

ІМПУЛЬСНА ГЕНЕРАЦІЯ ЛАЗЕРІВ НА ВАНАДИТІ ІТРІЮ З НЕПЕРЕРВНОЮ НАКАЧКОЮ НАПІВПРОВІДНИКОВИМ ЛАЗЕРОМ ТА ПАСИВНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ ДОБРОТНОСТІ

Т. Л. Андричуляк^{1, а}, С. В. Фролов²

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

²Міжнародний центр «Інститут прикладної оптики» НАН України

Анотація

Розроблено макетний зразок мікролазера з напівпровідниковою накачкою та пасивною модуляцією добротності на основі ванадиту ітрію. Отримані часові та характеристики потужності вищезгаданого лазера. Ціль даної роботи – змодельовати мікролазер з пасивною модуляцією добротності і отримати його часові характеристики та характеристики потужності.

Ключові слова: мікролазер, резонатор Фабрі-Перо, активне середовище, пасивна модуляція добротності, імпульсна генерація, накопичуючий абсорбер

Вступ

Однією із основних тенденцій розвитку лазерної техніки є мініатюризація компонентів. До недавнього часу це проявлялося у зменшенні напівпровідникових діодів. Однак через принципові фізичні обмеження напівпровідникові лазери не можуть надалі зменшуватися. До того ж у них є суттєві недоліки: багатоходовий склад випромінювання, великий кут розходження та асиметрія пучка випромінювання, сильна залежність довжини хвилі генерації від температури р-п-переходу, практична неможливість генерації коротких імпульсів та незадовільна часова стабільність [1, 2, 3]. Цих недоліків позбавлені твердотільні лазери з діодною накачкою [1, 4]. В якості активного середовища в твердотільних лазерах виступає діелектричний кристал (алюмоітрієвий гранат YAG, ванадит ітрію YVO₄ тощо) або скло, леговані домішковими іонами (іони перехідних металів, особливо Cr³⁺, чи іони рідкоземельних металів, головним чином Nd³⁺), що є активними центрами [5]. Для мініатюрних лазерів об'єм активного середовища складає ~ 1 мм³, тому такі лазери прозвали мікролазерами. Мікролазер – це тонка пластина активного середовища на поліровані поверхні якої нанесені дзеркала резонатора у вигляді тонких діелектричних шарів з дихроїчними характеристиками [1, 4, 6]. Одне з них (вхідне дзеркало) є анти відбиваючим для випромінювання накачки та повністю відбиваючим для випромінювання генерації, інше (вихідне) – відбиваючим для випромінювання накачки і частково відбиваючим для згенерованих в активному середовищі променів. Довжина резонатора підбирається таким чином, щоб виконувалась умова генерації однієї моди випромінювання. В силу сучасних потреб були розроблені зразки лазерів, що працюють в режимі

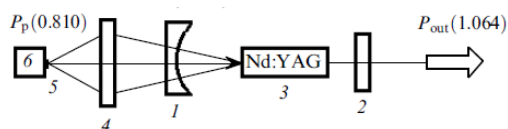


Рис. 1. Схема продольної (торцевої) односторонньої накачки мікролазера випромінюванням діода. 1 – глухе дзеркало резонатора, 2 – вихідне дзеркало резонатора, 3 – активний елемент, 4 – мікрооб'єктив, 5 – лазерний діод, 6 – термостабілізатор

гігантських імпульсів. Для отримання короткочасних імпульсів великої потужності в мікролазерах застосовується пасивна модуляція добротності.

1. Методика досліджень

В твердотільних лазерах з напівпровідниковою накачкою відбувається ефективне перетворення випромінювання напівпровідникових лазерів, якому властиві широкий спектр і сильний астигматизм у випромінюванні твердотільних лазерів, що генерує як правило на основній поперечній моді 00. В якості джерела накачки слугував лазерний діод з довжиною хвилі випромінювання 808 нм. Накачка подавалася в активне середовище поздовжньо, тобто напрям випромінювання накачки співпадає з напрямом генерації. На рис. 1 показана схема прокольної односторонньої накачки, яка і використовувалася при конструюванні мікролазера.

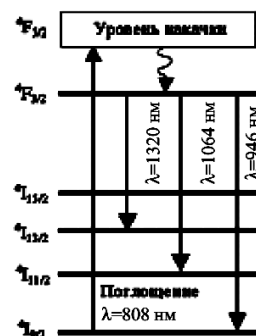


Рис. 2. Енергетичні процеси в активному середовищі

^аtajasyck@gmail.com

В якості накачки використовувався ванадит ітрію YVO_4 , легований неодимом, а в якості пасивного модулятора добротності (накопичувального абсорбера) – фарбник. Довжина хвилі випромінювання активного середовища – 1.06 мкм. На рис. 2 зображена схема енергетичних рівнів іонів неодиму та лазерних переходів в активному середовищі.

На рис. 3 схематично зображений резонатор досліджуваного зразка твердотільного лазера.

Напівпровідниковий діод працював при температурі 35.5°C і охолоджувався за допомогою елемента Пельтьє.

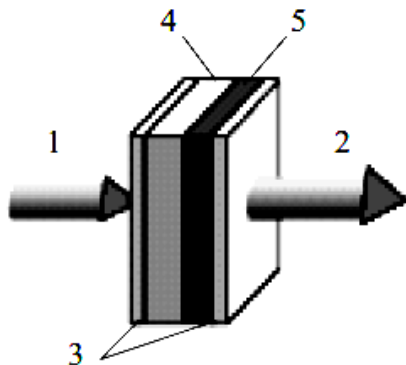


Рис. 3. Схема резонатора твердотільного лазера: 1 – випромінювання накачки; 2 – вихідний лазерний промінь; 3 – дзеркала резонатора; 4 – активне середовище; 5 – накопичувальний абсорбер

2. Результати досліджень

З напівпровідникового лазерного діода виходить випромінювання, що фокусується оптичною системою на резонатор і падає на активне середовище, де відбувається генерація. Випромінювання не відбувається доки інверсія населеності енергетичних рівнів в іонах неодиму не буде достатньою, щоб просвітити накопичувальний абсорбер. У цей момент випромінюється потужний короткочасний імпульс. При накачці потужністю 3,5 Вт було отримано імпульс тривалістю 7 нс та середньою потужністю 230 мВт. Форма імпульсу зображена на рис. 4.

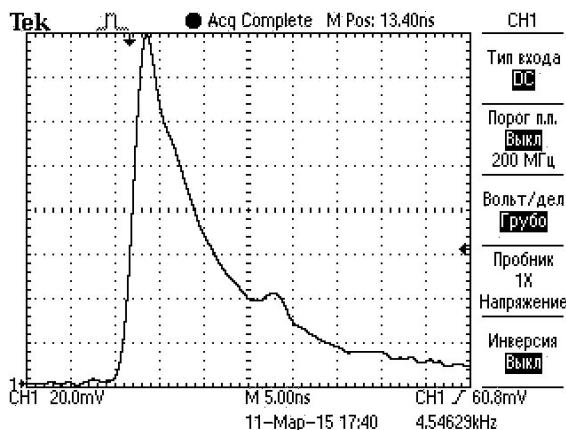


Рис. 4. Зображення отриманого на осцилографі імпульсу

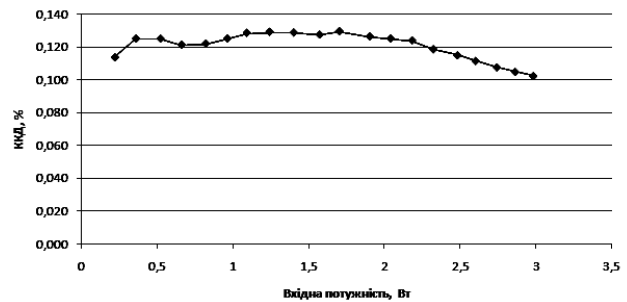


Рис. 5. Поперечні розподіли інтенсивності (а – експеримент, в – обрахунок) та фази (б – експеримент, г – обрахунок) для вихрового солітону

Також перевірено залежність ККД від вхідної потужності. Як видно з рис. 5.

Як видно з рис. 5, з певного моменту ККД починає спадати. Це пояснюється тим, що при збільшенні потужності зменшується ефективне поглинання накачки активним середовищем, адже зростання потужності генерації потребує активних елементів більшого об'єму[7].

Висновки

В результаті проведених експериментів сконструювано зразок твердотільного лазера з напівпровідниковою накачкою з пасивною модуляцією добротності. Продемонстрована робота лазера в режимі пасивної модуляції добротності, що підтвердило придатність ванадату ітрію для використання в якості активного середовища при даному режимі. Випромінювання мікролазера характеризується наступними параметрами: тривалість імпульсу – 7 нс, частота повторення – 4,5 кГц, середня потужність випромінювання – 230 мВт. Отримані параметри відповідають параметрам, характерним для даного типу мікролазерів.

Перелік використаних джерел

1. Кравцов Н. В., Наний О. Е. Высокостабильные одностотные твердотельные лазеры. — Квантовая электроника. — 1993. — Т. 20, № 4. — с. 322–344
2. Kaminskii A. A. Crystalline lasers: physical processes and operating schemes. — « Boca Raton », CRC Press., 1996.
3. Матковский А. О. Материали квантової електроніки. — Львів, «Ліра-Пресс», 2000.
4. Jankievich Z., Kopczyński K. Diode-pumped solidstate Lasers. — Opto-Electronics Review. — 2001. — V. 9, № 1. — p. 19–33
5. Звелто О. Принципы лазеров. — Москва, «Мир», 1990. — 330 с.
6. Zayhowski J. J. Microchip lasers. — The Lincoln Lab Journal. — 1990. — V. 3, № 3. — p. 427–554.
7. Кравцов Н. В. Основные тенденции развития твердотельных лазеров с полупроводниковой накачкой. — Квантовая электроника. — 2001. — № 8. — 664 с.