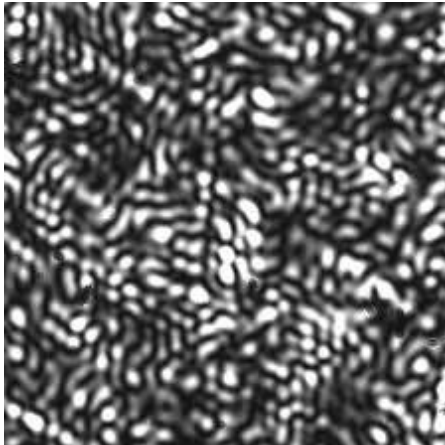


## Недоліки:

1. Для інтерференційної картини спекли є шумом, що ускладнює обробку інтерференційних смуг.
2. Труднощі реєстрації порівняно великих зсувів поверхні.

# Метод кореляційного аналізу спекл-картин

Зображення поверхні при її освітленні когерентним випромінюванням –  
**спекл-картина**



Нехай дві матриці розмірністю  $n \times m$  з розподілом інтенсивності  $I_1(x, y)$  та  $I_2(x, y)$  - це цифрові зображеннями спекл-поля поверхні при початковому та деформованому стані об'єкта

Тоді зображення  $I_2(x, y)$  – це поперечно зсунуте на  $\Delta x, \Delta y$  зображення  $I_1(x, y)$

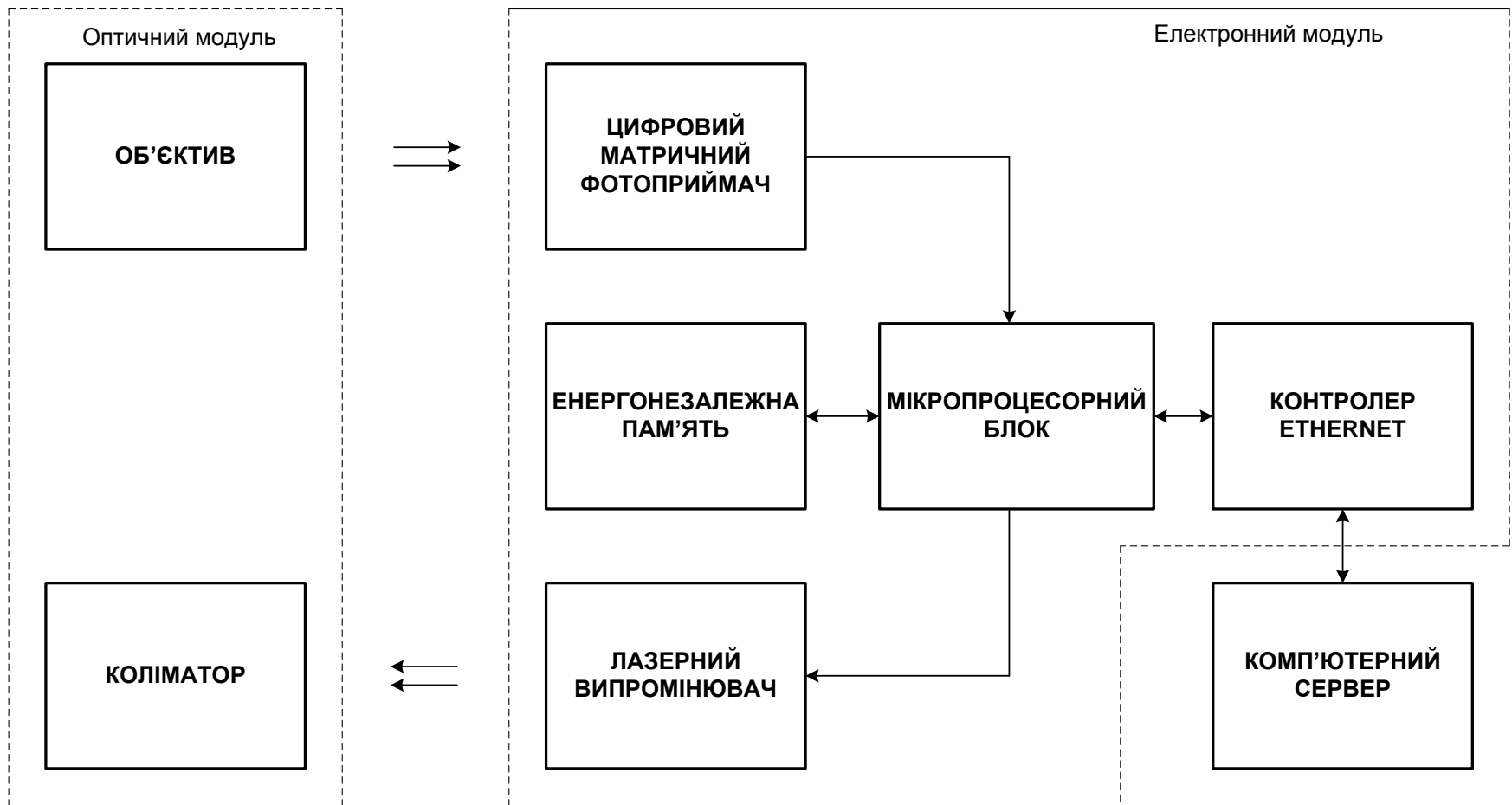
Звідси поперечний зсув спекл-поля  $\Delta x, \Delta y$  може бути визначений за функцією кореляції функцій  $I_1(x, y)$  та  $I_2(x, y)$ :

$$R(x', y') = \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m I_1(x, y) \cdot I_2(x - x', y - y')$$

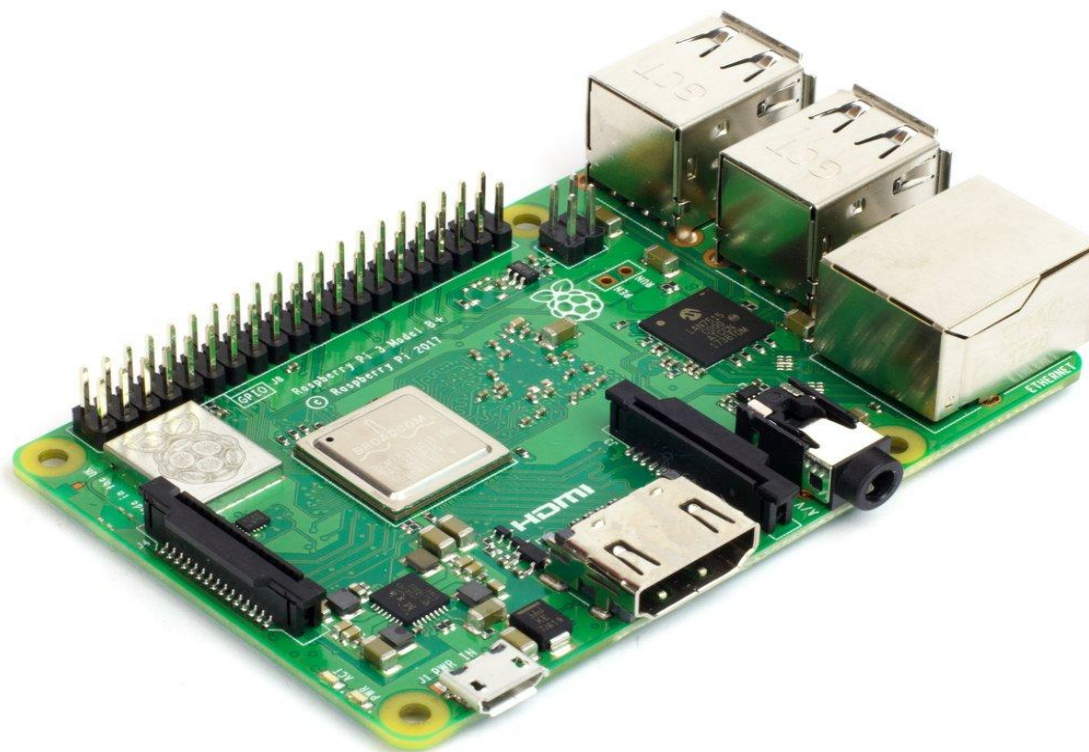
Функція кореляції  $R(x', y')$  буде мати максимум при  $x' = \Delta x$  та  $y' = \Delta y$ .



# Структурна схема оптико-електронної системи контролю деформації

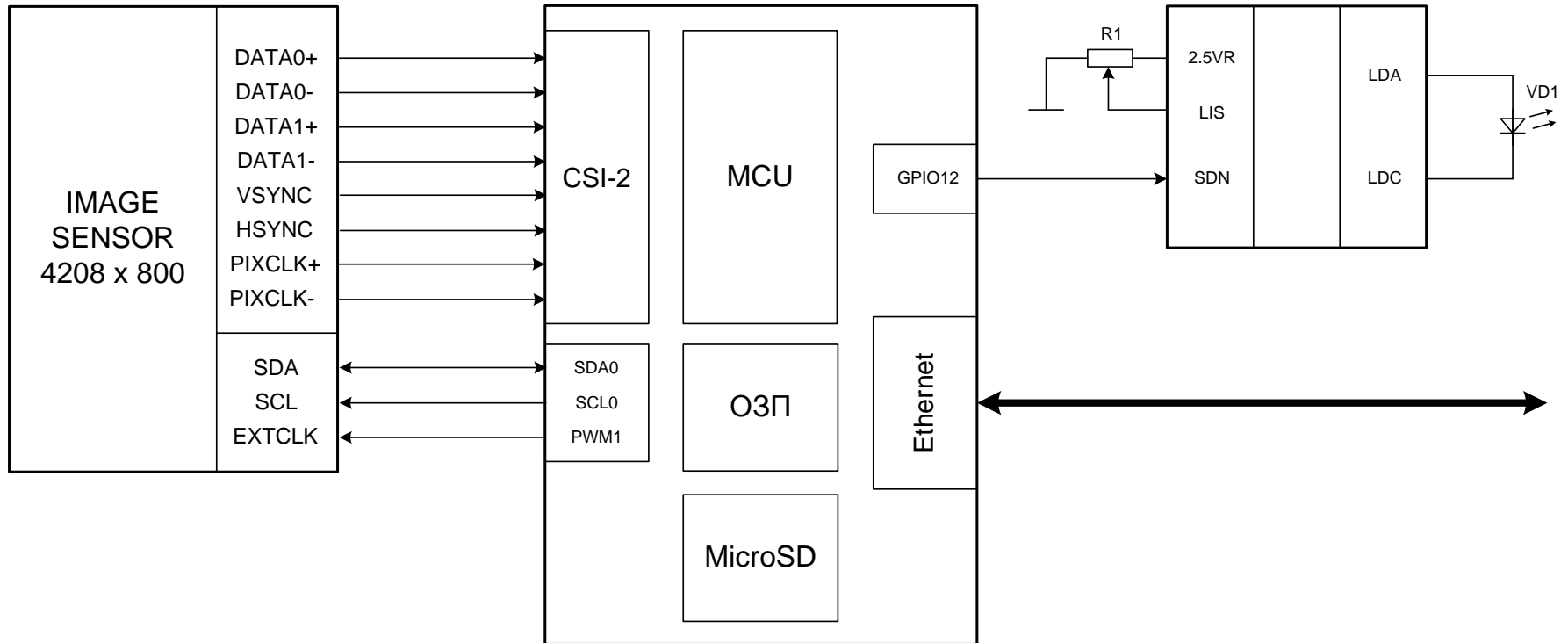


# Одноплатный компьютер Raspberry Pi 3 Model B+

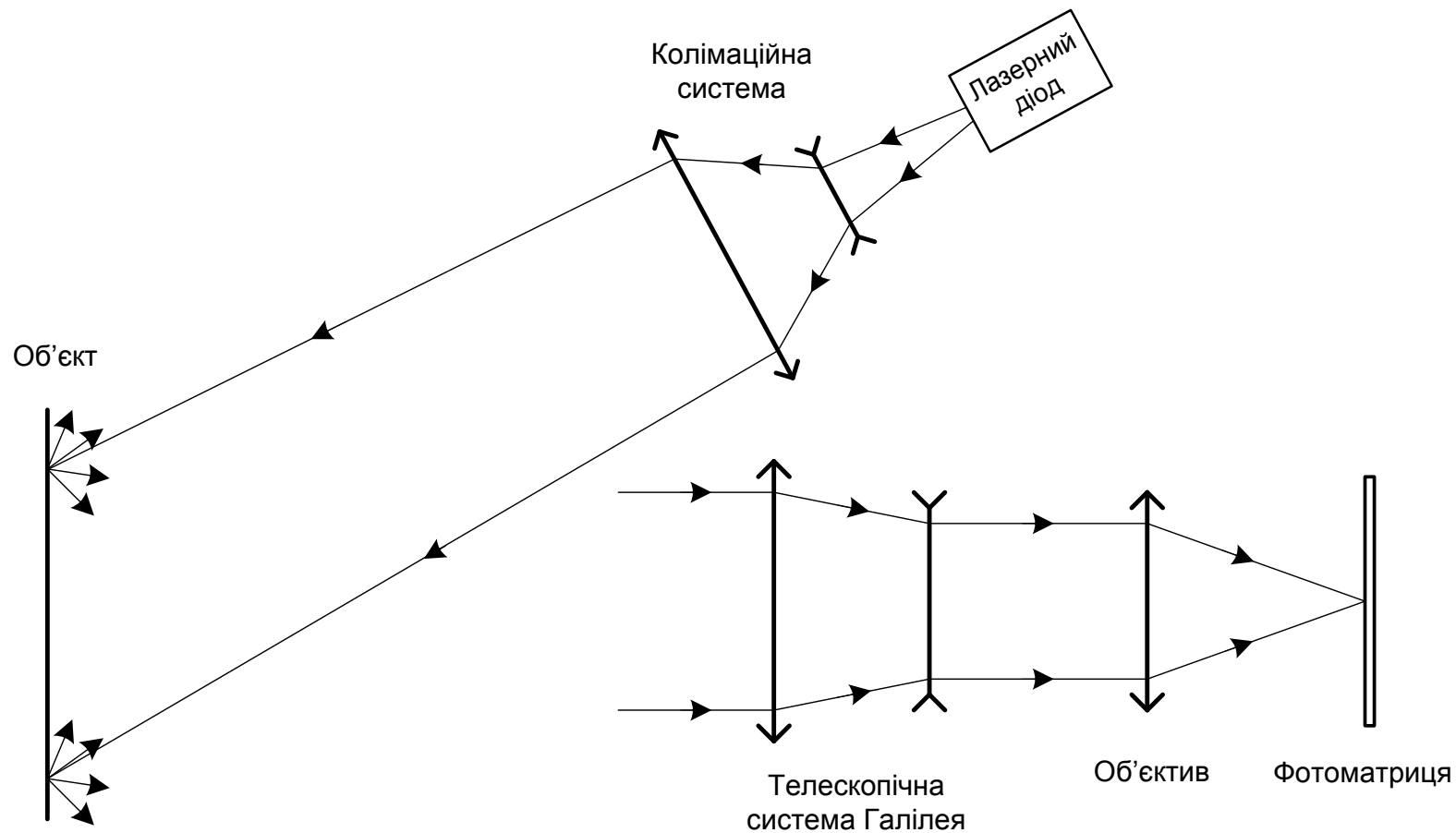


# Функціональна схема оптико-електронної системи контролю деформації

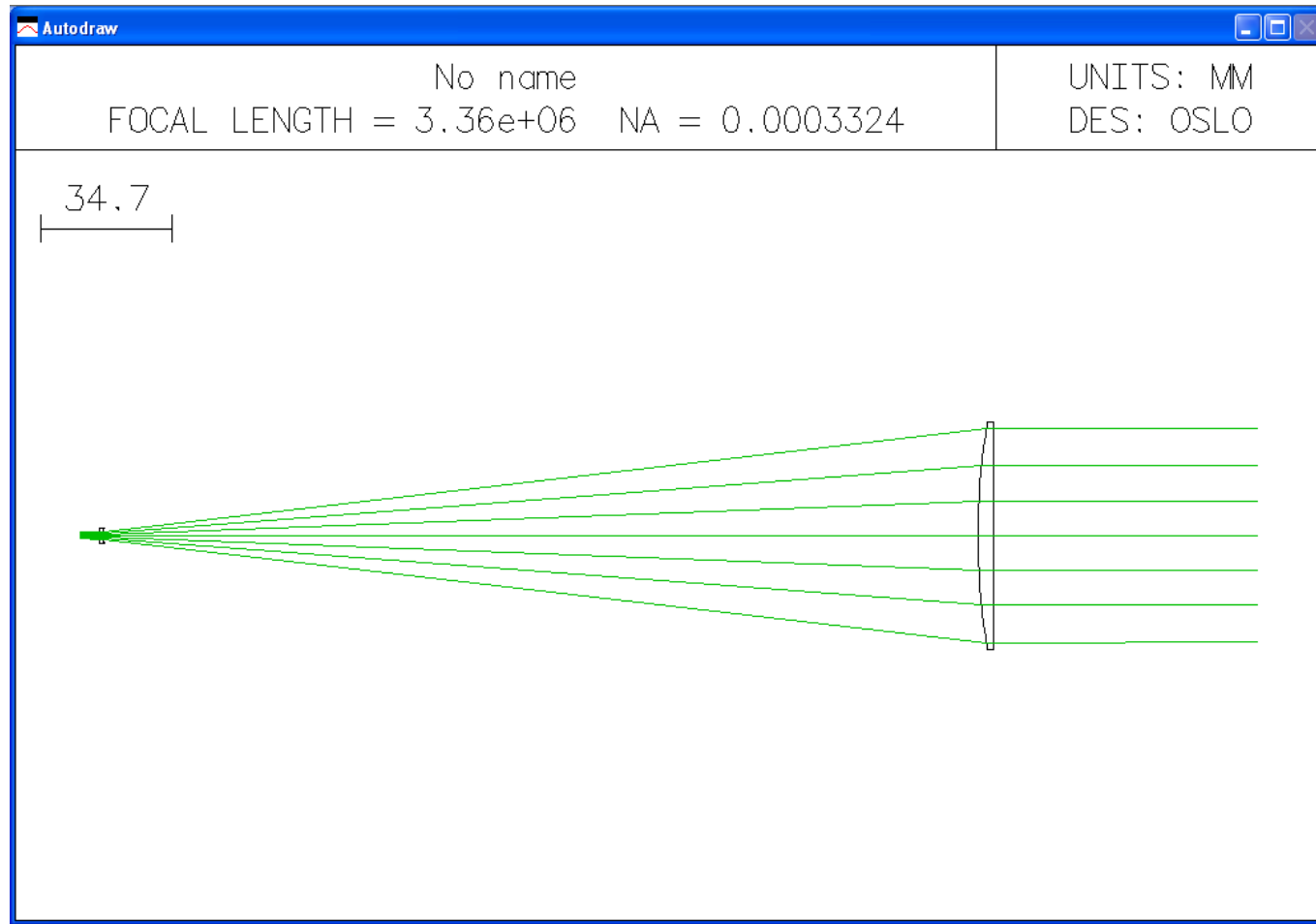
Одноплатний комп'ютер  
Raspberry Pi 3 Model B+



# Оптична функціональна схема оптико-електронної системи контролю деформації

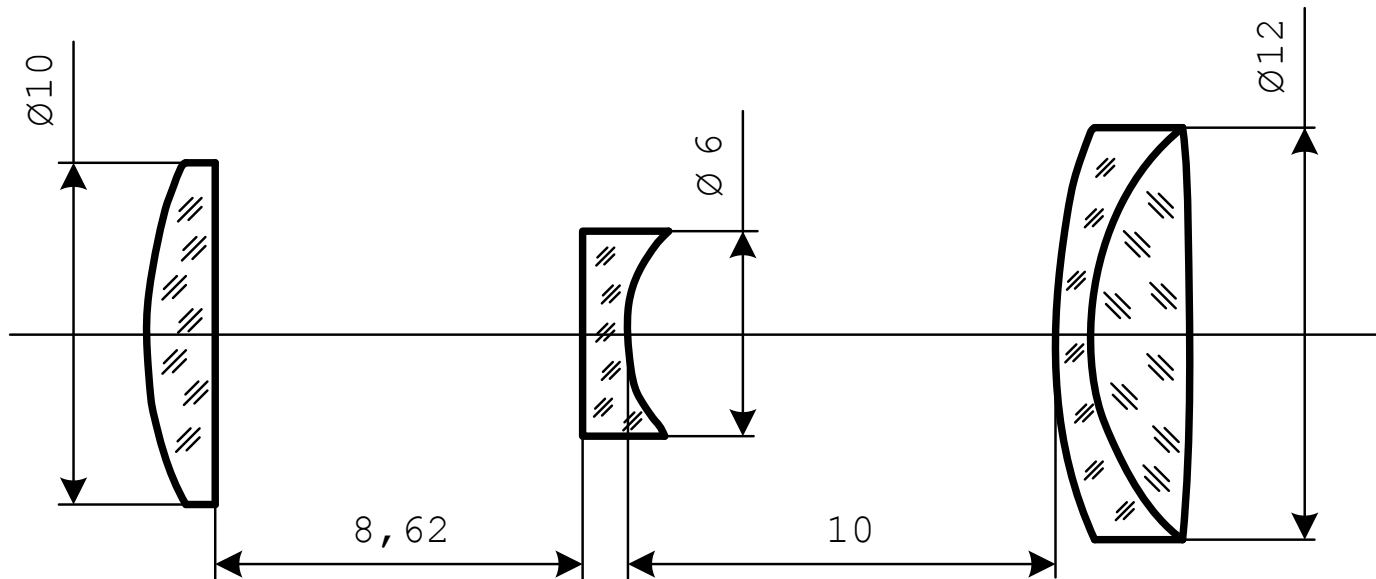


# Результати моделювання ходу променів через колімаційну систему

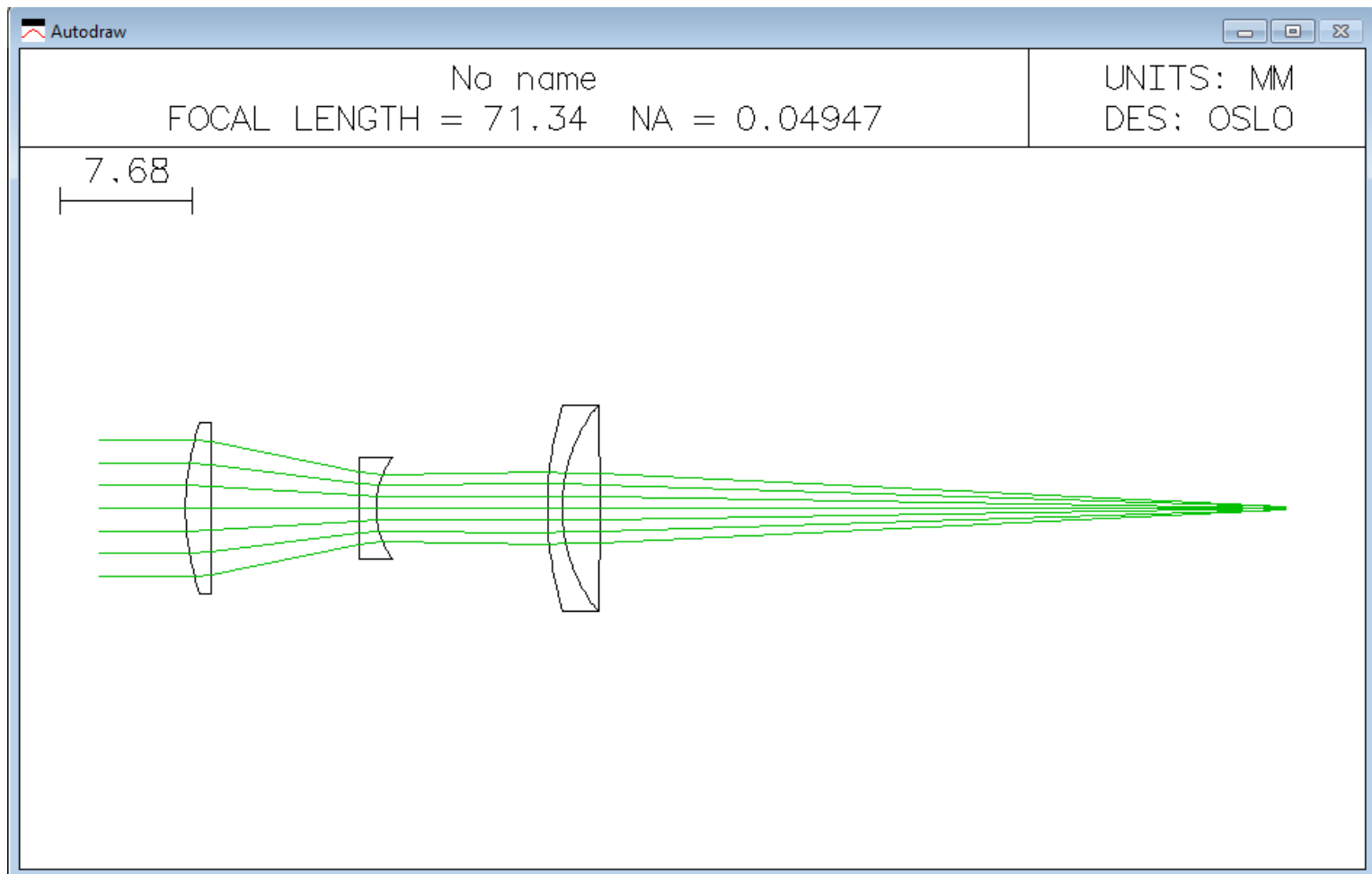




# Оптична схема об'єктива



# Результати моделювання ходу променів через об'єктив



# Висновки

1. Аналіз сучасних оптичних методів вимірювання деформації показав, що найбільш перспективним є метод спекл-інтерферометрії, оскільки він придатний до застосування з цифровими засобами реєстрації зображень та не вимагає попередньої підготовки поверхні об'єкта.
2. Спекл-картина, яка утворюється при дифузійному розсіюванні когерентного випромінювання поверхнею об'єкта, несе інформацію про форму поверхні та її просторове положення, а тому чутлива до її зсувів. У зв'язку з цим деформація може бути виміряна за допомогою кореляційного аналізу зображень спекл-картин, отриманих у різні моменти часу. При цьому не має необхідності використовувати опорну хвилю, що спрощує апаратну реалізацію методу.
3. Спекл-картина будь-якої поверхні, мікрорельєф якої порівняний з довжиною хвилі когерентного випромінювання, характеризується випадковим перепадами інтенсивності світлового поля, що надає можливість застосувати методи кореляційного аналізу для порівняння зображень оптично однорідних поверхонь.
4. Запропоновані в роботі принципи побудови оптико-електронної системи дозволяють проводити безконтактний контроль деформації об'єктів на відстані від 0,7 м з реєстрацією поперечних зсувів поверхні від 12,9 мкм.