

УДК 535.37

PACS number(s): 78.55.Ht, 78.55.Fv

ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ ІНТЕРФЕРОМЕТР НА БАЗІ ЗОННОЇ ПЛАСТИНКИ ФРЕНЕЛЯ

Р. Гнип, З. Хапко, В. Вістовський

*Львівський національний університет імені Івана Франка
Кафедра експериментальної фізики
вул. Кирила і Мефодія, 8, 79005 Львів, Україна*

У статті описано демонстраційний дифракційний інтерферометр виготовлений на базі зонної пластинки Френеля. Він належить до класу інтерферометрів з суміщеними гілками і спільним ходом променів вздовж загальної оптичної осі. Центр зонної пластинки збігається з центром кривизни досліджуваної оптичної поверхні 2-го роду. Інтерферометр демонструють на лекціях з курсу загальної фізики у розділі “Оптика”.

Ключові слова: дифракційний інтерферометр, зонна пластинка Френеля, оптичні поверхні 2-го роду.

Курс загальної фізики, який читають на природничих факультетах університетів є експериментальним. Читання цього курсу без демонстрування на лекціях спеціально розроблених лекційних експериментальних дослідів є малопродуктивним і не досягає своєї мети бути основою фізичних знань студентів. Лекційні демонстрації допомагають студентам наочно переконатися в існуванні фізичних законів і явищ, глибше зрозуміти їх суть.

Дослідження останніх десятиліть фундаментального і прикладного характеру в різних областях фізики і техніки, зокрема в оптиці, зумовили появу нових наукових напрямів – квантова радіофізика, голографія, оптична обробка інформації, волоконна оптика, інтегральна оптика, комп’ютерна оптика, нелінійна оптика. Очевидно, що ці досягнення важливо висвітлювати у курсі загальної фізики в розділі “Оптика”. А це, відповідно, потребує розроблення і постановки нових лекційних демонстрацій і удосконалення класичних.

На фізичному факультеті Львівського національного університету ім. І.Я.Франка запропоновано низку нових лекційних демонстрацій з розділу “Оптика”, які відповідають сучасним досягненням у фізиці. Одна з них – “Демонстраційний інтерферометр на базі зонної пластинки Френеля” описана у нашій статті.

Принципальна можливість створення різного типу інтерферометрів з використанням ЗПФ викладена у працях [1, 2].

Зонна пластинка Френеля (ЗПФ), є низкою почергово прозорих і непрозорих кілець, увели в оптику на початку XIX ст. Френель і Соре. Положення меж кілець визначається співвідношенням:

$$r_n^2 = nf\lambda + (n\lambda)^2 / 4$$

де $n = 1, 2, 3, \dots$, f – фокусна відстань ЗПФ, λ – робоча довжина хвилі світла.

Як добрий інструмент для демонстрації інтерференції та дифракції світла, вони спочатку не отримували практичного застосування у зв'язку з технологічними труднощами їх виготовлення і тиражування. Розвиток сучасних фототехнологій і комп'ютерного синтезу дифракційних елементів (ДЕ) дає змогу значно полегшити їх виготовлення. На сьогодні в оптичних приладах і системах масового споживання (лазерні програвачі, касові апарати, принтери, лазерні і комп'ютерні технологічні установки), почали широко використовувати ЗПФ і їх модифікації [3]. Їх також широко використовують у космічній техніці [4], оскільки їх вага і габарити значно менші від скляних оптичних елементів. За своєї дією на світлову хвилю ДЕ подібні до класичних рефракційних елементів і дають змогу розділяти, фокусувати, розширювати і рекомбінувати світлові пучки.

Порівнюючи зображувальну здатність ЗПФ і традиційних лінз, потрібно зазначити, що ЗПФ містить у собі одночасно плоскопаралельну пластинку і набір додатних і від'ємних лінз з різною оптичною силою з суміщеними головними площинами (рис. 1). Щоб наочно пояснити вплив зонної пластинки на падаючу плоску хвилю, зручно розглядати її як кругову дифракційну ґратку, яка генерує як додатні, так і від'ємні дифракційні порядки. ЗПФ мають три основні (за інтенсивністю) порядки: 0, +1, -1, яким, як видно з рис. 1, відповідають три пучки світла: прямий, збіжний у +1-му фокусі і розбіжний у -1-му фокусі.

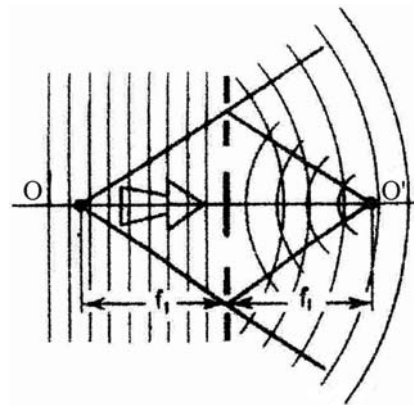


Рис. 1. Дифракція плоскої хвилі на зонній пластинці Френеля

Зазначимо, що у далекій зоні дифракції можна також простежити контрастні нелокалізовані кругові інтерференційні смуги френелівського типу під час освітлення зонної пластинки паралельним монохроматичним пучком світла. Тобто ЗПФ є також і інтерферометром. За характером інтерференційної картини можна оцінити її характеристики і якість виготовлення. ЗПФ можна використати з метою виготовлення інтерферометра для дослідження оптичних поверхонь 2-го порядку (сферичних і асферичних).

У цьому повідомленні представлено лекційну демонстрацію “Демонстраційний дифракційний інтерферометр на базі зонної пластинки Френеля”, а саме – інтерферометр із спільним ходом референтного (опорного) і предметного (вимірювального) пучків. Принципову схему інтерферометра показано на (рис. 2). Центр кривизни досліджуваного дзеркала збігається з центром ЗПФ. Джерелом світла 1 слугує одномодовий He-Ne лазер потужністю ≈ 30 мВт. За допомогою об'єктива 2 і напівпрозорої пластинки 3 формується збіжний пучок, який потрапляє в інтерферометр. Частина пучка, яка проходить через ЗПФ 4 без відхилення (нульовий дифракційний порядок, фокусується у центрі досліджуваної поверхні 5 (сферичного дзеркала) у точці A_1 . Оскільки цей пучок не спотворюється аберациями досліджуваної поверхні, то він, очевидно, є

референтним (опорним). Друга частина пучка, яка дифрагує в +1 першому

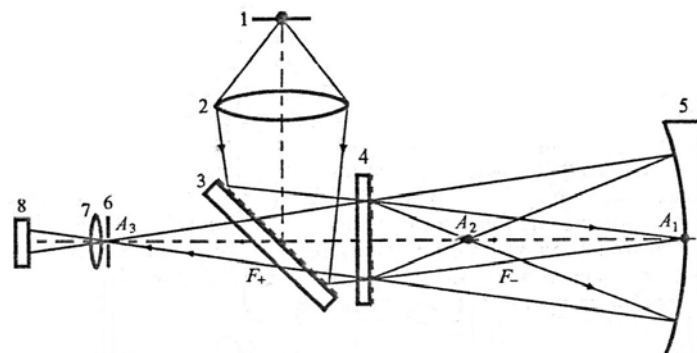


Рис. 2. Оптична схема демонстраційного дифракційного інтерферометра на базі зонної пластинки Френеля

порядку, формує вимірювальний пучок, який спочатку фокусується у точці A_2 , а згодом розбіжним пучком заповнює апертуру досліджуваного дзеркала. Після відбивання від дзеркала і зворотного проходження через ЗПФ опорний пучок дифрагує в +1-ий порядок, а вимірювальний проходить без відхилення. Тому після проходження ЗПФ обидва пучки проходять майже одним і тим самим шляхом і фокусується у точці A_3 . Далі пучки, проходячи через діафрагму 6, яка розміщена поблизу точки A_3 і об'єктив 7, рекомбінують, утворюючи у площині екрана 8 інтерференційну картину (голограму), яка містить інформацію про поверхню досліджуваного дзеркала. На рис. 3 показано фотографію описаного інтерферометра.

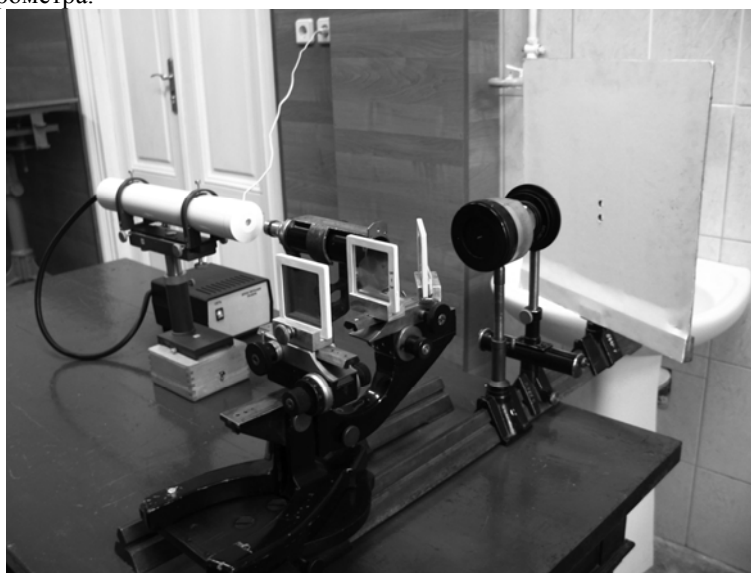


Рис. 3. Фотографія демонстраційного дифракційного інтерферометра на базі зонної пластинки Френеля

В інтерферометрі використані ЗПФ з різними фокусними відстанями виготовлені голографічним способом. Цей інтерферометр належить до класу

інтерферометрів із суміщеними гілками і спільним ходом променів вздовж загальної оптичної осі. Це робить схему набагато менш чутливою до різних вібрацій і температурних змін. А це, своєю чергою, дає змогу зменшити вимоги до якості оптичних елементів і когерентності джерел світла. Описаний вище інтерферометр ми демонструємо на лекціях поряд з інтерферометрами Жамена, Майкельсона, Фабрі–Перо і Люммера–Герке.

-
1. *Коронкевич В.П., Соболев В.С., Дубнищев Ю.Н.* Лазерная интерферометрия. Новосибирск: Наука, 1983.
 2. *Коронкевич В.П., Пальчикова И.Г.* Интерференционные свойства зонных пластинок // Автометрия. 1994. № 3. 85 с.
 3. *Коронкевич В.П., Пальчикова И.Г.* Современные зонные пластинки // Автометрия. 1992. № 1. 85 с.
 4. *Klein A.G., Werner S.A.* Rep. Prog. Phys. 1983. Vol. 46. 259 p.

DEMONSTRATION INTERFEROMETER WITH FRESNEL-ZONE PLATE

R. Gnyp, Z. Khapko, V. Vistovsky

*Ivan Franko National University of Lviv
Physics faculty, 8 Kyryla i Mefidiya Str., 79005 Lviv, Ukraine
e-mail: vistovskii@physics.wups.lviv.ua*

The paper describes the new demonstration interferometer with Fresnel-zone plate. The interferometer belongs to class of interferometers with superposed branches and having common passing of the beams along the optic axis. The center of zone plate coincides with center of investigated optical quadric surface. The interferometer is demonstrated in the frame of a common learning course "Optics".

Key words: demonstration interferometer, Fresnel-zone plate, optical quadric surfaces.

Стаття надійшла до редколегії 29.05.2006
Прийнята до друку 09.06.2008