

УДК 535.42

*І.О. Вовчок, студент гр. ПО-82мп, О.І. Чікіда студент гр. ПО-82мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ПЕРСПЕКТИВНІ ДИФРАКЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Анотація. В даній статті розглянуто науково-технічні та економічні аспекти використання дифракційної оптики в сучасному приладобудуванні.

Ключові слова: дифракційні оптичні елементи, технології виготовлення дифракційних лінз

ВСТУП

Протягом двох останніх десятиріч дифракційна оптика опинилася в центрі уваги науковців як один із напрямків розвитку прикладної оптики. Станом на сьогоднішній день отримані результати наукових досліджень в умовах якісного росту технологій та обчислювальної техніки отримують не лише теоретичні, а й практичні реалізації, що дозволяють активно впроваджувати їх у виробництво, а також просувати нові бізнес-ідеї на їх основі.

Дифракційні оптичні елементи (ДОЕ) мають великий потенціал для вдосконалення широкого спектру оптичних систем, починаючи від систем спектроскопії та освітлення і закінчуючи інструментами візуалізації[1,2]. У системах візуалізації використання ДОЕ дозволяє отримати характеристики системи, не доступні при проектуванні класичними геометричними методами. Наприклад, характерні дисперсійні характеристики ДОЕ, порівняно із рефракційними елементами, пропонують більше ступенів свободи в конструкції лінз і дозволяють вигідне поєднання дифракційних та рефракційних елементів для формування гібридних систем (рис. 1). Рішення на їх основі забезпечують не лише оптимальну роботу, а й мають конкурентну компактність та легкість. Різноманіття форм профілів ДОЕ дозволяють створювати також багатофокусні лінзи для отримання зображення об'єктів, розміщених на різних відстанях, в одну площину.

МЕТА РОБОТИ

Незважаючи на всі перераховані переваги використання ДОЕ в приладобудуванні, їх використання в комерційних системах все ще досить обмежене. Причини помірною поширення ДОЕ в бізнесі будуть з'ясовані в даній статті на основі аналізу науково-технічних та економічних аспектів, які мають взаємний вплив.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

З науково-технічної точки зору головною проблемою, що постає перед дослідниками слід вважати необхідність суворого контролю за кожним кроком проектування приладу. Ризик відмови системи може залежати від відсутності або недосконалості одного з кроків. До них відносяться, зокрема, оптична конструкція системи, широкий спектр методів виготовлення ДОЕ, тестування елементів та інтеграцію системи в прилад, де кожен крок суттєво відрізняється від процесів, застосованих у суто рефракційних системах.

Успішна оптична конструкція складної системи часто пов'язана з досвідом відповідального інженера. Завдяки абсолютно іншим властивостям дифракційних лінз (ДЛ) порівняно з рефракційними лінзами, наприклад, їх від'ємній дисперсії, властивостям мультифокальності чи залежності від довжини хвилі, змін у оптичній конструкції не уникнути, що іноді призводить до помилок або до повного виходу з ладу системи, що відповідно збільшує час розробки. Крім законів геометричної оптики розробник гібридної системи також має мати вагому базу знань з теорії дифракції та повинен бути досвідчений у використанні дифракційних методів проектування.

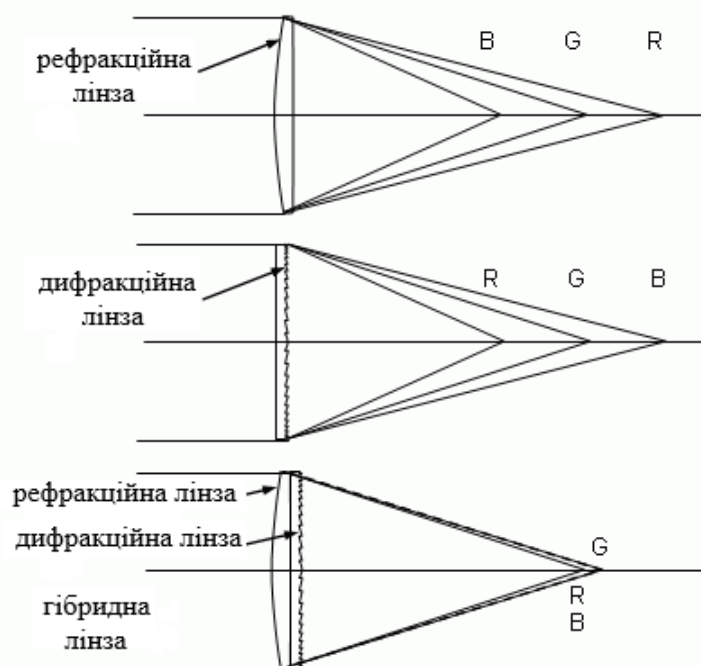


Рисунок 1. Відмінності між фокусуванням поліхроматичного світла різними видами лінз (R – червона складова світла, G – зелена складова, B – синя складова)

Технології виготовлення ДЛ в основному поділяються на три категорії: процес освоєння технології, виготовлення інструментів для тиражування, і сам процес тиражування. Для кожної з цих категорій розроблений цілий спектр технологій. Наприклад, для процесу освоєння або для виготовлення обмеженої кількості високоякісних елементів використовуються такі технології, як алмазне точіння, прямий запис лазерним променем, запис електронним променем, літографія, лазерна абляція. Для тиражування можливі наступні технології: лиття під тиском, гаряче тиснення, ультрафіолетове чи точне формування скла. Кожна з цих технологій має певні переваги, але також має свої обмеження, так що вони застосовні лише для конкретних завдань, однак універсальної технології поки немає. Слід зауважити, що впровадження декількох різних технологій є дорогим та трудомістким, тому це часто економічно не виправдано. З початку створення ДОЕ, та впровадження гібридної – дифракційно-рефракційної концепції та пов'язані з цим технології повинні конкурувати з усталеними системними концепціями з налагодженими і

затвердженими технологіями, в яких кожна деталь має оптимізуватись роками та десятиліттями.

Гібридна концепція та пов'язані з цим необхідні виробничі процеси повинні подолати всі ці перешкоди. Однак лише поступове вдосконалення усталених технологій виготовлення набагато простіше та потребує менших витрат часу і коштів, ніж впровадження повністю нових технологій.

Наразі ДЛ широко використовуються у багатьох галузях науки, техніки та медицині, чим довели свою функціональну незамінність, а це означає, що використання ДЛ потенційно дозволяє покращити продуктивність системи, яка не може бути реалізована традиційними підходами. Більше того, вартість одного нового елемента системи, як правило, повинна знаходитися в тому ж ціновому діапазоні, що й елемент, який замінюється. Замовники часто не готові платити за новий товар значно більше, ніж за попередній. При впровадженні нових технологічних підходів, наприклад, використанні дифракційної оптики для формування зображень [3], можливість демонстрації продукту часто обмежується кількома зразками, тож про необхідність у масовому виробництві ДЛ поки мова не йде. Водночас, в офтальмології ДЛ використовують уже багато років як інтраокулярні лінзи для заміни природнього кришталика ока, їх виробництво добре налагоджене і приносить виробникам мільйонні прибутки. Отже, впровадження нових технологій потребує великих грошових затрат, проте має великий потенціал. Необхідні інвестиції в нові технології виготовлення ДЛ, оскільки створення окремо взятих одиничних зразків економічно не вигідно.

ВИСНОВКИ

Вихід на ринок нових інноваційних технологій можна вважати успішним тоді, коли попит на них уже не може бути задоволений класичними підходами. Нові технології, що базуються на дифракційній оптиці, стрімко розвиваються двома шляхами – підвищенням ефективності ДЛ та конкретним застосуванням в зображуючих системах, таких як фотооб'єктиви, об'єктиви мікроскопів та невеликі камери. Тому найближчим часом розвиватимуться дифракційні технології та зростатиме кількість реальних продуктів на основі ДЛ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Brunner R. Transferring diffractive optics from research to commercial applications: Part I – progress in the patent landscape / R. Brunner // *Adv. Opt. Techn.*, 2013. – Vol.5-6, No.2. – P.351-359.
- [2] Минин И.В. Конформная дифракционная квазиоптика: от миллиметровых волн до фокусировки ударных волн / И.В. Минин, О.В. Минин // *Интерэкспо Гео-Сибирь*, 2012. – №2. – С.257-261.
- [3] Скиданов Р.В. Изображающие системы на основе гармонических линз с кольцевой апертурой / Р.В. Скиданов, А.А. Морозов, С.В. Грачевская // *Мир Голографии*, 2017. – Том 3, № 1. – С.48-49.
- [4] Kress B. C. *Applied digital optics: from micro-optic to nanophotonics* / B. C. Kress, P. Meuryet. – Chichester: Wiley, 2009. – 638 p.

Наук. керівник – к.т.н., ас. Васильковська І.О.