

СТАНОВИЩЕ

относно дисертационния труд на **Христо Любомиров Илиев**

на тема

Диодно напompвани лазери със синхронизация на модовете излъчващи в спектралния диапазон между 1 и 2 μm

за придобиване на образователна и научна степен „доктор”

по професионалното направление: 4.1 Физически науки, специалност: Физика на вълновите процеси (вкл. квантова електроника и нелинейна оптика)

Автор на становището доц. д-р Иван Христов Бъчваров, Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски” - научен ръководител на докторанта

Кратки биографични данни - образование и професионална активност.

Г-н Христо Любомиров Илиев придобива бакалавърска степен по инженерна физика през 2006 г. във Физически Факултет (ФзФ) на Софийски Университет „Св. Климент Охридски”. През 2008 г. той придобива магистърска степен по квантова електроника и лазерна техника във ФзФ на СУ „Св. Климент Охридски” с отличен успех, както от курса на обучение така и от защитата на дипломна работа. В началото на 2009, е зачислен като редовен докторант по професионалното направление: 4.1 Физически науки, специалност: Физика на вълновите процеси (вкл. квантова електроника и нелинейна оптика) в катедра „Квантова електроника” във ФзФ на СУ. Научен ръководител на докторанта е доц. д-р Иван Бъчваров. В периода на редовната докторантура той участва активно в 5 научноизследователските проекти на групата по твърдотелни лазери и нелинейна оптика към физически факултет на СУ.

Активната общественнополезна дейност на докторанта като физик-специалист в областта на фотониката включва работата му като президент на студентския клон на Оптичното общество на Америка към СУ „Св. Климент Охридски” за периода 2010-2012. Христо е член и на съюза на физиците в България

Награди: Постигнатите от Христо Илиев резултати през 2010- 2011г. му позволиха да спечели, националната награда за докторант на инвестиционната група „Карол Финанс АД”. Процедурата по избора е тристепенна и се прави за един от кандидатите за всички области: на икономиката, финанси, международни икономически отношения, право, физика и математика. (http://www.karoll.net/bg/index.php?section=single_article&id=130)

Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение.

Още след изобретяването на първия лазер през 1960г., биват разработени редица методи за получаване на къси и мощни лазерни импулси. Режима на модулация на доброкачествеността на резонатора, позволява генерация на импулси с мегаватова мощност но продължителността на светилния импулс е ограничена в наосекундния времеви диапазон. Основния метод, който позволява да се генерират „свръх къси” импулси със субнаносекундна продължителност (пико- и фемто-секундна) е методът на „синхронизация на модовете” на лазерния осцилатор. В края на 80^{-те}, с появата и използването на твърдотелната лазерна среда $\text{Ti:Al}_2\text{O}_3$ (сапфир активиран с титан) притежаваща широк спектър на усилване, областта на генерация на свръх къси светлинни импулси претърпя огромен технологичен скок. Разработени бяха нови техники за синхронизация на модовете приложими за твърдотелни среди с широк спектър като **Kerr Lens Mode-locking (KLM)**, **Semiconductor Saturable Absorber Mirror (SESAM)**, **Additive Pulse Mode-locking (APM)** и др.. Най- използваната от тях, KLM техниката е базирана на нелинейност от трети порядък формираща нелинейна леща на Кер в лазерния резонатор, е приложима основно за среди с широк спектър на луминесценция. За разлика от KLM,

SESAM техниката използва полупроводников насищаем абсорбер базиран на квантови ями или квантови точки. Тя може да се прилага както за среди с широк спектър на усилване, като Ti^{3+} , Yb^{3+} дотираните материали, така и за такива с тесен спектър на усилване, като Nd^{3+} лазерни кристали. Характерно за изброените техники за синхронизация на модовете е, че те са утвърдени за лазери с лазерно напompване, излъчващи в спектралния диапазон между 0.8 и 1 микрон. В последните години множеството потенциални приложения измести фокуса на научната общност от този спектрален диапазон и все по-голям интерес се проявява към източници излъчващи в близката и средната инфрачервена област над 1 микрон, както и към лазерни генератори работещи в режим на синхронизация на модовете при висока средна мощност (1-100 W). От друга страна техническият прогрес в развитието на полупроводниковите лазерни диоди, позволи и създаването на достъпни и надеждни напompващи източници с висока средна мощност, висока яркост, излъчващи в широк спектрален диапазон, като на практика покриват ивиците на поглъщане на всички твърдотелни лазерни среди излъчващи в диапазон между 1 и 2 μm . Дiodното напompване позволява изграждането на твърдотелни лазерни системи с висока ефективност, дълъг живот, надеждност, компактни размери, и ниска цена. Всичко това превръща диодно напompваните твърдотелни лазери в атрактивни източници на мощно кохерентно лазерно лъчение в спектралния диапазон между 1 и 2 μm . Същевременно Nd-активираните среди, за които диодното напompване в наши дни се утвърди като основна технология за възбуждане се отличават с тесен спектър на усилване и KLM разработена за $Ti:Al_2O_3$ лазерите не е приложима, тоест получаването на свръх-къси лазерни импулси в този диапазон остава трудна задача. Съществуващите техники за пасивна синхронизация на модовете базирани на насищани абсорбери като SESAM, добре развити за среди излъчващи до 1 микрон, изпитват сериозни технологични затруднения с увеличаване на дължината на вълната и ползване прехода на Nd^{3+} на 1.3 микрона както и с увеличаване на мощността поради ограничителния фактор дължащ се на остатъчното ненасищано поглъщане на абсорбера. Създаване на подходящи синхронизатори на модовете на 1 и 1.3 микрона за лазери с висока средна мощност подходящ за среди с тесен спектър на усилване в момента е актуален проблем.

Публикации и участие в научноизследователски проекти. Резултатите от работата по дисертацията са публикувани в четири статии в списания с импакт фактор. Една публикация в Optics Letters (импакт фактор (ИФ) за 2010 година 3.318), две публикации в Optics Express (ИФ - 3.753), една публикация в Applied Physics B (ИФ - 2.239), три доклада публикувани в пълен текст в издания на SPIE от международни конференции. Резултатите свързани с дисертационния труд са докладвани в общо 16 доклада на най-престижните международни научни конференции за изследователската област (The Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO), CLEO Europe, Advanced Solid-State Photonics (ASSP) и SPIE Photonics West), през поредните три години на докторантурата. Всички доклади споменати по горе са свързани със проведени от докторанта съвременни експериментални изследвания. Допълнително Христо Илиев има 2 доклада в национални научни прояви (Meeting of Physics 2009 и 2010)

Статията излязла в брой 35 на списание Optics Letters, по-късно е избрана от американското физично общество (APS) и американският физичен институт (AIP) за повторно публикуван в броя от месец Май 2010г. на виртуално списание в областта на науката и технологията в раздела за свръх бързи процеси ([Virtual Journal in science and technologies, section - Ultrafast Science.](#))

Представен е списък с 7 независими цитирания на представените научни публикации по дисертацията. Независимите цитирания са 8 по данни на Webofknowledge към 1 октомври 2012. Г-н Христо Илиев е участвал активно в изпълнението на 5 научно-изследователски проекта, три от които са за обмен на изследователи с Германия и Румъния. Представените данни за изследователската активност на докторанта напълно удовлетворява и надвишава

количествено многократно препоръчителните изисквания приети от Физически факултет на СУ за придобиване на образователна и научна степен „доктор”.

Степен на познаване състоянието на проблема. От съдържанието на общата глава, приложението и представената библиографска справка и активната ми работа с г-н Христо Илиев, убедено считам, че той се е запознал достатъчно пълно със състоянието на проблемите по които работи. Освен това той многократно е докладвал текущото състояние на изследванията на международните конференции (ASSP, CLEO и др.)

Приноси на дисертационния труд. Основните резултати получени в рамките на работата по дисертацията са както следва:

Разработена е нова техника за пасивна синхронизация на модовете, приложима за среди с тесен спектър на усилване, базирана на $\chi^{(2)}$ -леща в нелинейния кристал. Конструирани са пикосекундни лазерни осцилатори с висока средна мощност (>4W) и непрекъснато диодно напompване. Техниката за пасивна синхронизация на модовете е построена на основата на използване на нелинейни $\chi^{(2)}$ -среди с квази-фазов синхронизъм. При използване на новата техника, *реализиран е режим на пасивна синхронизация на модовете с най-новия представител на семейството на ортовандадатите, Nd:LuVO₄.*

Получени са импулси с рекордна продължителност, 1.6 ps, генерирани от Nd⁺³, дотирани лазерни кристали.

Реализиран е пикосекунден лазерен осцилатор с висока средна мощност и непрекъснато диодно напompване в спектралният диапазон около 1.3 μ m. Получени са рекордно къси импулси с продължителност от 3.6 ps, генерирани от Nd⁺³ дотирани лазер излъчват на прехода около 1.3 μ m. Експериментално са показани предимствата на схемата за напompване директно в ивицата на усилване (in-band pumping) за лазери с пасивна синхронизация на модовете чрез $\chi^{(2)}$ -леща.

Реализиран е алтернативен метод за пасивна синхронизация на модовете, посредством насищане на поглъщането във филм от въглеродни нанотръбички.

За първи път абсорбер от подобен тип е използван в тесноивичен, Nd⁺³ дотирани, лазерен кристал, излъчват в спектралният диапазон около 1.34 μ m.

Реализиран е режим на пасивна синхронизация на модовете в Tm⁺³-дотирани лазерни среди (Tm:KLuW и Tm:LiLuF) излъчващи в спектралният диапазон около 2 μ m.

Конструирана е лазерна система с пасивна синхронизация на модовете генерираща серия от пикосекундни импулси при импулсно напompване, с цел повишаване на енергията в единичен импулс. Получена е енергия в единичен импулс от порядъка на 150 pJ, на порядък по – голяма от типичните енергии в лазерите с непрекъснато напompване. Експериментално е показана ефективната работа на системата за отрицателна обратна връзка при потискането на появата на Q-модуляция, стабилизиране на амплитудата на отделните пикосекундни импулси и бързото установяване на квазистационарен режим на генерация.

Личен принос. Експерименталните резултатите представени в настоящата работа са получени изцяло във Физически факултет при Софийски университет „Св. Климент Охридски” (София, България) с изключение на резултатите, представени в т. 3.6, получени в Макс-Борн института по нелинейна оптика и свръх бърза спектроскопия (Берлин, Германия) и в периода на редовна докторантура на автора (2009-2012). Всички експериментални резултати представени в дисертацията са получени от автора и с участието на автора. Всички публикации представени в дисертацията са резултат от колективен труд, дисертанта е първи автор. Въпреки, че експерименталните изследвания са трудоемки докторанта успява да ги извърши и да публикува резултатите от тях в рамките на предвидените три години на редовната докторантура.

Заключение. Основавайки се на изложеното по-горе, убедено предлагам положителна оценка на дисертационния труд на г-н Христо Любомиров Илиев за получаване на образователната и научна степен доктор по професионалното направление: 4.1 Физически науки, специалност: Физика на вълновите процеси (вкл. квантова електроника и нелинейна оптика). Препоръчвам на уважаемото Научно жури да присъди на Христо Любомиров Илиев образователната и научна степен доктор по професионалното направление: 4.1 Физически науки, специалност: Физика на вълновите процеси (вкл. квантова електроника и нелинейна оптика).

София, 10.10.2012 г.

Автор на становището:

/ доц. д-р Иван Х. Бъчваров /