

УДК 621.375.826

МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ПРОФІЛЮ ПУЧКА

Титар М.В.

e-mail: marharyta.tytar@nure.ua

Науковий керівник – к.ф.м.н., доц. Гнатенко О.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ФОЕТ
м. Харків, Україна

The optical system for laser beam profile shaping is considered. The Ansys Zemax OpticStudio environment and ZPL macro programming are used for simulation and optimization of the system. The transformation of an input Gaussian beam into a spatially uniform Top Hat profile is studied. The results demonstrate the efficiency of using aspheric lenses and diffractive elements to achieve high irradiance uniformity in the focal plane.

В умовах розвитку сучасних лазерних систем виникає нагальна потреба у можливості точного керування просторовим розподілом інтенсивності світла, що є важливим для застосувань у мікротехнологіях, біомедичних галузях та вимірювальній техніці. Хоча Гауссівська форма променя є найбільш типовою, для забезпечення однакового впливу на оброблювану площину значно кращі характеристики демонструють пучки з рівномірною вершиною, так звані "Тор Нат" (Flat-top) (рис. 1). Подібні конфігурації променів забезпечують високий ступінь однорідності освітлення, що є вирішальним фактором у високоточній маніпуляції з речовинами та процесах фотолітографії [1, 2].

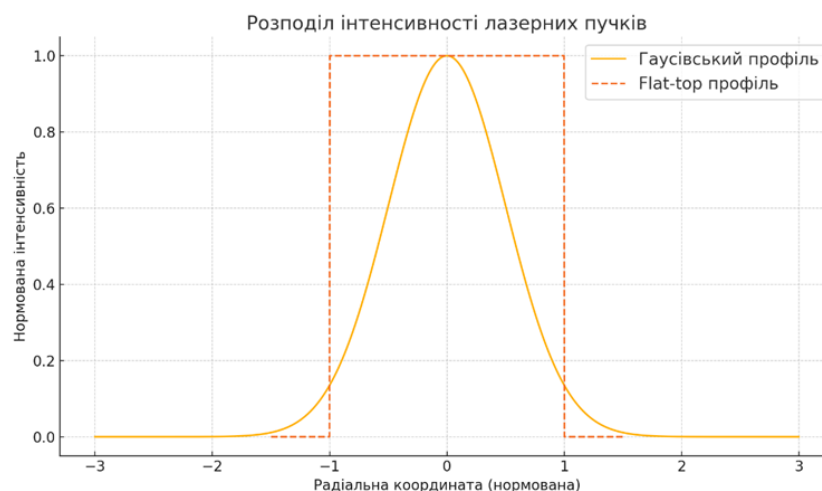


Рисунок 1 – Інтенсивність пучків: гаусівський (суцільна лінія) та flat-top (штрихова лінія)

У цій праці предмет уваги зосереджено на тому, як лазерний промінь змінює свій простір. Для створення математичної моделі взято установку,

яка функціонує при хвильовій довжині 0,623 мкм [3]. У цій установці вхідний гаусів профіль пучка перетворюється на розподіл інтенсивності з однаковою величиною по всій площі (так званий Top Hat) завдяки використанню специфічних елементів оптики .

Опрацювання моделі та вивчення системи здійснювалося в програмному комплексі Ansys Zemax OpticStudio. Для того, щоб автоматизувати послідовність дій та гарантувати коректне доведення параметрів до оптимального стану, застосовувалося макросне програмування мовою ZPL [4]. Це дало змогу сформувавши функціонал оцінки якості та зменшити рівень оптичних спотворень.

З'ясовано, що застосування лінз асферичного типу спільно з дифракційними оптичними компонентами (DOE) надає можливість вправно маніпулювати фазовою хвилею з метою формування пучка з плоским вершинним профілем інтенсивності. Побудована розрахункова схема засвідчує значну однорідність розподілу енергії у межах площі зображення, а також незначну кількість спотворень, спричинених дифракцією (рис. 2). Досягнуті дані здатні бути впроваджені у чинні оптико-електронні та лазерні апаратури задля поліпшення стандартів виробничих операцій.

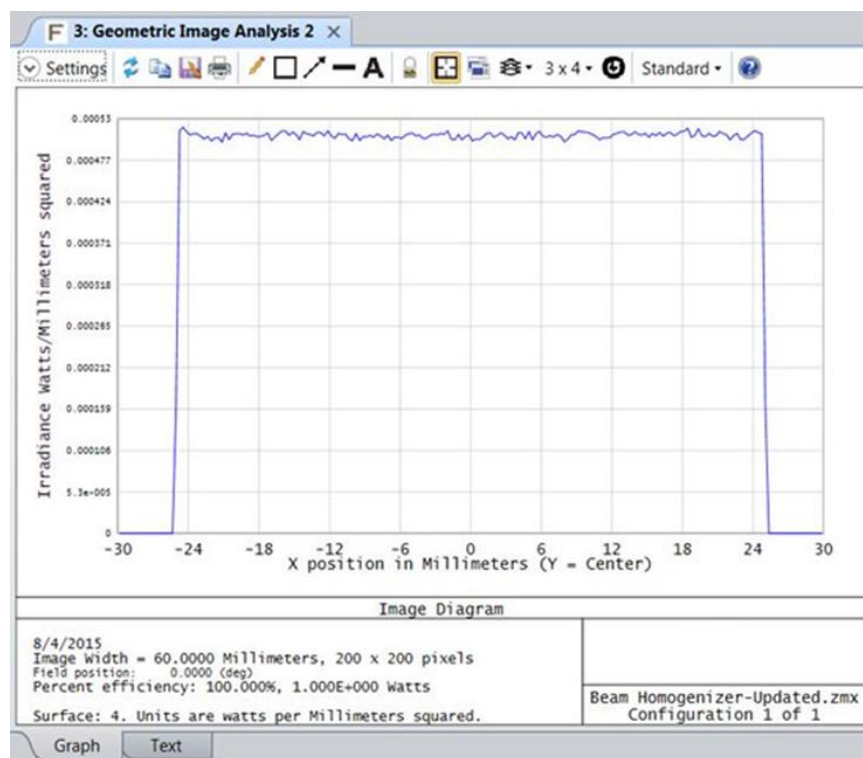


Рисунок 2 – Профіль Top Hat на поверхні зображення з кращим співвідношенням сигнал/шум

Список використаних джерел:

1. Top hat laser beam explained. 2020 URL: <https://www.holoor.co.il/top-hat-laser-beam-explained/> (дата звернення 20.03.2026)
2. Мачехін Ю. П., Гнатенко О. С. Лазерні, оптико-електронні прилади та системи. Ч. 2. Параметри лазерного випромінювання. Харків, 2021. 145 с.
3. Kurskoy Y., Hnatenko O., Sherstyuk O., Zarytskyi D., Chernovolyk V., Nussupbekova G., Muslimov K. Precision control model for chaotic lasergeneration in optical communication and laser measurement systems // In PhotonicsApplications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy PhysicsExperiments. 2024. Vol. 13400. P. 208–215.
4. Гнатенко О. С., Жданова Ю. В. Моделювання лазерних прецизійних інформаційно-вимірювальних пристроїв // 10-та Всеукраїнська науково-практичної конференції молодих учених і студентів (16-17 травня 2019 р.). Одеса, 2019. С. 213–214.