

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационния труд за получаване на образователна и научна степен “Доктор” (научна специалност 01.03.22. „Физика на вълновите процеси”, направление физика 4.1.)

Автор на дисертационния труд: Александър Георгиев Гайдарджиев

Тема на дисертационния труд: “Генериране и усилване на фемтосекунден оптичен континуум при параметрични процеси от втори порядък”

1. Актуалност на проблемите:

Представената за рецензия дисертация е посветена на теоретично и експериментално изследване възможностите за генерацията и усилването на **фемтосекунден оптичен континуум чрез параметричен процес**. Тази тема не буди съмнение за актуалност. Въпреки, че първата публикация по генерация на континуум се появява преди повече от 30 години, последните години се забелязва засилен интерес. Причина за това е възможността за широко приложение на фемтосекундно широкоспектърно лъчение в много области: широкоспектърна спектроскопия (например за CARS) с приложение в биологията, химията и физиката, оптично кохерентна томография, оптични комуникации, широкоспектърни LIDAR, усилване и компресия на свъхкъси фемтосекундни лазерни импулси. Неотдавна излезе и второ издание на книгата посветена на методите за генерация на континуум “The Supercontinuum Laser Source”. Параметричните процеси от своя страна винаги са актуални в лазерната техника, те дават големи и широки възможности за преобразуване и усилване на лазерни импулси, не случайно едни от рекордните лазерни системи по къса продължителност (единици фемтосекунди) и голям интензитет (тераватни системи) са създадени именно с параметрично усилване на фемтосекундни импулси с чирп (OPCPA). Всичко това говори за актуалността и значимостта на дисертацията на Александър Гайдарджиев.

2. Структура на дисертацията.

Дисертацията се състои от увод, обща част от 4 глави, специално част от 4 глави, където се намират и основните резултати на дисертацията, заключение и едно приложение (което можеше да намери място и в общата част). Накрая са

представени списък с публикациите на автора и списък на използваната литература. Представеният материал е в 96 страници, съдържа 4 таблици и 31 фигури, цитирани са 178 литературни източника.

3. Публикации, на които е базирана дисертацията.

Списъкът с публикации, които авторът прилага в края на дисертационния труд, съдържа 11 заглавия. От тези публикации 4 са в престижни международни списания с импакт фактор – две са в **Optics Letters** (3.316), една е в *Optics Express* (3.749) и една в **Laser and Photonics Reviews** (9.297). Две от останалите публикации са в издания на SPIE от участия в международни конференции с доклади публикувани в пълен. Други два доклада са от участие в една от най-престижните лазерни конференции – **CLEO** от 2008 и 2009 г. Александър Гайдарджиев има и три доклада в конференцията на Физическия факултет на СУ. За отбелязване е, че публикацията “Femtosecond nonlinear frequency conversion based on BiB_3O_6 ” в списанието *Laser and Photonics Reviews* е избрана за публикуване в специалния юбилеен брой по случай 50 години от откриването на лазера и е поместена в рубриката *Editor’s choice*”. Публикуваните статии са приети много добре в научната общност и вече има досега **28 цитирания** в престижни международни списания (според Scopus).

4. Анализ на резултатите и оценка на приносите в дисертацията.

Основната цел на дисертацията е генерация и усилване на фемтосекунден континуум чрез параметричен процес в близката инфрачервена област (1-3 μm). Затова и първата част на дисертацията е посветена на описание на възможностите и условията за параметрична генерация и усилване. Разгледани са методите за постигане на фазов синхронизъм в двулъчепречупващи кристали при колинеарно и неколинеарно взаимодействие, а също така и възможностите за реализиране на синхронизъм в периодично поляризирани кристали. Направен е и обзор на достиженията в тази област досега. Представен е моделът за параметрична генерация от шумово поле на параметрична луминесценция. При разглеждане на параметрично усилване, разлагането на разликата във вълновите вектори е направена до четвърти ред по Тейлор и на базата на това са изведени формулите за честотната ширина на усилването. Тъй като тази глава има повече справочен характер, считам че и приложението посветено на генерацията на оптичен континуум в твърди тела можеше да влезе тук. То също носи справочен характер,

но включването му е оправдано имайки предвид, че при параметричното усилване, експериментално реализирано в дисертацията, оптичният континуум е генериран именно по този начин (комбинация от фазова самомодуляция, нелинейна самофокусировка, самоизостряне на импулсите, генерация на плазма и самоканализация на лазерния сноп).

Основните резултати от дисертацията са представени във втората глава. Първата част от нея е посветена на описание на кристала ВВО (BiB_3O_6) като перспективен нелинеен материал. Представени са физичните свойства, линейните и нелинейните характеристики, възможните конфигурации за фазов синхронизъм. С цел използването му за параметричен генератор и усилвател са направени пресмятания на разликите в груповите скорости на напompващата, сигналната и допълнителната вълни при параметричен процес, ширината на параметрично усилване и дисперсията на груповите скорости с цел приложение за фемтосекундни импулси. Предполага се, че насочването към тази среда е след пресмятане на данните от **таблица 4** в дисертацията, където са сравнени повечето популярни нелинейни среди. От там се и вижда, че тази среда е много подходяща за напompване с дължина на вълната около **800 nm**, където работи и най-популярният фемтосекунден лазерен източник – титан-сапфировият лазер. Оказва се, че при такова напompване при този кристал разликата в груповите скорости близо до точката на израждане, както и дисперсията на груповите скорости на сигналната и допълнителната вълни става почти нула. Това се осъществява при колинеарно взаимодействие $e \rightarrow oo$, в равнината $x-z$ на двuosния моноклинен кристал ВВО. Единствен негов конкурент е кристалът ВВО, но неговата ефективна нелинейност е 2-3 пъти по-малка. Може би такива свойства могат да имат и периодично поляризираните нелинейни кристали, но при тях трябва периодичността да е много точно зададена, а това е трудно експериментално постижимо. За сравнение на всички графики за фазов синхронизъм е дадено сравнение и с поведението на кристала ВВО.

Като основно достижение в дисертацията бих отбелязал, че за пръв път е демонстрирано ефективно генериране на континуум в близката инфрачервена област (1,2-2,4 μm) с помощта на нелинеен процес от втори порядък, достигнати са енергии от порядъка на 10 μJ при продължителност на импулсите 100 fs. Това дава много предимства пред генерация, базирана на процеси от по-висок порядък –

продължителност на импулсите близка до тази на напompващите, по-висока енергия и спектрална яркост.

Освен като параметричен генератор, в следващите части от дисертацията са представени и достиженията по параметрично усилване в този кристал, като оптичният континуум се генерира предварително с нелинеен процес от трети порядък в кристали YAG и сапфир.

Реализиран е режим на широколентово усилване на континуум в диапазона 1,2-2,4 μm с енергии в импулсите 50 μJ и продължителности около и малко под 100 fs. Ширината на спектъра е измерена до 1,6 μm , а в по-дълговълновата част е възстановена с използване съотношението на Менли-Роу от XFROG измерванията. Континуумът е генериран в кристал YAG, а този спектър не е показан. Известно е, че генерацията при процеси от трети порядък е преимуществено в анти-стоксовата област на напompване, затова смятам, че този спектър е желателен, особено в по-далечната инфрачервена област.

Реализиран е и двустъпален усилвател на континуум, като тук са постигнати още по-впечатляващи резултати, а именно 200 μJ енергии в импулс и продължителност след компресия с призмен компресор на фемтосекундните импулси от 25 fs. От приложена XFROG картина се вижд, че от двете страни на 1600 nm има различна по знак фазова модулация и затова очевидно е компресиран само спектъра под тази граница. Демонстрирано е и усилване в двустъпалния режим на части от континуума, което дава още една възможност, а именно за пренастройка на фемтосекундните импулси. В тази схема генерацията на суперконтинуум става в кристал сапфир, като не е ясно защо има смяна на YAG кристала от едностъпалната схема на параметрично усилване.

Като цяло дисертацията е добро съчетание на теоретични пресмятания (пълно охарактеризиране на нелинейния кристал ВВО, което съвсем не е лесна задача, имайки предвид, че това е двуосен кристал), където е показана възможността за параметрична генерация на континуум с помощта на нелинеен процес от втори порядък и съответно параметрично усилване и след това експерименталното им реализиране. На базата на разглеждане на голям брой, широко използвани днес нелинейни кристали е избран за приложение на тази идея кристалът бисмутов триборат. Комбинацията от голяма нелинейност и благоприятни дисперсионни характеристики е позволила на дисертантът да реализира експерименти с много добри резултати, някои от които получени за **първ път**. Александър Гайдарджиев

демонстрира както задълбочени теоретични познания по нелинейна оптика, така и справяне с трудни експериментални задачи в областта на фемтосекундната техника. Експериментите са реализирани в Max-Born-Institute for Nonlinear Optics and Ultrafast Spectroscopy Berlin, но от разговорите с дисертанта имам представа за негова водеща роля в тези експерименти.

5. Авторефератът съответства напълно на дисертацията. Забележката ми е, че при стремежа да включи всичко от дисертацията в автореферата, той се получил ненужно голям обем и в голяма степен почти повтаря дисертацията.

6. Заключение. На базата на всичко казано до тук убедено мога да твърдя, че представената дисертация на Александър Гайдарджиев е на **високо съвременно научно ниво**. Засяга въпроси **изключително актуални** в наше време – генерация и усилване на фемтосекунден континуум в близката инфрачервена област на спектъра. Резултатите например получени при охарактеризирането на кристала ВiВO могат да се използват като много ценен справочен материал за лазерните физици работещи с фемтосекундни импулси. Създадените лазерни параметрични генератори и усилватели са с потенциално голямо приложение във физиката, химията и биологията.

Считам, че магистър-физик Александър Гайдарджиев отговаря напълно на изискванията за присъждане на образователната и научна степен „доктор” по исканата специалност и препоръчвам с убеденост присъждането му на тази научна степен.

21.04.2012 г.

гр. София

Рецензент:

доц. д-р Николай Минковски