

КРАПЕЛЬНІ ЛАЗЕРИ

Курський Ю.С., Гнатенко О.С., Сівні В.Б.,
Харківський національний університет радіоелектроніки
61166, Харків, пр. Науки, каф. фотоніки і лазерної інженерії
тел. (057) 702-14-84, факс (057) 702-11-13
E-mail: yurii.kurskyi@nure.ua

Features drop laser comes with the basics of fluid mechanics. Due to the surface tension of the liquid, which is helping to minimize the surface area of the fluid drop sizes submillimeter take the form of a perfect sphere, with exceptionally smooth surfaces. System settings can be made by changing the size of molecules - they will emit light of a different wavelength. Finally, mixed with the polymer fluid micro laser can form a bright or dark parts of the image.

Вступ

У всіх галузях сучасної науки і техніки використовуються лазери зі звичайними оптичними резонаторами, які складаються з двох або більше дзеркал. Однак практичне використання таких резонаторів обмежена, а виготовлення дзеркал і їх юстирування - відноситься до складних завдань. Відкриті сферичні мікро резонатори можуть стати альтернативою звичайним оптичним резонаторам, особливо коли вони прості і недорогі у виготовленні. Такі сферичні резонатори засновані на ефекті так званої «шепочучої галереї». [1].

Інтерес до оптичних резонаторам «шепочучої галереї» різко зріс в галузі квантової електродинаміки, фундаментальної та прикладної оптики. Наприклад, вони масово використовуються в спектроскопії високої роздільної здатності та дистанційного зондування. Для вирішення завдань пов'язаних з перебудовою довжини хвилі джерел світла, використовуються лазери на барвниках. Рідинні лазери на барвниках використовуються в якості вузькосмугових джерел світла у видимому діапазоні довжин хвиль від 400 нм до 900 нм і мають дуже широку флуоресцентну оптичну смугу від 100 нм до 200 нм. Існує вже кілька комерційно доступних лазерних барвників, які володіють дуже високою ефективністю і дозволяють мініатюризувати лазерний резонатор, з можливістю переходу в режим «нульової порогової генерації», де резонатор підтримує тільки один або кілька режимів посилення [2]. Це в поєднанні з перспективою розвитку цифрових мікрорідинних резонаторів [3] становить можливість для функціонування крапель рідини. І оскільки раніше лазерна генерація в сферичних резонаторах була сфокусована тільки на твердотільних матеріалах, цікаво досліджувати лазерні властивості крапель рідини лазерного барвника.

Особливим типом лазерів на барвниках є крапельний лазер (рисунок). З причини того, що в сучасній лазерній техніці активно ведуться дослідження і розробки так званих «гнучких лазерів», краплинні лазери можуть дати певний прорив в цьому напрямку. Метою цієї роботи є огляд принципів роботи, складу та варіантів застосування крапельних лазерів.

Основна частина

Що являє собою крапельний лазер? На сьогоднішній момент це крапля рідини з барвником різних розмірів від 400 мкм до декількох сантиметрів. Є декілька реалізацій лазера, коли крапля поверхні в жорсткому зціпленні з нею і опромінюється з зовнішнім джерелом накачки-лазера. Другий спосіб, коли опромінення краплі, яка висить в вільному просторі під дією ультразвуку.

Крапельні лазери мають вид резонатора шепчучої галереї. Оптичним аналогом шепчучої галереї можливо рахувати лазерне випромінювання, “прив’язане” до периметру мініатюрного диска шляхом багаторазових його відображень від стінок. Якщо поверхня, від якої відбувається відображення, досить гладка, випромінювання поширюється з мінімальними втратами. Таку систему можна використовувати в якості резонатора для створення лазерів з малим порогом збудження (генерації). При вимкненому джерелі збудження хвиля поширюється з загасанням амплітуди за експоненціальним законом. В загалом таки “шепчучі” хвилі описуються функціями Бесселя. Моді “шепчучого резонатора” мають велику добротність, так що навіть невелике відхилення частоти резонансного збудливого поля від власної частоти моди, веде до зменшенню її амплітуди и затухання. Тому моди являються одним з найкращих кандидатів для вирішення задач з стабілізації частоти інжекційних лазерів.

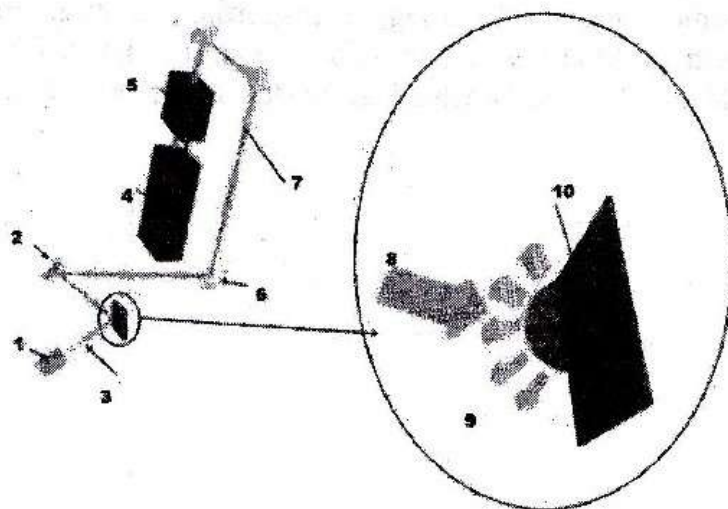


Рисунок — Загальна схема

- 1 — оптичне волокно, 2 — дзеркало із дерев'яною кромкою,
 3 — випромінювальний лазер с барвником, 4 — лазерне накачування (Nd:YAG),
 5 — атенюатор, 6 — дзеркало, 7 — накачка лазерного променю, 8 — накачування
 лазерним променем (532 нм), 9 — лазерне випромінювання,
 10 — крапельний лазер на барвнику

Можливості крапельних лазерів походять з основ механіки рідини. Внаслідок поверхневого натягу рідини, яка сприяє мінімізації площі поверхні рідини, субміліметрових розмірів краплі приймають форму ідеальних сфер, с виключно гладкими поверхнями. Для реалізації крапельних лазерів на підложці дуже важливий так званий кут зціплення з поверхні. Від цього кута залежить форма і розмір самої краплі. На даний момент використовують кремнієві підложки з тефлоновим покриттям, на якій крапля має форму сфери. При таких вимогах існує можливість генерації крапельного лазера.

Краплі речовини з барвником можуть бути будь-якої форми, але на даний момент теоретично і практично ведуться дослідження сферичних форм крапельного лазера. На рисунку зображена установка для дослідження краплі, яка містить лазерний барвник Rhodamine 6G, розчинений в етиленгліколі, з енергією оптичного накачування (532 нм), другий гармоніки Nd: YAG лазера.

Висновки

Налаштування системи крапельних лазерів може здійснюватися за рахунок зміни розмірів молекул – вони будуть випромінювати світло з іншої довжиною хвилі. До комерційного втілення ідеї ще дуже далеко, але в будь-якому випадку вона відкриває нові шляхи вдосконалення тривимірних дисплеїв та лазерів в цілому.

Список літератури:

1. Vladimir S. Ilchenko, Anatoliy A. Savchenkov, Andrey B. Matsko, and Lute Maleki: Dispersion Compensation in Whispering-gallery Modes, Optical Society of America, Vol. 20, No. 1, January, 2003.
2. Mads Jakob Jensen: Bubbles in Microchannels, Master thesis, Department of Micro and Nanotechnology (MIC), Technical University of Denmark, 2002.
3. Sung Kwon Cho, Shih-Kang Fan, Hyejin Moon, and Chang-Jing "CJ" Kim: Towards Digital Microfluidic Circuits: Creating, Transporting, Cutting and Merging Liquid Droplets by Electrowetting-based Actuation, Proc. of the IEEE 15th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems, MEMS 2002, Las Vegas, USA, 2002, pp. 32-35.