

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“

Автор на дисертационния труд:
Калоян Николаев Златанов

Тема на дисертационния труд:
„Квантов контрол на атомни системи (с приложения в нелинейната оптика)“

Рецензент:
доц. д-р Емилия Ст. Димова
от Институт по физика на твърдото тяло, БАН

1. Кратки биографични данни и характеристика на научните интереси.

Докторант Калоян Николаев Златанов е получил магистърска степен през 2014 год. специалност “Теоретична и математична физика” във Физически факултет на Софийски университет „Св. Климент Охридски“. От 2015 год. е зачислен за докторант в групата по “Квантова оптика и квантова информация“ при същия факултет. По време на докторантурата си е работил също и в групата на проф. Т. Халфман в Института по приложна физика при Техническия университет в Дармщат, Германия, където е разработена част от настоящата дисертация.

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

Взаимодействието на атоми и молекули с външни полета позволява да се реализира контрол върху процесите, в които те участват, както и върху състоянията, в които се намират. С навлизането на лазерите се създава възможност за прецизен кохерентен контрол на квантовите състояния. Това намира широко приложение при контрол на химични процеси, за определяне на фундаментални константи, създаване на нови техники и технологии в области като квантовата информация, нелинейната оптика, навигационните технологии и др. Кохерентният контрол на атомни системи е актуална тематика, която намира широка подкрепа в световната научна общност, както и чрез финансиране от световни, европейски и национални програми.

Представената дисертация е посветена на актуалната тематика за кохерентен контрол на атомни системи и някои приложения в нелинейната оптика и по-специално в микроскопията.

Дисертационният труд на докторант Калоян Н. Златанов е написан на отличен английски език. Представен е на 103 страници, включва шест глави, 29 фигури и четири допълнителни Приложения, в които много ясно са представени формули, пресмятания и допълнения, поясняващи различни аспекти на проучванията по петте основни задачи.

Направените изследвания са разгледани в два основни дяла: Кохерентен контрол на квантови системи, обхващаща първите четири глави от дисертационния труд, и Приложения в нелинейната оптика, разгледана в глави пет и шест. Търсенията в областта на квантовия контрол са актуална задача и всеки получен резултат намира своята бърза реализация. Изследванията са задълбочени и достъпно представени. Цитираните 68 литературни източника са умело използвани, за да докажат твърденията на докторанта, използваните от него техники, както и да подкрепят получените резултати.

3. Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

Първият дял на дисертационния труд е от четири глави като първата от тях е въведение в тематиката, а в другите са разгледани три от основните задачи на дисертацията. Те обхващат точни теоретични решения на проблеми свързани с кохерентния контрол на квантови системи.

Първата глава от дисертацията, Кохерентен контрол на квантови системи, представя въведение в тематиката и подробно описание на базата, върху която стъпва докторантът, за да направи своите изследвания. Направено е въведение в кохерентния контрол на системи с две нива чрез взаимодействието на кохерентна светлина с материя. Разгледани са различни подходи на кохерентен контрол в диполни апроксимации, динамични взаимодействия, дефинирани са променливи на Блох, адиабатен базис и адиабатни условия, генериране на състояния на суперпозиция чрез адиабатна еволюция, пълен трансфер на населеността. Литературният обзор и информационните източници са съвременни и в достатъчен обем, за да формират точно състоянието на проблема.

Във втора глава е изследван точен дисипативен експоненциален модел. Изследва се случая, когато декохерентността има влияние. Използва се модела на Демков. Вниманието е съсредоточено към система от две нива и е получено точно решение при няколкото разглеждани случая: когато системата се намира в изначално състояние $|1\rangle$ във време $t=0$ и $\gamma \ll 1$, $\gamma \gg 1$, $\alpha \gg 1$; когато системата първоначално е в кохерентна суперпозиция на състоянията, както и в пълен резонанс с асимптотично поведение при $\gamma \ll 1$, $\gamma \gg 1$, $\alpha \gg 1$.

Във трета глава се разглежда адиабатно възбуждане и генерация на състояния в произволна предварително определена кохерентна суперпозиция. И тук се разглежда система от две нива, но едно управляващо/контролиращо поле, което опростява процеса. Въвеждат се контролни параметри: честота на Раби $\Omega(t)$ и отместването по честота $\Delta(t)$ и асимптотичната стойност на тяхното отношение $\Omega(t)/\Delta(t)$ в началния и крайния момент. Изследват се различни възможности за създаване на суперпозиция и се намират точни решения за три аналитични модела: два тригонометрични (Sin-Cos и Cos-Sin) модели и хиперболичния Демков-Кунике модел. При това изследване е необходим прецизен контрол върху формата на импулсите в началния и крайния момент на възбуждането.

Четвърта глава изследва генериране на произволни състояния на суперпозиция чрез поредица от два възбуждащи импулса с фазов скок. Изследването отново е върху система от две нива, но се търси стабилен и по-малко чувствителен към формата на импулса

метод, тъй като последното води до неточности при създаването на търсената суперпозиция на състоянията. За разлика от предишното изследване, в глава 3, тук като контролен параметър се използва фазовия скок при отделните възбуждащи импулси, което позволява по-добра прецизност при създаването на състояния на суперпозиция и намалява грешките. При изследването се използват тригонометричните (Sin-Cos и Cos-Sin) модели.

Вторият дял от дисертационния труд е посветен на приложения в нелинейната оптика. Разгледани са две задачи съответно представени в пета и шеста глава. В пета глава е направено въведение в нелинейната микроскопия. При нея извличането на информацията за наблюдаваният обект се базира на получения нелинеен сигнал. Използва се връзката между техниките за кохерентен контрол и нелинейната оптика с цел подобряване на контраста при изследване на микрообекти с нелинейна микроскопия. Направено е теоретично и експериментално изследване на концепцията за усилване на сигнала и контраста при микроскопия чрез подходящ избор на дължина на вълната на лазера за модулиране на условията на фазово съответствие на процеса на преобразуване чрез контрол на дисперсията.

В шеста глава се изследват методи за усилване на сигнала чрез оптично стимулиране при експерименти на нелинейна микроскопия с трета хармонична при използването на лазерен сноп с Гаусово разпределение. Представен е теоретичен модел и експериментална демонстрация на развитата идея за подобряване на чувствителността при прилагане на оптичното стимулиране. Изследванията на възможното усилване η са направени за две дължини на вълната на лазерния сноп, както и при различна средна мощност на напмпващия и стимулирания THG снопове.

4. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд:

Дефинирани са пет основни приноса на докторанта.

- Направено е точно аналитично решение за квантова система с две състояния управлявана от външно поле, зависимо от времето, с експоненциална времева форма в присъствието на дефазиране.
- Приложени са адиабатни техники в областта на квантовия контрол, за да се генерират кохерентни състояния на суперпозиция. Като параметри са използвани честотата на Раби $\Omega(t)$ и отместването по честота $\Delta(t)$, както и асимптотичната стойност на тяхното отношение $\Omega(t)/\Delta(t)$ в началния и крайния момент.
- Предложена е нова техника за генериране на състояния на кохерентна суперпозиция въз основа на последователност от два адиабатни импулса, разделени от фазов скок.
- Подобвени са сигнала и контраста на изображението при нелинейна микроскопия с трета хармонична посредством подходящ избор на дължина на вълната на лазера, за да се модулират условията за съгласуване на фазите на процеса на преобразуване чрез контрол на дисперсията.
- Подобрена е силата на сигнала при нелинейна микроскопия с трета хармонична чрез оптична стимулация.

5. Личен принос на докторанта.

Стилът на представяне на направените изследвания и получените резултати, категорично показват, че дисертационният труд е лично дело на докторанта. При проведен разговор с Калоян Златанов се проличават задълбочените му познания както в теорията, така в експериментите, отнасящи се до двете задачи в областта на нелинейната оптика.

6. Авторефератът

Авторефератът се представен според изискванията на български език. Състои се от 5 глави, 16 фигури, приноси, списък с публикации, цитирания и библиография от 29 източника и обхваща 38 страници.

Силно впечатление прави разминаването в структурата на автореферата на дисертационния труд и самият дисертационен труд. В дисертацията има 6 глави, докато в автореферата изследванията са групирани в 5 глави, като последната, пета глава, представлява обобщение на материала от глави пет и шест от дисертационния труд. Във всяка от главите съответно на автореферата и дисертацията, има разлика в структурата на представените материали, както и някои от направените изследвания в дисертацията са пропуснати да бъдат представени в автореферата. Това затруднява, при разглеждане само на автореферата, да се придобие пълна представа на изследванията направени от докторанта по време на неговата докторантура, които по своята същност са много задълбочени, с висока научна стойност и възможност за реализация.

7. Бележки и препоръки.

Дисертацията е написана в прецизен научен стил, като са цитирани съвременни научни публикации на много автори, публикувани в авторитетни научни списания. Изследваните теоретични модели са представени последователно, акуратно, ясно и убедително. Моделите и резултатите са илюстрирани графично, което прави дисертацията разбираема за читателя.

Допуснати са някои технически грешки. Например, в автореферата се използва думата „денастройка“, което е буквален превод на думата: „detuning“. Бих препоръчала на докторанта да използва приетите в българските научни среди термини като например „отместване по честота“. Има още няколко подобни директни превода от английски език.

Бих препоръчала описаните приноси да бъдат предадени в по-ясна и кратка форма.

Въпреки направените забележки дисертационния труд е с висока научна стойност. Получените в него резултати са докладвани в 3 публикации в списания с импакт-фактор или ще бъдат докладвани (още 2 са в подготовка за изпращане в списания с импакт-фактор) като са забелязани 5 независими цитата на една от публикациите. Докторантът Калоян Златанов е участвал с доклади в девет международни конференции и работни срещи. Броят на публикациите, забелязаните независими цитати и участията в конференции надхвърля изискваните показатели от Закона за развитие на академичния

състав в Република България и наредбата за приложението му, вътрешния правилник на СУ „Св. Климент Охридски” и препоръчителните изисквания на Физическия факултет.

Заключение:

Дисертационният труд на докторант Калоян Н. Златанов е на високо научно ниво. Постигнатите резултати са в актуалната област на кохерентен контрол на атомни системи, както и приложения в нелинейната микроскопия. Въз основа на разгледаният дисертационен труд, получените резултати и твърдата убеденост, че докторант Калоян Златанов има основен личен принос в направените изследвания, убедено препоръчвам на членовете на Научното жури да гласуват за присъждане на научната и образователна степен „Доктор“ на Калоян Николаев Златанов. На окончателното заседание на Научното жури ще гласувам “ЗА”.

Дата 06.05.2019г.

Рецензент:

/доц. Е. Димова/