

СТАНОВИЩЕ

за дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор” по професионално направление 4.1. „Физически науки” и научна специалност „Физика на вълновите процеси (вкл. квантова електроника и нелинейна оптика)”

Автор на дисертационния труд: Божидар Николов Орешков, редовен докторант към катедра Квантова електроника към Физически факултет на Софийски университет

Тема на дисертационния труд:

„High peak and average power laser oscillators and amplifiers power based on Nd, Tm and Ho-doped laser media“ („Лазерни генератори и усилватели с висока пикова и средна мощност на базата на Nd, Tm and Ho-легирани среди“)

Рецензент: **Лъчезар Аспарухов Аврамов**, доктор на физическите науки, професор в Институт по електроника “Акад. Емил Джаков”, Българска академия на науките, 1784 София, бул. „Цариградско шосе” 72, определен за член на Научно жури със заповед РД 38-498/23.07.2015 г. на Ректора на Софийски Университет “Св. Климент Охридски”

1. Актуалност на разработвания проблем в научно и научноприложно отношение

Независимо че от появата на лазера като научна новост и високотехнологичен инструмент измина повече от половин век и лазерните устройства и системи са навлезли практически във всички сфери на човешката дейност – от ежедневието и индустрията до изследователската дейност и медицинската практика - фронтът на тяхната употреба се разширява и ефектът от усъвършенстването им разкрива нови перспективни направления. Съвършено закономерно се извършва преход от използването на неселективни лазерни макровзаимодействия към селективни подходи, както в изследването на физичните механизми на взаимодействието на светлината с различни материални среди, така и по отношение на прецизни въздействия, особено върху биологични тъкани.

Необходимостта от разработването на компактна лазерна апаратура, която да генерира лъчение с висока енергия и висока пикова и средна мощност представлява безусловно актуален изследователски проблем.

Тематиката на дисертационния труд се отнася към едно от най-перспективните научни и технологични съвременни направления, получило наименование “фотоника”, в разбирането ѝ за наука изследваща създаването, управлението и приложението на светлинни кванти. Фотониката е определена за едно от приоритетните полета в съвременната наука - „мостов” подход между многобройни научни и технологични сфери, с огромен потенциал за създаване и изследване на нови материали, устройства и методи.

Работата в тази област изисква много висока научна подготовка и прецизни експериментални умения и представлява продължение на традиционно утвърдена тематика в катедра Квантова електроника на Физическия факултет на СУ «Кл. Охридски» за разработката и приложението на специализирана електронна и лазерна апаратура и методи за биомедицината.

2. Обем и структура на дисертацията

Материалът на дисертацията обхваща 103 страници и се състои от Въведение, Обща част, Специална част, Заключение и наукометрична информация. В общата част се представя прецизен обзор на теорията за генерация на къси лазерни импулси с висока енергия в режим на модулация на доброкачествеността. Отделено е специално внимание на случаите на импулсно и непрекъснато възбуждане на активната среда, както и аналитични методи за анализ на лазери, работещи в режим на активна и пасивна модулация на доброкачествеността. Специалната част е развита в 6 раздела, отразяващи оригиналните експериментални резултати. Дисертацията съдържа 86 фигури, 7 таблици, 88 цитирани литературни източници и списък на основните публикации на дисертанта от 7 заглавия, на които е базиран дисертационния труд. Заключение и обобщение на резултатите са формулирани на страници 85-89, както и кратко, но ясно определение на бъдещите изследвания.

3. Адекватност на научната методика по отношение на поставените цели и задачи

За постигане на целите на дисертацията са разработени няколко различни вида суб-наносекундни лазерни генератори, работещи в режим на пасивна модулация на доброкачествеността и излъчващи на дължина на вълната 1064 nm. Продължителността на генерираните импулси на всеки от тях е по-малка от 800 ps, а енергията от 50 до 300 μJ , при

честота на повторение до 500 Hz. За минимизиране на специфичните проблеми, типични за такъв тип лазер е избран е подход за разработка на отделен дизайн за всеки осцилатор.

За повишаване на енергията на лазерните системи е разработена детайлна процедура за проектиране и конструиране на мощни напречно-диодно напompвани лазерни усилвателни модули. Използвани са съвременни подходи и компоненти, като Nd:YAG кристални влакна и пиезоелектрични деформируеми огледа и подходящи комбинации от съвременна елементна база, даващи възможност за постигане на високи резултати, някои от които – за първи път в тази област. Напр., прилагайки кристал Tm:LLF в комбинация с Cr:ZnSe насищаем погълтател са постигнати най-късите импулси при диодно напompван Tm-базиран лазер, работещ в режим на пасивна Q-модуляция, при честоти от няколко стотин Hz и дължина на вълната 1890 nm. За пръв път е получена и генерация в режим на Q-модуляция с относително новата лазерна среда Tm:GLF и насищаем погълтател Cr:ZnSe с дължина на вълната 1876, енергия 0.44 mJ и честота 290 Hz.

Оригинално постижение е и приложението на ко-дотирана лазерна среда Tm,Ho:YLF, в комбинация с насищаем погълтател Cr:ZnSe, при което за пръв път са получени лазерни импулси с продължителност 45 ns при енергия 33 μ J и честоти на повторение 600-3400 Hz.

4. Научни и научноприложни приноси

Основните научни резултати на дисертационния труд са представени в Специална част, наречена „Laser development experiments“. Именно там са дефинирани основните цели на дисертацията – разработка на системи с продължителност на импулса <10 ns, висока енергия, висока средна импулсна мощност и набор от дължини на вълните около 1 μ m и 2 μ m – спектрална област със значителен потенциал за важни биомедицински и други приложения.

В раздел 3.1. са представени серия наносекундни и субнаносекундни лазерни осцилатори, генериращи на 1064 nm. Реализирано е конструктивно решение, което позволява реализация на директен контрол на усилването в резонатора чрез композитен напompващ импулс. Използването на композитен напompващ импулс е позволило значително редуциране на времевия „джитер“.

Чрез използване на поляризационни елементи в резонатора на Nd:YAG/Cr:YAG микролазер е получена фиксирана изходна поляризация и по този начин е избегнат нежелания ефекта на флукуиране на енергията между двете ортогонални поляризации и повишаване на прага на генерация.

Разработена е схема на Nd:YAG/Cr:YAG микролазер, генериращ импулси с продължителност около 300 ps, при която е постигнато значително повишение на изходна енергия 50 μ J.

За целите на конструирането на мощни лазерни усилватели с напречно диодно възбуждане е разработена специална методика, позволяваща определяне на началните параметри на усилвателите – необходима напмпваща мощност, диаметър на активната среда и диаметър на входния сигнал. Определени са основните параметрите за конструктивна оптимизация на механичните конструкции на устройствата за преодоляване на сферичната аберация, която е основен източник на загуби в този тип усилватели – отстоянието на лазерните диоди от центъра на активната среда и концентрацията на активните частици. Създадени са триизмерни модели, както и производствени схеми, с помощта на 3D CAD/CAM среда, позволяващи моделиране на системи с по-големи размери и по-високи енергии. Изработена е и методика за измерва силата на термично индуцирана леща в лазерните усилватели.

Създадените напречно-диодно възбуждани модули са използвани за усилване на пакети от пикосекундни лазерни импулси с пренастройваема продължителност. Като задаващ генератор е използван Nd:YVO₄ осцилатор, работещ в режим на пасивна синхронизация на модовете с честота на повторение 95 MHz.

В дисертационния труд са разработени и техники за подобряване на качеството на лъчението в Nd:YAG мощни усилватели. Особено внимание е отделено на термично индуцираните изкривявания в активните елементи, които са основен проблем в лазерните системи, работещи при висока средна мощност и представляват ограничение за постигане на по-високи изходни мощности. За тази цел е използвано пиезоелектрично деформируемо огледало с контролирана обратна връзка и различни генетични алгоритми. За задаващ осцилатор се използва Nd:YAG/Cr:YAG микрочипов лазер с импулси с продължителност 1 ns, енергия 200 μ J и честота на повторение 0.75 kHz. Формиране на размера на снопа на лазера в отделните стъпала са използвани оптични обективи и различни многопроходни схеми на усилване. Чрез CCD камера се осъществява обратна връзка за оптимизиране на кривината на деформируемото огледало.

Разработените методи и техники за генерация на лазерни импулси с висока енергия, висока пикова и средна мощност са използвани за изследване конструиране на лазери, генериращи в диапазона около 2 μ m. Приложени са среди среди базирани на Tm³⁺ йон,

излъчващи около 1.9 μm и на Tm^{3+} , Ho^{3+} ко-дотирани твърдетелни лазерни среди, типично излъчващи около 2.1 μm .

Детайлно са изследвани различни схеми на лазери, базирани на двата типа активни йони, дотирани в различни матрици, както в непрекъснат режим на работа, така и в режим на пасивна Q-модулация.

Такива системи, генериращи пакети с висока енергия, са необходими за редица ключови приложения като синхронно напомпвани оптични параметрични осцилатори, фотокатодни инжектори и други. Освен това такива пакети от пикосекундни импулси имат редица преимущества пред единични наносекундни и пикосекундни импулси за прецизна обработка и аблация на материали.

5. Оценка на личния принос на докторанта

Обектът на научното изследване е свързан с високоспециализирани дейности и изисква прецизни експериментални умения. Такъв тип изследвания са възможни единствено при добра организация и получаване на краен резултат не е възможен без участие на специалисти с различен научен профил. Все пак, може да се обобщи, че докторантът има основен принос в разработването и характеризирането на експерименталните схеми и проведените изследвания на системите базирани на архитектура маломощен осцилатор и последващ усилвател с дължина на вълната 1.064 μm и около 2 μm . Авторът има значимо лично участие в експериментите в сътрудничество с учени от Германия от Институт по Нелинейна Оптика „Макс Борн“, Берлин, Германия и Национален Институт по Лазери, Плазма и Радио Физика, Лаборатория по Твърдетелна Квантова Електроника, Магуреле, Румъния.

Текстът на самия дисертационен труд, съставът на научните колективи, подредбата на авторите, акцентите в заглавията, профилът на научните издания, величината на импакт фактора и други признаци на организация и изпълнение на изследователските дейности не дават основание личният принос на докторанта да бъде поставена под съмнение.

6. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Основните публикации на автора са в авторитетни издания с добри за научната област наукометрични характеристики. Качеството и количеството и на публикациите, отразяващи получените научни резултати покриват изискванията за докторска дисертация. Във всички

статии и конферентни материали Божидар Орешков е първи автор, което е показателно за оценката на личния му принос от колективите, в които е работил, вкл. и от чуждестранните му съавтори. Забелязах 2 независими цитирания на основните публикации в авторитетни научни издания. Прави впечатление и активното участие на автора в авторитетни научни форуми, което дава основание да се направи заключение, че редовната докторантура е допринесла за изграждането на един висококвалифициран и мотивиран млад учен.

7. Съответствие на автореферата

Структурата и наименованията на отделните раздели и подраздели в автореферата основно възпроизвеждат структурата и наименованията на дисертационния труд. Авторефератът е изготвен съгласно изискванията и вярно отразява основните резултати от дисертацията.

8. Заключение

Представеният дисертационен труд има добре организирана структура и ясно представяне на извършената работа и постигнатите резултати. Считам, че основната цел на изследванията е постигната и поставените цели са изпълнени. Дисертацията и наукометричните ѝ показатели напълно отговарят на изискванията на ЗРАС в РБ и Правилника за неговото приложение за присъждане на образователна и научна степен „Доктор”. Отчитайки качеството на дисертационния труд и значимостта на получените в него научни резултати, препоръчвам на уважаемото Научно жури да присъди образователната и научна степен „доктор” на Божидар Орешков по професионално направление 4.1. „Физически науки”.

София
07.10.2016 г.

Рецензент:
(проф. д.ф.н Лъчезар Аврамов)