

СТАНОВИЩЕ

върху дисертационен труд за присъждане на
образователната и научна степен „Доктор“

Автор на дисертационния труд: Христо Любомиров Илиев

докторант към катедра „Квантова електроника“, физически факултет,
СУ "Кл. Охридски"

Тема на дисертационния труд: "Диодно наpomпвани лазери със синхронизация на модовете излъчващи в спектралния диапазон между 1 и 2 μm ".

научна направление: 4.1 "физически науки", специалност физика на вълновите процеси (вкл. квантова електроника и нелинейна оптика).

Представеният дисертационен труд е посветен на синхронизация на модовете на диодно наpomпвани твърдотелни лазери генериращи в диапазона между 1 и 2 μm . Темата е актуална, изследванията са проведени задълбочено, а резултатите са с висока научна стойност. Това прави представените резултати дисертабилни.

I. Структура и общо описание на дисертационния труд.

Дисертационният труд на Христо Илиев е в обем 90 печатни страници и е структуриран в следните основни части: *увод*, *обща част* състояща се от две глави, *експериментална част* състояща се от 6 раздела, *заклучение* и *литература*. Текстът е допълнен със списък на публикациите на автора и забелязани цитирания. Представеният материал е илюстриран с 41 фигури и графики и 4 таблици. Литературата съдържа общо 97 заглавия. Основната цел на дисертацията е ясно формулирана. Изложението е компактно и е издържано в точен специализиран стил.

В *увода* е проследено развитието на проблема и неговата актуалност. Ясно са формулирани целта и конкретните задачи на дисертационния труд.

Общата част на дисертацията обхваща глава 1 и глава 2. В глава 1 е представено актуалното състояние на проблема за диодно наpomпвани твърдотелни лазери с висока средна мощност, а глава 2 е посветена на физическите принципи и методи за синхронизация на модовете. По първата тема е направен обзор и сравнително представяне на най-добрите резултати получени в режим на синхронизация на модовете в активирани предимно с Nd^{3+} и Yb^{3+} твърдотелни лазерни среди, методите за синхронизация на модовете и схемите за наpomване. Коментирани са техните основни предимства и недостатъци. По втората тема е описан принципа на действие на синхронизацията на модовете на лазера. Разгледани са методите за синхронизация на модовете, активна и пасивна, като са открити техните предимства и недостатъци. Акцентът е поставен върху пасивната синхронизация на модовете и методите за нейната реализация. Подробно е описано формирането на импулса при синхронизация на модовете с насищаем абсорбер. Специално внимание е отделено на синхронизация на модовете чрез вътрешно-резонаторна генерация на втора хармонична. Разгледани са двата механизма за модулация на вътрешно-резонаторните загуби, амплитудна и фазова модулация, известни като метод на нелинейното огледало, въведен от К. Станков, и метод на динамичната $\chi^{(2)}$ -леща, въведен от авторски колектив с участието на докторанта. Последният метод, неговото разработване и приложение е основа на дисертационния труд.

Експерименталната част на дисертацията е представена в глава 3, която е структурирана в шест раздела. В раздел 3.1, методът на динамичната $\chi^{(2)}$ -леща е приложен към дотирани с Nd^{3+} ортованадатни среди генериращи на основния преход около 1.064 μm . За синхронизация на модовете е използван периодично поляризиран КТР нелинеен кристал. Експериментално е разграничен механизма на амплитудна модулация свързан с ефекта на нелинейното огледало от този на фазовата модулация свързан с динамичната $\chi^{(2)}$ -леща. Показано е, че последният има решаващ принос за генерацията на получените импулси с продълност 2.9 ps и средна мощност 3.1 W в активна среда $\text{Nd}:\text{YVO}_4$. Стабилна синхронизация на модовете в самостартиращ режим е установена в две зони от напмпващата мощност. Излизането от стабилен режим в края на всеки диапазон се дължи на нарушено модово съгласуване поради нарастване на обема на резонаторния мод вследствие на ефекта на топлинната леща. Работата на лазера е оптимизирана при различни активни среди и нелинейни кристали, като най-висока средна мощност от 5 W е получена с $\text{Nd}:\text{GdVO}_4$ и стехиометричен литиев танталат (MgSLT). В раздел 3.2, методът е приложен към следващия по интензивност преход в Nd^{3+} дотирани среди на 1.342 μm . Получена е стабилна синхронизация на модовете като в комбинацията $\text{Nd}:\text{YVO}_4$ и MgSLT са генерирани най-късите получавани досега импулси от 3.6 ps за този работен преход на Nd^{3+} . Намерено е ефективно решение за повишаване на по-ниската мощност на този преход от 1W до 2.1W за комбинацията $\text{Nd}:\text{GdVO}_4$ и MgSLT , използвайки по-дълговълново напмпване директно в работния лазерен преход. В раздел 3.3 е изследвана възможността за увеличаване на енергията в импулс чрез импулсно напмпване. Постигнат е квазистационарен режим на генерация на пакети импулси и потискане на Q-модулацията чрез въвеждане на отрицателна обратва връзка. Получена е енергия в импулс достигаща 150 nJ. В раздел 3.4 е изследван алтернативен метод за синхронизация на модовете за прехода на 1.342 μm с използване на насищаем абсорбен с филм от нанотръбички. Получена е максимална средна мощност на генерацията от 0.8 W и продължителност на импулсите около 16 ps. В Раздел 3.5, методът на $\chi^{(2)}$ -лещата е приложен към нова активна среда, $\text{Nd}:\text{LuVO}_4$. Изследвано е както обичайното възбуждане на 808 nm, така и на 880 nm директно в ивицата на усилване. Използвани са периодично поляризиран КТР и LBO нелинейни кристали работещи далеч от точен фазов синхронизъм. Напмпването на 880 nm увеличава средна мощност от 2.7 W на 4.6 W при около 7 ps продължителност на импулсите. Увеличавайки обратната връзка на резонатора (5% пропускане на изходното огледало) са генерирани най-късите импулси от 1.6 ps за дотирана с Nd^{3+} лазерна среда. Раздел 3.6 е посветен на синхронизация на модовете на дотирани с Tm лазери генериращи в диапазона около 2 μm . Изследвани са два типа лазерни среди, Tm:KLuW и Tm:LiLuF. За синхронизация на модовете е използван насищаем абсорбер от нанотръбички. Получените начални резултати от 200 mW средна мощност и 12.6 ps импулси е предпоставка за по-нататъшното развитие на изследванията в тази област.

II. Оценка на автореферата, справката за приносите и на публикациите в дисертационния труд.

Авторефератът правилно отразява целите, задачите, и съдържанието на дисертацията. Основните резултатите са публикувани в 4 статии в списания с импакт фактор, 1 в годишник на СУ "Кл. Охридски", 3 доклада на конференции в пълен текст в издания на SPIE и 15 доклада на международни конференции. Работите са намерили отзвук в общо 7 независими цитата. Публикациите отговарят на количествените и качествени показатели за присъждане на образователната и научна степен „доктор”.

III. Достойнства и научни приноси на дисертационния труд.

Основните достойнства на дисертационния труд могат да бъдат формулирани както следва:

1. Избраната тема е актуална, а предложеният подход е оригинален и съчетава редица достойнства: практическа безинерционност, липса на поглъщане за основното лъчение, слаба спектрална чувствителност и е базиран на водещата $\chi^{(2)}$ -нелинейност.

2. Полученият резултати са с голям потенциал за приложение и в други лазерни системи със сходни параметри.

3. Дисертационният труд се базира на богат експериментален материал включващ широк кръг активни среди и лазерни конфигурации. Авторът се е справил успешно със сложна и разнообразна експериментална техника и измерителни методи.

4. Личният принос на докторанта в това колективно изследване е голям.

5. Резултатите са придобили нужната публичност в достатъчен брой научни публикации, като докторантът е първи автор във всичките представени публикации.

6. Като цяло, получените резултати са с голяма значимост за синхронизация на модовете при лазерите изобщо и, в частност, за лазерите с висока средна мощност и относително тясна ширина на линията.

IV. Критични бележки, препоръки и въпроси.

Нямам критични бележки по същество към представения дисертационен труд. По отношение на оценката на продължителността на импулса от автокорелационната функция може да се направи следният коментар. В случая, гаусовата форма на импулсите вероятно е по-точна от предположения sech^2 -профил (в случай, че импулсът не е анализиран и по друг независим метод, например FROG, даващ неговата форма). Sech^2 -профилът обикновено се получава в резонатори със солитонно или солитонно-подобно разпространение, например Ti:S-лазер с вътрешно-резонаторен контрол на дисперсията. Това, обаче, няма съществено отношение към получените резултати и би довело само до неголяма корекция в продължителността на импулса поради различния фактор на декомволуция за гаусовия и sech^2 профили.

V. Лични впечатления от докторанта

Не познавам лично докторанта с изключение на проведената от него в рамките на около час демонстрация на създадените експериментални установки. За това кратко време аз бях впечатлен от задълбочените му познания по темата, увереността и рутината с която той владее лазерната и измерителна техника.

Заклучение: Дисертацията е по актуален, ясно формулиран и перспективен проблем на лазерната физика. Получените резултати имат значим принос в техниката на синхронизация на модовете със силен акцент върху твърдотелните лазери с голяма средна мощност с относително тесен спектър на генерация. Наученият труд покрива изискванията за присъждане на исканата научна степен. Личният принос на докторанта е голям. Това ми дава основание да препоръчам най-убедено на Научното жури да присъди образователната и научна степен "доктор" на Христо Любомиров Илиев.

Член на научно жури:

07.10.2012 г.
София

/ доц. д-р И. Г. Копринков/