

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за получаване на
образователната и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд: Христо Любомиров Илиев

Тема на дисертационния труд: Диодно наpomпвани лазери със синхронизация на модовете, генериращи в спектралния диапазон между 1 и 2 μm

Професионално направление: 4.1 Физически науки (Физика на вълновите процеси)

Рецензент: доц. д-р Стоян Зл. Куртев, Физически факултет на СУ „Св. Кл. Охридски”

1. Актуалност на проблемите

Представеният дисертационен труд е посветен на експерименталното изследване на възможностите за постигане на устойчив стационарен режим на синхронизация на модовете на лазери излъчващи в диапазона от 1 до 2 μm при сравнително висока средна мощност на генерация. Изборът на тази тема на изследванията е продиктуван от наличието на потенциално важни приложения на лазерите, генериращи свръхкъси импулси в този спектрален диапазон, напр. в медицината, във военното дело, за научни изследвания и др. И доколкото, с изключение на Nd и Yb-съдържащите среди, генериращи на дължина на вълната около 1 μm , засега няма добре развити и усвоени техники за синхронизация на модовете в по-дълговълновата инфрачервена област на спектъра, смятам, че избраната тема за изследвания е актуална.

2. Структура и общо описание на дисертационния труд

Дисертацията се състои от увод, три части, заключение, списък на използваната литература и списък с публикациите на автора по темата на дисертацията и забелязаните цитати на тези публикации.

В увода авторът обосновава значимостта на проблемите, на решаването на които е посветена дисертацията. Той накратко се спира на съществуващите утвърдени методи за пасивна синхронизация на модовете, и обръща внимание на трудностите включително и на невъзможността в някои случаи за приложение на тези методи при активни среди със

сравнително тесен спектър на усилване, каквито са Nd-дотираниите среди, излъчващи в диапазона над 1 μm .

Първа и втора част са обзорни. В първа част е направен обзор на публикуваните достижения в областта на диодно-напомпвани твърдотелни лазерни системи, работещи в режим на синхронизация на модовете при висока средна мощност на генерация. Сравнени са различни конфигурации: геометрия „тънък диск“, надлъжно и напречно напомпване в цилиндрична и slab геометрия, геометрия „плъзгащо падане“ и са посочени предимствата и недостатъците на всяка от тях.

Във втора глава е направен обзор на съществуващите методи за синхронизация на модовете. Акцентът е поставен върху методите за пасивна синхронизация на модовете. По-подробно са разгледани тези методи, които са използвани в експериментите: синхронизация на модовете при насищане на поглъщането във въглеродни нанотръбички и синхронизацията на модовете с използване на вътрешно-резонаторна генерация на втора хармонична (ГВХ). Вторият метод е разгледан в двата му варианта: при точен фазов синхронизъм, при който в резонатора се въвеждат интензитетно-зависими загуби – т.нар. „нелинейно огледало“, и при разстройка от точен фазов синхронизъм, вследствие на която в резонатора се формира интензитетно-зависима каскадна Кер леща. Този втори вариант, който дисертантът нарича (според мен не съвсем коректно) $\chi^{(2)}$ -леща е основният механизъм, който е използван по-нататък във всички експерименти за синхронизация на модовете с ГВХ. Обосновани са предимствата на метода.

В трета част на дисертацията са описани проведените експерименти и получените от тях резултати. В нея са приносите на дисертанта. Поради големия брой на представените в дисертацията експерименти няма да се спирам поотделно на всеки от тях. С изключение на последния описан експеримент, в който са използвани тулий-съдържащи активни среди, всички останали експерименти са проведени с дотирани с неодим ортованадатни кристали – YVO_4 , GdVO_4 , както и една нова обещаваща активна среда Nd:LuVO_4 . Реализирана е лазерна генерация в режим на синхронизация на модовете както на линията с най-голямо усилване на неодима на около 1064 nm така и на линията около 1340 nm. При всички експерименти (с изключение отново на активираните с Tm среди) е използвано надлъжно напомпване с два вида полупроводникови лазери: такива, излъчващи на около 808 nm, и такива, които излъчват на около 880 nm за минимизиране

на термичните ефекти в активната среда, което е особено важно при генерация на 1,3 μm . С изключение на раздел 3.3 наpomпващите диодни лазери работят в непрекъснат режим. За вътрешно-резонаторна ГВХ са използвани най-различни нелинейни кристали: кристали ВВО и LBO, а също и периодично-поляризиращи нелинейни среди (PP-KTP, PP-Mg:SLT) с различни дължини, разстроени от точен фазов синхронизъм за формиране на каскадна $\chi^{(2)}$ -леща. Обикновено по-добри резултати се получават при използване на периодично поляризиращите нелинейни среди. Стабилна генерация на пикосекундни импулси с най-малка продължителност на практика най-често се получава при разстройка от точен синхронизъм между π и 2π радиана (от порядъка на около 5 rad) и при сравнително малко пропускане на изходното огледало. При всички експерименти е получена стабилна генерация на пикосекундни импулси със сравнително голяма средна мощност – от части от вата до няколко вата. Като правило, по-добри резултати са получени във втората зона на стабилност на резонатора, която се реализира при високи наpomпващи мощности.

В раздел 3.3 от тази част на дисертацията е разгледана пикосекундна лазерна система с импулсно наpomпване с цел увеличаване на енергията на единичен импулс, а в раздел 3.4 са представени резултатите по пасивна синхронизация на модовете посредством насищане на поглъщането във въглеродни нанотръбички.

В заключението са изброени основните резултати, постигнати в дисертацията.

3. Оценка на публикациите и автореферата

Научните приноси на дисертанта са публикувани в четири публикации в реномирани международни научни списания с висок импакт-фактор – две статии в “Optics Express” и по една статия в списанията “Optics Letters” и “Applied Physics B: Optics and lasers”. Получените в дисертацията резултати са докладвани на повече от 15 международни научни конференции, а три от тях са публикувани в пълен текст в издания на SPIE. Съгласно данни на дисертанта две от публикуваните статии с негово участие вече имат 7 независими цитирания. Според мен качеството на публикациите и нивото на списанията, в които са публикувани, напълно покриват изискванията за дисертационен труд по физика. Авторефератът правилно отразява материала по дисертацията. Според мен на места той е по-обширен от необходимото.

4. Анализ на резултатите и оценка на приносите

Изследванията в дисертацията имат изключително експериментален характер. Основните резултати, получени в дисертацията са следните:

Усвоена и развита е техниката за пасивна синхронизация на модовете, която се основава на формиране на каскадна $\chi^{(2)}$ -леща, в лазери с активни среди с тесен спектър на усилване работещи при високи средни мощности на генерация от 5 и повече вата. Средната мощност на генерация е сравнима с тази, която се получава в едномодов непрекъснат режим на работа.

Реализиран е пикосекунден лазер с Nd-дотирана активна среда с непрекъснато лазерно-диодно напмпване, генериращ на 1,34 μm с висока средна мощност, като са измерени импулси с рекордно малка продължителност за лазер с такава среда от 3,6 ps. Също така експериментално е показано предимството от напмпване в ивицата на усилване за такъв лазер.

Разработена е пикосекундна лазерна система с пасивна синхронизация на модовете с надлъжно импулсно напмпване за увеличаване на енергията в единичен лазерен импулс. С помощта на подходяща електро-оптична отрицателна обратна връзка е постигнато ефективно подтискане на възникването на Q-модулация. В резултат са получени пикосекундни серии с енергии в импулс по-големи от 100 nJ при високо качество на генерираното изходно лъчение.

Реализирана е синхронизация на модовете, базирана на насищане на поглъщането във въглеродни нанотръбички, като за първи път е използван такъв абсорбер в лазер с Nd-дотиран лазерен елемент, излъчващ на 1,34 μm .

Реализиран е режим на пасивна синхронизация на модовете в лазер с Nd:LuVO₄ активен елемент и са измерени импулси с рекордна малка продължителност от 1,6 ps.

Успешно са извършени някои предварителни експерименти по синхронизация на модовете с каскадна $\chi^{(2)}$ -леща в Tm-съдържащи среди излъчващи в диапазона около 2 μm .

Тези резултати убедително доказват приложимостта на изследваните методи за синхронизация на модовете в диапазона 1 – 2 μm . Схващам извършената работа и получените резултати като една важна междинна стъпка в посока на овладяване на още по-дълговълновата част на спектъра в диапазона от 2 и над 2 μm .

5. Критични бележки, препоръки и въпроси

1. Смятам, че за читателя ще е по-удобно ако цитираната литература, посочена в края на дисертацията, е обединена, а не както е сега за всяка глава на дисертацията е посочен отделен списък с литература.
2. Струва ми се също, че частта посветена на обзора на методите за синхронизация на модовете е прекалено дълга и подробна.
3. Както споменах по-горе, мисля, че терминът „ $\chi^{(2)}$ -леща” не е съвсем коректен и е в известна степен подвеждащ. По-коректно, може би, би било да се използва напр. „каскадна Кер леща” или „каскадна $\chi^{(2)}$ -леща” или $\chi^{(2)}: \chi^{(2)}$ -леща.
4. Прави впечатление, че с малки изключения в повечето случаи фазовото отместване т.е. разстройката от точен фазов синхронизъм на нелинейния кристал е около 5 rad. Има ли оптимално фазово отместване? Съществува ли „рецепта” в смисъл: за дадена активна среда и, евентуално, дадена нелинейна среда за ГВХ каква оптимална разстройка да изберем?
5. В работата се споменава, че изследваните резонатори са симулирани числено. Би било полезно поне за някои от резонаторите да се покажат зоните на стабилност и техните параметри.

6. Заключение

Дисертацията е посветена на актуален и сложен проблем на съвременната лазерна физика. Смятам, че поставените в нея цели и задачи са изпълнени. Направените критични бележки не омаловажават представените научни резултати. От дисертанта е извършена огромна по обем експериментална работа, която изисква редица специфични знания и умения: разработка, пускане в действие и оптимизация на диодно-напомпвани твърдотелни лазери с висока средна мощност на генерация, опит и познания в областта на нелинейната оптика, както и методите за измерване на параметрите на лазерното лъчение, и т.н. От проведени по различни поводи разговори с дисертанта във връзка с работата му по дисертацията мога да заключа, че неговият личен принос в представените резултати е съществен. Дисертационният труд напълно съответства на приетите във Физически факултет на СУ „Св. Кл. Охридски” изисквания за присъждане на

образователната и научна степен „доктор”. Въз основа на това препоръчам на членовете на Научното жури да присъдят на г-н Христо Любомиров Илиев образователната и научна степен “доктор”.

София, 15.10.2012

Рецензент:

(доц. д-р Стоян Куртев)