

УДК 535.015

О.С. Гудзь, студент гр. ПО-71мн, д.т.н., проф. Боровицький В.М.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПОКРАЩЕНА ОПТИЧНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦІЇ ДОСЛІДУ АББЕ-ПОРТЕРА

Анотація. У статті описується покращена оптична установка для демонстрації експерименту Аббе-Портера. Її ключовою особливістю є формування первинного і вторинного зображень (відповідно до теорії Аббе) разом на одному екрані.

Ключові слова: експеримент Аббе-Портера, первинне зображення, спектр, вторинне зображення, теорія Аббе, дифракційна ґратка, мікрооб'єкти.

ВСТУП

У оригінальному досліді Аббе [1-3] вчений встановив періодичний об'єкт – одновимірну дифракційну ґратку – у площині предмету системи мікроскопу і освітлював її паралельним пучком світла. Частина пучків світла, що пройшла крізь об'єкт і потрапила в оптичну систему, сфокусувалась у задній фокальній площині об'єктива мікроскопа, утворивши ряд яскравих дифракційних плям (первинне зображення або спектр об'єкту). В результаті накладання ці пучки інтерферують між собою і приймають участь в утворенні так званого «вторинного зображення», що і є зображенням об'єкта, яке буде мікроскоп у площині зображення системи. Встановивши в задньому фокусі мікрооб'єктива (площині первинного зображення) маску, яка перекриває лише непарні максимуми, Аббе спостерігав подвоєння частоти штрихів у площині вторинного зображення.

Пізніше такий дослід був повторений Портером [1-3] але для двовимірної решітки з перпендикулярно схрещеними штрихами. В задній фокальній площині мікрооб'єктива в якості спектру з'явилась двовимірна сукупність дифракційних максимумів, а в площині зображення – вторинне зображення двовимірного об'єкту. Використовуючи в якості маски горизонтальну щілину, вторинне зображення утворює набір вертикальних штрихів, при вертикальній щілині – набір горизонтальних штрихів. Такий дослід увійшов в історію як дослід Аббе-Портера.

Сучасний експеримент Аббе-Портера повторюють, розміщуючи елементи на оптичній лаві і по чергово споглядаючи або зображення, або спектр.

КОНСТРУКЦІЯ УСТАНОВКИ

Установка містить невелику металеву опорну плиту, джерело світла (зелений лазер), об'єкт (одно- або двовимірну решітку) з тримачем, об'єктив мікроскопа, в задній фокальній площині якого утворюється первинне зображення об'єкту (просторовий спектр), світлоподільну пластину, монокуляр, який проектує первинне зображення зі збільшенням на екран, дзеркало і CCD об'єктив, які будуються збільшене вторинне зображення у площині зображення – на екрані (рисунок 1). Вона компактна і економічна. Її перевагою є можливість спостерігати первинне (просторовий спектр) і вторинне (збіль-

шене зображення) зображення разом в одній площині з аналогічними розмірами. Це дає змогу відслідковувати, як наявність маски в задньому фокусі мікрооб'єктива змінює структуру зображення об'єкта.

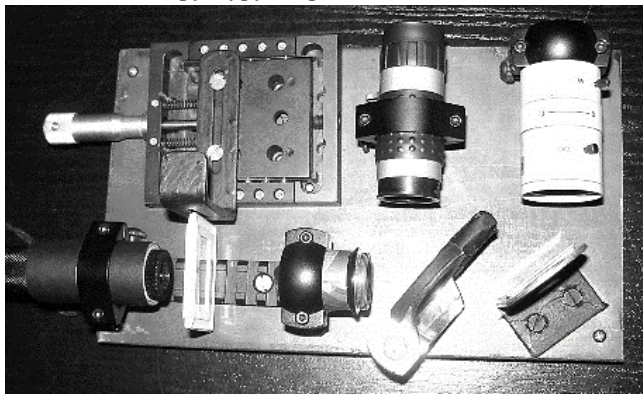


Рисунок 1. Покращена оптична установка для демонстрації досліду Аббе-Портєра

ОДНОВИМІРНА ДИФРАКЦІЙНА ГРАТКА

При встановленні у площині предмету мікрооб'єктива одновимірної дифракційної ґратки отримуємо її спектр – набір дискретних яскравих плям – у задній фокальній площині мікрооб'єктива та її зображення – набір штрихів решітки – у площині зображення мікрооб'єктива. Обидві картини перенесені на один екран зі збільшенням (рисунок 2).

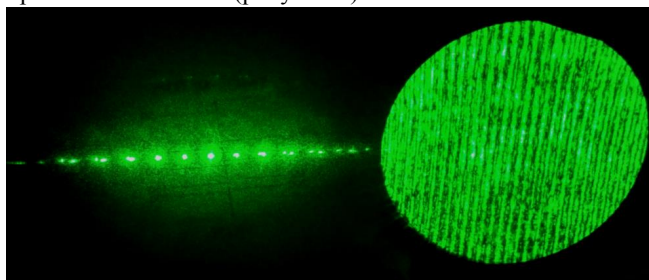


Рисунок 2. Спектр та зображення одновимірної ґратки

ДВОВИМІРНА ДИФРАКЦІЙНА ГРАТКА

При встановленні у площині предмету об'єктива мікроскопа двовимірної дифракційної ґратки у задній фокальній площині його отримуємо двовимірний набір окремих яскравих плям та зображення решітки у вигляді сітки у площині його зображення, збільшені та перенесені на спільний екран (рисунок 3).

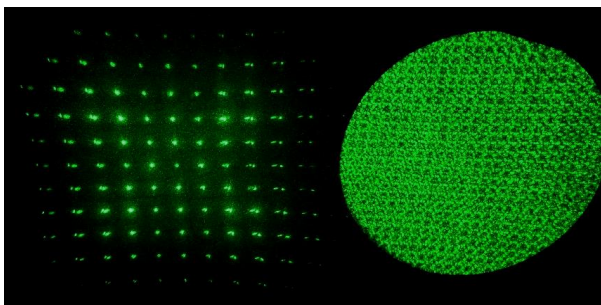


Рисунок 3. Спектр та зображення двовимірної ґратки

РЕЗУЛЬТАТ ТА ОСОБЛИВОСТІ

При аналізі зображень у програмі Pixel Profile було отримано графіки: профіль зрізу фрагмента спектру (рисунок 4) та профіль зрізу фрагмента зображення (рисунок 5).

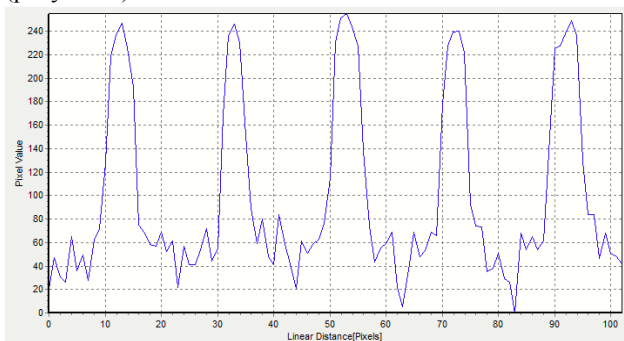


Рисунок 4. Профіль зрізу фрагмента спектра

На графіку для спектру ясно видно яскраві періодичні ділянки – дифракційні максимуми.

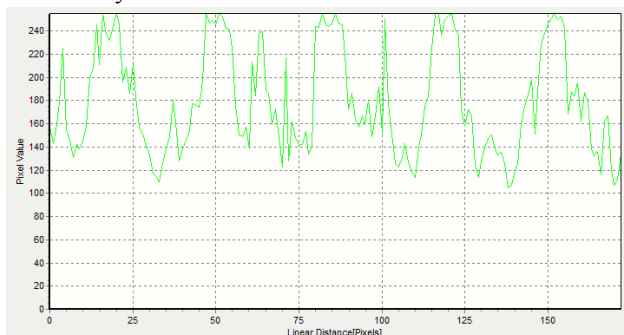


Рисунок 4. Профіль зрізу фрагмента зображення

На графіку для зображення можна відслідкувати періодичність ґратки та профіль її фрагмента.

В результаті така система представляє собою економічний прилад в компактному корпусі (рисунок 4), який дозволяє: 1) спостерігати первинне та вторинне зображення об'єкту зі збільшенням поруч на спільному екрані; 2) встановивши маску в задньому фокусі мікрооб'єктива, миттєво бачити результат такої фільтрації; 3) досягти однакової роздільної здатності обох зображень; 4) встановити в площині екрану цифрові камери для аналізу на будь-якому електронному пристрої.

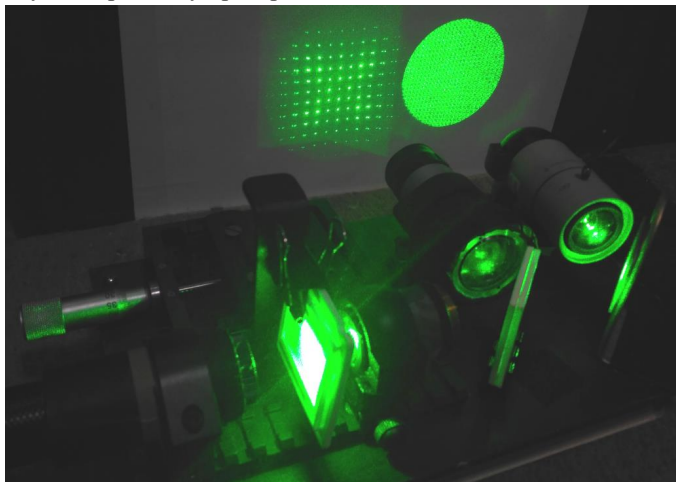


Рисунок 3. Покращена оптична установка під час роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Формирование изображения в оптических системах: учебное пособие / В. П. Коронкевич. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2005. - 76 с.
2. Borovytsky V. Generalization of the theory of image formation in an optical microscope./ V.Borovytsky Kyiv, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", 2017. – 118 p.
3. Основы теории микроскопа / К. Михель ; пер. с нем М. В. Лейкина, под ред. Г. Г. Слюсарева. – М.: Гостехиздат, 1955. – 276 с.