

УДК 535.41

Чилая Г.С., Вардосанидзе З.В., Петриашвили Г.Ш.,
Тавзарашвили С.П., Чанишвили А.Г.,
Аронишидзе М.Н., Тевдорашвили К.Г.

Институт кибернетики им. В. Чавчанидзе Грузинского Технического Университета
(Тбилиси, Грузия)

ПРОСТРАНСТВЕННО-МОДУЛИРОВАННАЯ ЛАЗЕРНАЯ ЭМИССИЯ

Аннотация. Исследованы особенности генерации пленочных лазеров на красителях в случае пространственно-модулированного возбуждения. Модуляция интенсивности возбуждения производилась в плоскости пленки, а генерация рассматривалась в направлении, перпендикулярном плоскости пленки. Диаметр генерирующей области выбирался на 1...2 порядка больше толщины пленки. В результате пространственно-модулированной накачки, наблюдалась пространственно-модулированная лазерная генерация. Сечение расходящегося лазерного луча пленочного лазера представляло собой интерференционную картину в виде светлых и темных полос, период которых определялся пространственным периодом накачки. Т. о., луч пленочного лазера нес информацию о пространственном распределении интенсивности накачки, а полученный пленочный лазер функционировал как активная элементарная динамическая голограмма. Ключевые слова: лазерная генерация, пространственная модуляция интенсивности, динамическая голограмма.

*G. Chilaya, Z. Wardosanidze, G. Petriashvili, S. Tavzarashvili,
A. Chanishvili, M. Aronishidze, K. Tevdorashvili*

Georgian Technical University, V. Chavchanidze Institute of Cybernetics (Tbilisi, Georgia)

SPATIALLY MODULATED LASER EMISSION

Abstract. Peculiar properties of lasing from film dye lasers in the case of spatially modulated excitation are studied. The modulation of the excitation intensity in the plane of the film is performed and the laser emission perpendicular to the film plane is considered. The lasing area diameter is chosen 1...2 orders larger than the layer thickness. As a result of spatially modulated pumping, spatially modulated laser emission is observed. The cross section of the divergent laser beam represents an interference pattern in the form of light and dark stripes whose period depends on the spatial period of excitation. Thus, the beam of the film laser carries information about the spatial distribution of the pump intensity and the obtained film laser operates as an active elementary dynamic hologram.

Keywords: lasing, spatial modulation of intensity, dynamic hologram.

© Чилая Г. С., Вардосанидзе З.В., Петриашвили Г.Ш., Тавзарашвили С.П., Чанишвили А.Г.,
Аронишидзе М.Н., Тевдорашвили К.Г., 2015.

Для возбуждения лазеров на красителях с активным веществом в виде тонкой пленки обычно используется накачка импульсным лазером. Лазер накачки возбуждает в слое активного вещества область, которая и генерирует лазерное излучение в направлении, перпендикулярном слою. При достаточной мощности и соответствующей длительности импульса лазера накачки генерирующая область может достигать существенных размеров. Поэтому представляет определенный интерес накачка активной лазерной среды пространственно-модулированным по интенсивности пучком вместо обычно применяемой накачки пространственно-однородным пучком.

Для получения пространственно-модулированного возбуждения был использован голографический метод [1; 2]. Отличие от традиционного метода возбуждения состояло в добавлении второго когерентного луча (рис. 1), в результате чего пятно накачки превращалось в интерференционную картину в виде чередующихся светлых и темных полос.

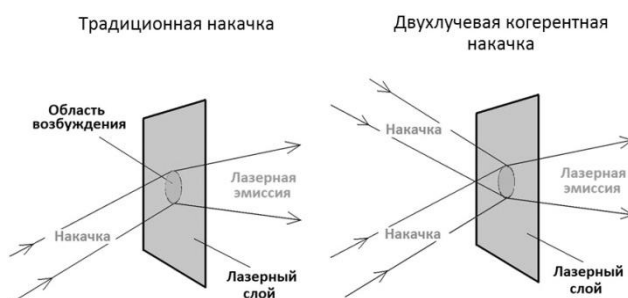


Рис. 1. Традиционная однолучевая накачка и накачка двумя взаимно когерентными лучами.

Таким образом, в слое активного материала создавалось пространственно-распределенное возбуждение (рис. 2).

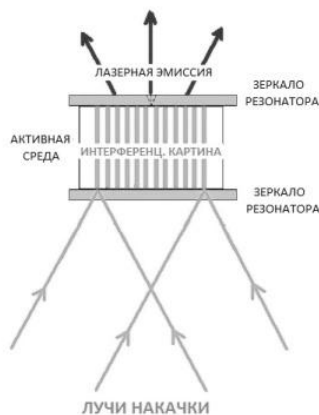


Рис. 2. Пространственно-распределенная накачка.

Для накачки был использован YAG:Nd-лазер с модуляцией добротности (длина волны 532 нм, длительность импульса около 10 нс, мощность в импульсе порядка 100 МВт). Лазер имел длину когерентности более 10 см, что позволило легко получать интерференционную картину. Луч лазера накачки делился на два луча с помощью полупрозрачного зеркала, после чего лучи соединялись в плоскости слоя пленочного лазера и создавали интерференционную картину. Период интерференционной картины задавался углом схождения и изменялся от 15 мкм до 70 мкм.

В качестве пленочного лазера были использованы два типа лазеров – полимерный и жидкокристаллический. Полимерный лазер представлял собой пленку поливинилового спирта с растворенным в нем известным лазерным красителем родамин-6Ж. Пленка была зажата между зеркалами резонатора. Толщина пленки была около 150 мкм. Диаметр области возбуждения – 1...3 мм.

На рис. 3 показана фотография генерирующей области пленки, сделанная с помощью микроскопа.

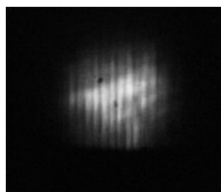


Рис. 3. Генерирующая область пленки. Период светлых и темных полос – 53 мкм.

Фотографии пятна излучения лазера показаны на рис. 4. Видно, что излучение создает интерференционную картину, и период этой картины зависит от периода накачки. Углы между направлениями интерференционных максимумов определялись зависимостью, известной для картины дифракции на плоской решетке:

$$\theta = 2 \arcsin \frac{\lambda}{2d},$$

где d – период решетки, λ – длина волны лазерного излучения.

Для сравнения на рис. 4 показано также пятно при перекрытом одном луче накачки – интерференционная картина отсутствует. Таким образом, при двухлучевом возбуждении излучение такого лазера пространственно промодулировано по интенсивности и, что самое важное, несет информацию о пространственной модуляции интенсивности накачки.

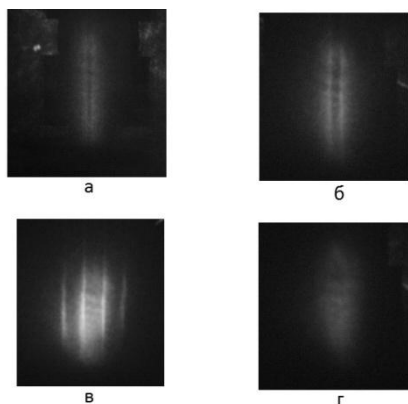


Рис. 4. Пятно излучения полимерного лазера на экране при разных периодах интерференционной картины накачки: а – 53 мкм, б – 36 мкм, в – 18 мкм.
г – накачка одним лучом.

Кроме полимерного лазера с резонаторными зеркалами мы исследовали также лазер с распределенной обратной связью – жидкокристаллический лазер [3–5]. В качестве тонкослойного лазера на красителях это очень интересная и удобная система, т.к. в слое толщиной не более 40 мкм она сочетает в себе как активный лазерный материал, так и распределенный резонатор.

Использованный жидкокристаллический лазер представлял собой планарный слой холестерического жидкого кристалла (смесь BL-036 и MLC-6247, Merck), легированный красителем (DCM, Exciton). Толщина слоя – 40 мкм. Жидкокристаллический лазер был изготовлен по обычной технологии.

Так же, как и в случае полимерного лазера, пучок излучения жидкокристаллического лазера был пространственно модулирован (рис. 5). Приведены фотографии пятна лазерного излучения на экране. Период модуляции зависит от периода модуляции накачки.

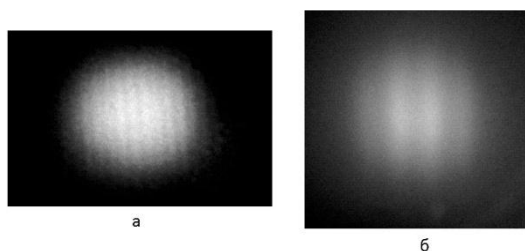


Рис. 5. Пятно излучения жидкокристаллического лазера при разных периодах интерференционной картины накачки: а – 50 мкм, б – 18 мкм.

Закключение. В пленочных лазерах на красителях при двухлучевой когерентной накачке получена пространственно-модулированная лазерная генерация. В отличие от известных лазеров, излучение имеет пространственно-модулированный характер и образует интерференционную картину, схожую с картиной дифракции на плоской решетке. Пространственное распределение интенсивности лазерного излучения несет информацию о распределении интенсивности в интерференционной картине накачки, т. е. об относительной фазе пучков накачки. Следовательно,

полученные пленочные лазеры функционируют как активные элементарные динамические голограммы.

Работа выполнена при поддержке гранта Shota Rustaveli National Science Foundation (SRNSF) FR-403.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973. С. 719.
2. Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л. Оптическая голография. М: Мир, 1973. С. 686.
3. Barberi R., Chilaya G. Strategies for tunable cholesteric lasers. // In.: "Liquid Crystal Microlasers", edited by Lev M. Blinov and Roberto Bartolino (Transworld Research Network, 2010). ISBN: 978-81-7895-469-1, chapter 11, P. 199-222.
4. Chilaya G.S. Light-Controlled Change in the helical pitch and broadband tunable cholesteric liquid-crystal lasers. // Crystallography Reports, 2006, Vol. 51, Suppl. 1, P. S108-S118 doi:10.1134/S1063774506070169.
5. Different Approaches of Employing Cholesteric Liquid Crystals in Dye Lasers / Chilaya G. et al, Materials Sciences and Applications. 2011, № 2, P. 116-129. doi:10.4236/msa.2011.22014. Published Online February 2011.