

СТАНОВИЩЕ

от

Проф. дфн Тинко Александров Ефтимов
„Квебекски университет“ гр. Гатино, Квебек, Канада

на дисертационния труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор”
по професионалното направление: 4.1 Физически науки, специалност: Физика на
вълновите процеси

с

Автор: *Веселин Станимиров Александров*

Тема: *„Техники за синхронизация на модовете на лазери, излъчващи в
спектралната област от 1 μm до 2 μm ”*

Научен ръководител: *Доц. д-р Иван Бъчваров*

1. Кратки биографични данни за докторанта

Г-н Веселин Станимиров Александров завършва висшето си образование във Физически факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“ и придобива бакалавърската си степен по инженерна физика през 2010 г, а през 2012 придобива и магистърска степен по квантова електроника и лазерна техника с отличен успех.

Зачислен е в редовна докторантура по професионално направление: 4.1 Физически науки, специалност: Физика на вълновите процеси (вкл. квантова електроника и нелинейна оптика) в катедра „Квантова електроника” във ФзФ на СУ „Св. Кл. Охридски“ с научен ръководител доц. д-р Иван Бъчваров.

Преди и по време на докторантурата г-н Веселин Александров е специализирал в Националния институт по лазери, плазма и радиофизика, в Лабораторията по твърдотелна електроника, Мъгуреле, Румъния и в Института по нелинейна оптика „Макс Борн“ Берлин, Германия.

През срока на обучение докторантът е участвал активно в редица научно изследвателски проекти на групата по твърдотелни лазери и нелинейна оптика към Физически факултет на Софийския университет. Също така в периода 2014-2016 г. е показал активност като вице-президент на студентски клон на Оптичното общество на Америка към СУ „Св. Кл. Охридски“.

От 2015 г. до настоящия момент работи като учител по физика и астрономия към Националната природо-математическа гимназия „Акад. Л. Чакалов“, гр.София.

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

Многобройните, разнообразни и уникални приложения на лазерите, генериращи фемто- и пикосекундни импулси стимулираха бурното им развитие през последните две десетилетия като една от областите от специален интерес е тази в спектралния диапазон над 1.1 μm до 2 μm . Във връзка с това възниква необходимостта от разработване на методи за получаване на свръхкъси импулси адекватни за разширената 1 μm област.

Причината е обстоятелството, че разработените за спектралната област от 0.8 μm до 1.1 μm методи за пасивна синхронизация на твърдотелни и влакнесто-оптични лазери полупроводникови насищаеми поглътители (SESAM) и формиране на леща на Кер не са пригодни за среди, дотирани с Nd^{3+} , Tm^{3+} и Ho^{3+} поради високи ненасищаеми загуби за първия или разлики и неравномерност в спектрите на усилване за втория. За решаване на проблема се развиват нови подходящи за целта насищаеми поглътители с ниски ненасищаеми загуби, като GaSb полупроводникови насищаеми поглътители, въглеродни

тръбички и графен, както и използването на нелинейности от втори порядък позволяваща формиране на $\chi^{(2)}$ -леща и подходяща за лазери с широк и с тесен спектър на усилване.

Успешните експерименти с подобни поглътителни поставят въпроса и за разработване на физични модели за тяхното описание, режим на стабилна работа, параметрите на работа и границите на възможностите.

3. Познаване на проблема

Дисертантът е базирал работата си на 111 специализирани работи около една четвърт от които са публикувани през последните пет години и над половината след 2000 година, а самата библиографска справка включва представителни за развитето на тези методи публикации от деветдесетте години на миналия век. Прегледът на публикациите по списания, години и автори показва, че дисертантът добре познава и е анализирал състоянието на проблема в развитието му и в съвременните му тенденции.

4. Методика на изследването

Дисертационният труд има ясно формулирани цел и задачи. Целта на работата е да изследва техниките за получаване на стабилен режим на синхронизацията на твърдотелни лазери, излъчващи в диапазона 1.1 μm до 2 μm . Формулирани четири основни взаимносвързани задачи, от теоретичните модели и завършващи с изследване на конкретни поглътителни (GaSb SESAM) и конструиране и характеризирание на лазери със синхронизация на модовете чрез формиране на $\chi^{(2)}$ -леща.

5. Характеристика и оценка на дисертационния труд

Дисертационният труд е структуриран в четири основни глави, заключение, приноси на автора, списък на авторски публикации и апробации, забелязани цитирания и използвана литература. Цялостното оформление е добре изпълнено и илюстрирано с фигури, схеми, спектри, таблици, представени като 43 фигури, 5 таблици и 111 литературни източника.

В *Глава 1* авторът е направил подробен преглед на физичните модели, описващи режим на синхронизация на модовете и са разгледани три основни модела: с бавен насищаем поглъtitел, и динамично насищане на усилването; с бърз насищаем поглъtitел и с бавен насищаем поглъtitел без динамично насищане на усилването.

Последователно са разгледани физико-математичните модели, описващи режимите на синхронизация. Резултатът от сравнителният анализ е обобщен с таблица на аналитичните изрази за продължителността на импулсите при режимите на синхронизация на модовете.

В *Глава 2* дисертантът е провел критичен обзор на три групи техники за получаване на режим на синхронизация на модовете на твърдотелни лазери в областта 1 μm – 2 μm , като е сравнил техните достойнства и недостатъци: техники основани на насищаем поглъtitел, на формиране на нелинейна леща в резонатора и на нелинейна промяна на поляризацията. Разгледани са основните схеми, принципи на действие и математично описание на: насищаем поглъtitел; полупроводникови насищаем поглъtitел (SESAM); насищаем поглъtitел, базирани на въглеродни нанотръбички и графен; формиране на Керова леща; вътрешнорезонаторна генерация на втора хармонична; формиране на нелинейна $\chi^{(2)}$ -леща; нелинейно огледало и нелинейна промяна на поляризацията.

Глава 3 е посветена на изследването на GaSb SESAM и въглеродни тръбички като насищаем поглъtitел за синхронизацията на модовете в спектралната област около 2 μm . Целта е да се сравни режимът на синхронизация на модовете получени чрез GaSb SESAM и въглеродни тръбички. Реализирана е схема с активна среда Tm,Ho:KLu(WO₄)₂ с широка спектрална линия на усилване и изключително високи сечения за стимулирано излъчване. За пръв път е демонстриран режим на синхронизация на модовете на Tm,Ho:KLu(WO₄)₂

лазер, както и режим на синхронизация на модовете на Tm,Ho-базиран лазер, като се използва насищаем поглъtitел от въглеродни нанотръбички.

Сравнени възможностите на GaSb SESAM и въглеродни нанотръбички като насищани поглъtitели за получаване на стабилен режим на синхронизация на модовете в спектралната област $\lambda_{em}=2.06 \mu\text{m}$. Показано е, че GaSb SESAM позволяват постигане на по-висока изходна мощност и по-висока диференциална ефективност.

За пръв път е демонстриран режим на синхронизация на модовете на Tm,Ho:KLu(WO₄)₂ лазер, както и режим на синхронизация на модовете на Tm,Ho-базиран лазер, като се използва насищаем поглъtitел от въглеродни нанотръбички.

В Глава 4 са описани разработените лазерни генератори в режим на синхронизация на модовете чрез формиране на $\chi^{(2)}$ -леща, излъчващи около 1 μm . Характеризирана е техниката за получаване на режим на синхронизация на модовете, използваща формиране на $\chi^{(2)}$ -леща. Формулирана е хипотеза за солитоново формиране на импулсите, направени са предположения на нейна основа, които са проверени експериментално.

Регистрирани са рекордни стойности на параметрите на лазерното лъчение за режим на синхронизация на модовете, използващ формиране на $\chi^{(2)}$ -леща, показващи възможността за генериране импулси както с кратка продължителност, така и с висока средна мощност.

За пръв път е демонстрирана тази техника за твърдотелен лазер, базиран на средата Nd:LuYAG, използващ нехомогенно уширена спектрална линия на усилване на активната среда. Получената продължителност на импулсите ($t_p=2.4 \text{ ps}$) е минималната, получавана с тази активна среда.

При експериментите са използвани специално изработени в различни престижни лаборатории компоненти като кристали, насищани поглъtitели, а някои експерименти са проведени в чужбина. Сами по себе си резултатите са концентриран израз на постиженията на няколко лаборатории и неслучайно са постигнати върхови резултати.

6. Приноси и значимост на дисертационния труд за науката и практиката

В дисертационния труд подобно са изброени основни приноси както и свързание с тях постижения и резултати.

Основните постижения могат да се обобщят както следва:

- i. За пръв път са сравнени възможностите на GaSb SESAM и въглеродни нанотръбички като насищани поглъtitели за получаване на стабилен режим на синхронизация на модовете в спектралната област $\lambda_{em}\approx 2 \mu\text{m}$.
- ii. За пръв път с използване насищаем поглъtitел от въглеродни нанотръбички е демонстриран режим на синхронизация на модовете на Tm,Ho:KLu(WO₄)₂ лазер, както и режим на синхронизация на модовете на Tm,Ho-базиран лазер.
- iii. Характеризирана е техниката за формиране на $\chi^{(2)}$ -леща за получаване на режим на синхронизация на модовете и е формулирана е хипотеза за солитоново формиране на импулсите. Направените са предположения на са проверени експериментално.
- iv. Получени са рекордни стойности на параметрите на лазерното лъчение за режим на синхронизация на модовете чрез формиране на $\chi^{(2)}$ -леща, излъчващи около 1 μm .
- v. За пръв път е демонстрирана тази техника за твърдотелен лазер базиран на средата Nd:LuYAG, използващ нехомогенно уширена спектрална линия на усилване на активната среда. Получената продължителност на импулсите ($t_p=2.4 \text{ ps}$) е минималната, получавана с тази активна среда.

8. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Резултатите от работата по дисертацията са публикувани в две статии в едно от най-реномираните във фотониката международно списание Optics Express (с импакт фактор за 2015 г. - 3.148). Резултатите, свързани с дисертационния труд, са докладвани в общо 11

доклада на научни конференции, а 9 от докладите са представени на най-престижните международни научни конференции за изследователската област (CLEO USA, CLEO Europe, Advanced Solid-State Lasers (ASSL) и Europhoton).

Докладите са публикувани в OSA Publishing's Digital Library и IEEE Xplore Digital Library. Те се индексират от базите данни за научни изследвания Web of Science и Scopus. Допълнително дисертантът Веселин Александров има 2 доклада в национални научни прояви.

Представен е списък с четири (4) независими цитирания на представените научни публикации по дисертацията.

Представените резултати, публикационна активност и цитируемост свързани с изследователската активност на докторанта напълно удовлетворяват и надвишават количествено препоръчителните изисквания, приети от Физически факултет на СУ „Св. Кл. Охридски” за придобиване на образователна и научна степен „доктор” (http://insite.phys.uni-sofia.bg/science/dokumenti/FzF_kriterii_AI.pdf).

Съгласно формалните изисквания описани в Член 3 алинея 1 “Кандидатът трябва да има поне три публикации, от които най-малко две статии в реномирани издания, в поне една от които кандидатът трябва да има водещ принос.” Отчитане на общия брой публикации по тези изисквания съгласно Приложение А ал.1 и ал. 2 е 8.3 (2+0.7x9).

9. Лично участие на докторанта

Докторантът е подробно е изброил всички приноси на външни спрямо Физическия факултет специалисти и лаборатории и ясно е указал своите приноси в експерименталните епостановки, получаването и обработката на резултатите. Представените работи са неизбежно колективен труд, като авторът е на първо място в двете публикации в Оптикс Експрес, и във всички други доклади на конференции с изключение на една. Това безспорно е доказателство, подкрепено от съавторите за неговия решаващ личен принос.

10. Автореферат

Авторефератът отговаря на съдържанието на дисертационния труд и включва най-съществените резултати, илюстрирани с подходящи графики, спектри и снимки. Той е изработен според изискванията на съответните правилници и отразява основните резултати, постигнати в дисертацията.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертационният труд *съдържа научни, научно-приложни и приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката* и напълно отговарят на всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и изискванията на Физически факултет на СУ „Св. Кл. Охридски”. Представените материали и дисертационни резултати съответстват на специфичните изисквания на Физическия факултет.

Основавайки се на изложеното по-горе, убедено предлагам положителна оценка на дисертационния труд на г-н Веселин Станимиров Александров 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).

София, 19.10.2016 г.

Автор на становището:

Проф. Дфн Тинко Ефтимов