



ФОНД
НАУЧНИ
ИЗСЛЕДВАНИЯ

Министерство на образованието и науката

„КОНКУРС ЗА ФИНАНСИРАНЕ НА НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ – 2017 г.”

Наименование на конкурса:
Конкурс за финансиране на научни изследвания – 2017 г.
Основна научна област/тематично направление, в което проектът кандидатства:
Физически науки
Допълнителни научни области/тематични направления при интердисциплинарни проекти:
Математически науки и информатика
Заглавие на проекта:
Нелинейно взаимодействие и поляризационни ефекти на свръх-къси лазерни импулси в диелектрични среди.
Базова организация:
Институт по електроника-БАН
Партньорски организации:
Институт по физика на твърдо тяло- БАН Нов Български Университет
Ръководител на научния колектив (академична длъжност, научна степен, име):
Проф. д-р Любомир Милчев Ковачев
Сума за изпълнение на проекта: 118 000 лева



Резюме на проекта:

Бързото развитие на лазерните технологии доведе до създаването на мощни лазери с фемтосекундна ($10^{-13} \div 10^{-15}$ сек.) и атосекундна (10^{-16} сек.) времева продължителност на импулса. Този прогрес позволи наблюдаване на нови нелинейни ефекти като филаментация, сливане и обмен на енергия между филаменти, генерация на високи хармонични, гига- и терахерцова генерация, въртене на плоскостта на поляризация, свръхуширение на спектъра и други. Тези ефекти се получават при разпространение на фемтосекундни оптични импулси с мощност над критичната за самофокусировка в изотропни среди. По-голяма част от тези нови експериментални резултати не могат да бъдат описани в рамките на стандартната скаларна параксиална нелинейна оптика. Това наложи необходимостта в настоящия проект да се изследва непараксиално векторно обобщение на уравненията, описващи разпространение на фемто и атосекундни импулси, като в допълнение да се изследват ефектите на квантовомеханична фотойонизация и електронна димнамика. Квантовомеханичните процеси ще се пресметнат непerturbативно при използването на тримерното времезависимо уравнение на Шрьодингер, включващо реалистична зонна структура на облъчвания материал. Индуцираната от силното лазерно поле динамика се доминира от два физически процеса: възбуждането на виртуални и реални двойки електрон-дупка. Лазерът преходно (временно) модифицира зонната структура като изменя валентните зони хибридирайки ги с зоните на проводимост за да създаде (генерира) виртуални диполни двойки, които водят до преходно проводящо състояние. При отслабване на лазерното поле равновесното състояние се възстановява и погълнатата енергия се връща отново в облъчващото поле и следователно няма дисипация на енергия в този преходен процес. Теорията описва генерирането на свръхбързи поляризационни токове, които са напълно обратими, т.е. лазерният импулс обратимо усилва (без разрушение) проводимостта на материала в рамките на фемтосекунда, което позволява електрични токове да бъдат управлявани от лазера. При нарастване на интензивността се генерира постоянна ток в посока на полето, който предхожда непосредствено оптично разрушение на фемтосекундна скала. Под този праг на интензивност ние ще моделираме линейния и нелинеен отклик на фотовъзбудената електрон-дупчеста и промяната в оптичните свойства на материала посредством индуцираната кохерентна нелинейна поляризация. Самосъгласуваната връзка между електроните и лазерното поле се осъществява посредством поляризацията. По време на запазването на нейната кохерентност квантово механичното поведение на електроните е съществено и поражда генерация на високи хармонични. Ефекти на сблъсъци породени от електрон-електронно и електрон-фононно взаимодействие причиняват дефазирание и редуцират ефективността на генерацията на високи хармонични. В проекта се предвижда създаване на векторен модел базата на непараксиални амплитудни нелинейни уравнения с добавяне на ефектите на фотойонизация и фотойонизирано излъчване. Векторното обобщение позволява да се решат по-широк кръг задачи и коректно да се интерпретират част от новите експериментални резултати, посочени по-горе. С построеният теоретичен модел ще се опитаме да отговорим на основните въпроси възникващи при генерацията и разпространението на оптични филаменти в кварцови стъкла и въздух. Настоящият проект има две цели - експериментална и теоретична.

Теоретична цел:

Да се създаде нова теория на базата на нелинеен непараксиален векторен модел,



включваща и процесите на йонизация на средата, с който модел да изследваме генерацията и разпространението на единичен филамент в кварцово стъкло и въздух. Модела трябва да отговори на въпросите за физичния механизъм на асиметричното свръхуширение на спектъра на лазерните импулси и неизотропното въртене на вектора на електричното поле.

Експериментално измерените характеристики на оптичните филаменти се сравняват с теоретичните резултати чрез два основни подхода: 1) намиране на аналитични решения и 2) числено изследване на многомерните системи нелинейни частни диференциални уравнения за амплитудната функция на електричното поле с включване на процесите за фотойонизация. Численото изследване е основано на Метода на Разделяне по Физични Фактори (МРФФ) (псевдоспектрален метод) който решава последователно линейната част система от нелинейни частни диференциални уравнения и след това, с четиристъпкова схема на Рунге-Кута, нелинейните части. С цел решаването на поставените по-горе задачи ще бъдат създадени програми, на базата МРФФ за решаване на системи от нелинейни едномерни и тримерни частни диференциални уравнения, описващи динамиката на единичен филамент.

Експериментална цел:

1. Да се изследва експериментално в детайли асиметричното свръхуширение на спектъра на единичен филамент в различни по състав кварцови стъкла и да се сравнят спектрите с теоретичния модел на лавинна параметрична генерация с терагерцово спектрално разстояние между генерираните компоненти.
2. Да се изследва експериментално неизотропното (по-силно в центъра на импулса и по слабо в края) въртене на вектора на електричното поле в равнина, перпендикулярна на посоката на движение, за начално елиптично поляризиран лазерен импулс за кварцови образци с различна дължина в нелинеен режим на разпространение.

Разпределение на сумата по проекта между базовата организация и партньорите

Базова Организация:

Институт по електроника –Българска Академия на Науките

Сума: 65 860 лв.

Партньорски Организации:

1. Институт по физика на твърдо тяло - Българска Академия на Науките
2. Нов Български Университет

Сума: 52 140 лв.

1. 30 780 лв. – Институт по физика на твърдо тяло - Българска Академия на Науките
2. 21 360 лв. – Нов Български Университет

Обща сума за изпълнение на проекта: 118 000 лв.



Членове на научния колектив

<i>Организации/участници¹</i>	<i>Бележка²</i>
<i>Базова организация:</i>	
Институт по електроника –Българска Академия на Науките	
<i>Ръководител на научния колектив</i>	
Проф. дфн Любомир Милчев Ковачев	
<i>Участници:</i>	
Проф. дфн Иван Петров Христов	уч
Проф. дфн Николай Недялков Недялков	
Проф. Жан-Клод Киефер	
Доц. д-р Любен Михов Иванов	пд
Гл. ас. д-р Диана Йосифова Дакова	
Гл. ас. д-р Даниела Ангелова Георгиева	
Гл. ас. д-р Камен Любомиров Ковачев	МУ/пд
Гл. ас. д-р Анелия Минчева Дакова	
Гл. ас. д-р Валери Илиев Славчев	МУ/пд
Студент София Боянова Миленкова	СТ
Студент Зара Андреева Касапетева	СТ
<i>Партньорска организация1:</i>	
Институт по физика на твърдо тяло-Българска Академия на Науките	
<i>Участници:</i>	
Проф. Хитоки Йонеда	уч
Доц. д-р Тодор Стефанов Петров	
<i>Партньорска организация2:</i>	
Нов Български Университет	
<i>Участници:</i>	
Доц. д-р Цвета Тихомирова Апостолова	
Д-р Стоян Райков Мишев	