



УКРАЇНА

(19) UA (11) 8496 (13) U

(51) 7 H01S5/30

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту**(54) СПОСІБ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЧАСТОТИ ВИПРОМІНЮВАННЯ ІНЖЕКЦІЙНОГО НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ЛАЗЕРА**

1

2

(21) 20041210446

(22) 20.12.2004

(24) 15.08.2005

(46) 15.08.2005, Бюл. № 8, 2005 р.

(72) Лисенко Геннадій Леонідович, Тужанський
Станіслав Євгенович(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ(57) Спосіб стабілізації частоти випромінювання
інжекційного напівпровідникового лазера, який
включає регулювання режиму тепловиділення в
активній області лазера внаслідок накачуванняйого імпульсами струму, в яких величину струму
протягом імпульсу змінюють за лінійним або за
експоненціальним законом з позитивним знаком дру-
гої похідної струму за часом, який відрізняється
тим, що величину тепловиділення регулюють од-
ночасно змінюючи глибину модуляції частоти від-
повідного імпульсу, причому останню змінюють
адаптивно для кожного окремого імпульсу в зале-
жності від температури кристалу у відповідний
момент після проходження імпульсу струму.

Корисна модель відноситься до квантової елек-
троніки, і може використовуватись в лазерній спе-
ктроскопії високого роздільності, у пристроях для
дистанційного керування забрудненості атмосфе-
ри та контролю складу газових сумішей у промис-
ловості, а також у волоконній оптиці та лазерній
медицині.

Відомий спосіб керування частотою випромі-
нювання інжекційного лазера [Анзин В.Б. и др.
Применение инжекционных лазеров на основе Pb_1
 xSn_xFe в спектроскопии высокого разрешения.
Краткие сообщения по физике, 1978, №4, с.18], що
включає використання режиму імпульсного скану-
вання, який полягає в накачуванні його імпульсами
струму прямокутної форми та регулювання режи-
му тепловиділення в активному шарі лазерного
кристалу шляхом зміни періоду повторення імпу-
льсів накачування.

Недоліками цього способу є низька швидкість
керування частотою для регулювання швидкістю
сканування, наприклад, для її зменшення, а також
значна нелінійність сканування, обмежена вико-
ристанням для накачування імпульсів струму прямо-
кутної форми: якщо тривалість імпульсу не пере-
вищує часу дифузії тепла від активної області до
границь лазерного кристалу, то швидкість скану-
вання спадає пропорційно квадратному кореню із
часу.

Найбільш близьким до запропонованого є спо-
сіб керування частотою випромінювання інжекцій-

ного напівпровідникового [А.С. СРСР №921419 А,
М. кл. H01S3/18, опубл. 07.11.84, бюл. №41], пра-
цюючого в режимі імпульсного сканування, який
включає накачування його імпульсами струму та
регулювання режиму тепловиділення в активній
області лазера за рахунок зміни струму накачки
кожного окремого імпульсу. Зменшують мінімаль-
не значення швидкості зміни частоти випроміню-
вання лазера при фіксованій тривалості імпульсу
накачування, величину струму накачування після
закінчення переднього фронту імпульсу монотонно
зменшують на протязі імпульсу за лінійним зако-
ном. Змінюють частоту випромінювання лазера на
протязі інтервалу часу, на якому швидкість цієї
зміни досягає мінімального за абсолютною вели-
чиною значення, величину струму накачування
після закінчення переднього фронту імпульсу зме-
ншують за експоненціальним законом з позитивним
знаком другої похідної струму за часом.

Недоліком способу є обмежені можливості йо-
го використання у інших областях квантової елек-
троніки, зокрема у волоконній оптиці та лазерній
медицині.

В основу винаходу поставлено задачу отри-
мання стабільності частоти лазерного випроміню-
вання за рахунок відповідної температурної стабі-
лізації при зменшенні глибини (індексу) модуляції
частоти окремого імпульсу струму з одночасною
зміною струму його накачування. Це призводить
до розширення функціональних можливостей, збі-

U
(13)
8496
(11)
UA
(19)

льшення швидкості сканування в режимі імпульсного сканування, а також стабілізації вихідної потужності оптичного випромінювання лазера.

Поставлена задача досягається тим, що в способі стабілізації частоти випромінювання інжекційного напівпровідникового лазера регулюють режим тепловиділення в активній області лазера за рахунок накачки його імпульсами струму, в яких величину струму на протязі імпульсу змінюють за лінійним законом (або за експоненційним законом з позитивним знаком другої похідної струму за часом), одночасно при цьому змінюючи глибину модуляції частоти відповідного імпульсу.

На Фіг.1 зображена прямокутна форма імпульсу струму накачки без зміни глибини модуляції,

на Фіг.2 - зміна температури активної області інжекційного лазера при накачуванні його прямокутним імпульсом струму,

на Фіг.3 - експоненційна форма імпульсу струму накачування зі зміною глибини модуляції,

на Фіг.4 - зміна температури активної області інжекційного лазера при накачуванні експоненційним імпульсом струму зі зміною глибини модуляції частоти,

на Фіг.5 - теоретично розрахована залежність зміни температури від глибини модуляції,

на Фіг.6 - теоретично розрахована залежність зміни напівширини спектру хвилі від глибини модуляції.

Спосіб здійснюється наступним чином. Зі збільшенням температури лазерного кристалу зменшується швидкість її зростання, тобто збільшується відтік тепла від активної області, де воно виділяється. Змінюючи глибину частоти модуляції лазерного випромінювання, цілеспрямовано обираючи величину несучої складової I_H у межах $I_{пор} < I_H < I_{max}$ (Фіг.1, 3), де $I_{пор}$ - порогова величина струму лазера, I_{max} - максимальна величина струму, досягають зменшення приросту температури кристалу внаслідок відповідного зменшення зміни струму накачування на протязі усього періоду імпульсу (Фіг.4). Одночасно із цим ве-

личину струму накачки після закінчення переднього фронту імпульсу зменшують, наприклад, за лінійним або експоненційним законом з позитивним знаком другої похідної за часом на протязі всього імпульсу для підвищення лінійності зміни частоти випромінювання лазера.

Відомо, що обумовлена розігрівом активної області кристалу зміна частоти випромінювання при температурах T більше 20 К прямо пропорційна приросту температури ΔT . Останній може змінюватись в залежності від глибини модуляції τ внаслідок температурної залежності порогового струму. Для інжекційних лазерів кількість тепла, що виділяється в одиницю часу в активній області, прямо пропорційна величині струму накачування. Оскільки розігрів лазера імпульсом струму відноситься до істотно нестационарних процесів, температура активної області в будь-який момент часу залежить не тільки від значення струму накачування в цей же момент, але й попереднього стану його зміни та часу термодифузії.

Розглянемо реалізацію запропонованого способу на прикладі напівпровідникового інжекційного лазера ІЛПН-114-1Б. Характеристики лазера: пороговий струм при кімнатній температурі - $I_{пор0} = 150$ мА, максимальний струм - $I_{max} = 500$ мА, довжина хвилі - $\lambda = 840-870$ нм, час термодифузії - $\tau = 200$ мкс, тривалість імпульсу - $t_i = 100$ мкс, характеристична температура $T_0 = 120^\circ\text{C}$. Експериментальне значення залежності зміни напівширини спектру випромінювання $\Delta\lambda$ від приросту температури ΔT : $\frac{\Delta\lambda}{\Delta T} = (0,5 - 1) \frac{\text{нм}}{^\circ\text{C}}$. Без урахування впливу попереднього значення температури кристалу $T_{попер}$ теоретична залежність приросту температури ΔT від глибини модуляції τ внаслідок температурної залежності порогового струму має вид:

$$\eta = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{max} + P_{min}} = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min} - 2I_{пор}} = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min} - 2I_{пор0} \exp \frac{\Delta T}{T_0}} \Rightarrow$$

$$\Delta T = T_0 \ln \frac{I_{max}(\eta - 1) + I_{min}(\eta + 1)}{2\eta I_{пор0}}$$

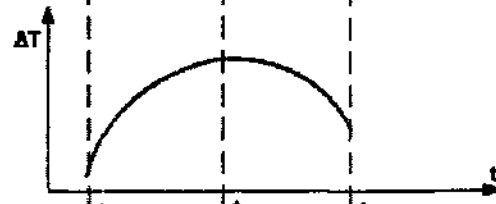
Отримана залежність представлена на Фіг.5 для трьох різних значень мінімального струму накачки I_{min} ($I_{min} > I_{пор0}$). Відповідна зміна напівширини спектру випромінювання $\Delta\lambda$ представлена на Фіг.6.

Таким чином, у розглянутому способі стабілі-

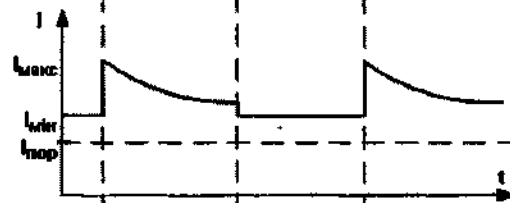
зації частоти випромінювання інжекційного напівпровідникового лазера за рахунок додаткового зменшення тепловиділення для окремого імпульсу істотно зменшується величина напівширини спектру випромінювання, що дозволяє розширити функціональні можливості та області використання таких лазерів, зокрема в пристроях волоконної оптики, лазерної медицини та для біофізичних досліджень.



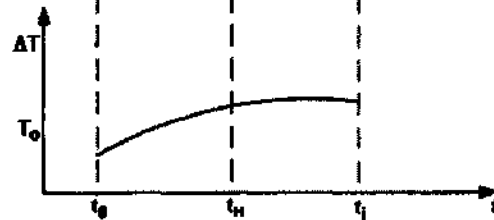
Фиг. 1



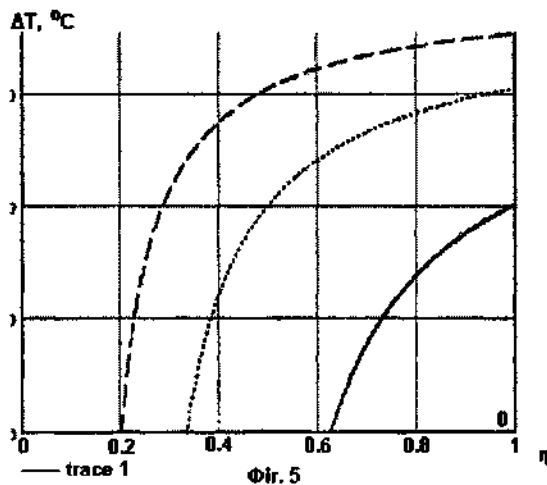
Фиг. 2



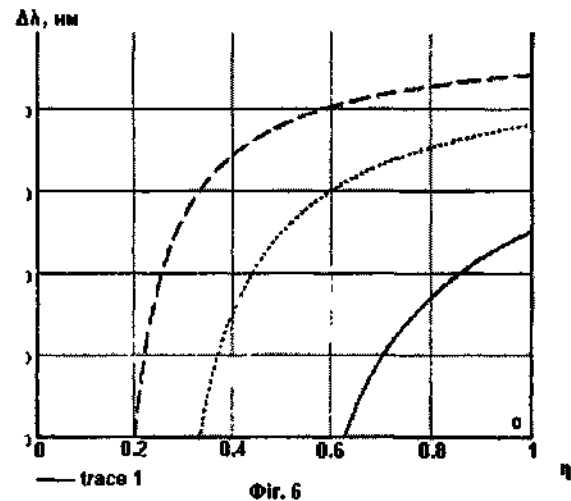
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

