



## Информация за изпълнение на етап на проект

|   |
|---|
| <b>Наименование на конкурса:</b>  |
| Конкурс за финансиране на научни изследвания – 2017 г.  |
| <b>Основна научна област:</b>   |
| Физически науки   |
| <b>№ на договор:</b>  |
| ДН 18/14  |
| <b>Начална и крайна дата на проекта:</b>  |
| 12.12.2017г. – 11.10.2019г. – първи етап  |
| <b>Заглавие на проекта:</b>   |
| <b>Композитни и адиабатни методи за контрол в квантовите и оптичните технологии</b>   |
| <b>Базова организация:</b>  |
| Институт по физика на твърдото тяло, Българска академия на науките  |
| <b>Партньорски организации:</b>   |
| Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“   |
| <b>Ръководител на научния колектив (академична длъжност, научна степен, име):</b>   |
| Доц. д-р Емилия Димова  |
| <b>Общ размер на отпуснатото финансиране за първи етап:</b>   |
| 60000лв   |
| <b>Интернет страница на проекта (ако има такава):</b>   |
| <a href="https://camcqot.wixsite.com/dn18-14bg">https://camcqot.wixsite.com/dn18-14bg</a>   |
| <b>Научни публикации по проекта:</b>  |
| 1. E. Dimova<br><i>Individual selective rotation of the linear polarization of single light beam in a bundle</i><br>Review of Scientific Instruments <b>90</b> , 086102 (2019)  |
| 2. B. T. Torosov and N. V. Vitanov<br><i>Robust high-fidelity coherent control of two-state systems by detuning pulses</i><br>Phys. Rev. A <b>99</b> , 013424(8pp) (2019)   |
| 3. E. Stoyanova, S. Ivanov, A. Rangelov, and N. V. Vitanov<br><i>Adiabatic motion of a charged particle in spatially uniform and nonuniform static magnetic fields</i><br>Physica Scripta <b>94</b> , 055501(4pp) (2019)                        |
| 4. A. Rangelov, S. Droulias, and V. Yannopoulos,<br><i>A Broadband Optical Isolator Based on Chiral Plasmonic-Metamaterial Design</i> ,<br>Progress In Electromagnetics Research M <b>81</b> , 67-73, 2019                                      |
| 5. Hristina Hristova, Stefano Ognianski, Andon Rangelov and Emiliya Dimova,<br><i>A different optical composition for a broadband linear polarization rotator</i><br>Journal of Physics: Conference Series, <b>1186</b> (1), 012018(5pp) (2019) |
| 6. B. T. Torosov and N. V. Vitanov  |



*Arbitrarily accurate twin composite  $\pi$  pulse sequences*

Phys. Rev. A **97**, 043408(5pp) (2018)

7. J. Randall, A. M. Lawrence, S. C. Webster, S. Weidt, N. V. Vitanov, and W. K. Hensinger

*Generation of high-fidelity quantum control methods for multi-level systems*

Phys. Rev. A **98**, 043414(8pp) (2018)

*Описание на очакваните резултати по проекта (до 1 стр. в рамките на полето по-долу):*



Целта на настоящия проект е развиване на нови теоретични композитни и адиабатни методи в областта на квантовите и оптичните технологии и тяхното експериментално реализиране и потвърждение. Тестването на развитите модели е чрез ансамбъл от охладени рубидиеви атоми (температури в областта на микро-Келвин) (квантови технологии) и наличната за тази цел експериментална апаратура (оптични технологии).

Основните задачи по изпълнението на научната част по проекта са групирани в три работни пакета. РП1 е посветен на разработването на *нови техники за контрол на квантовите състояния на свръхстудени рубидиеви атоми* като първата задача е свързана с *Адиабатни техники за стабилен квантов контрол*. РП2 е насочен към разработката на *Експериментална методика за реализиране на техники за контрол на състоянията на свръх-студени рубидиеви атоми*. РП3 обхваща разработки свързани с *Квантово-оптични аналогии* и по специално в изграждането на системи за контрол на поляризацията с характеристики много по-добри от съществуващите оптични прибори. Другите два работни пакета са свързани с разпространение на резултатите (РП4) и управление на проекта (РП5).

Очакваните резултати по Работните пакети са свързани с *Нови ширококолентови и тясноколентови композитни импулси; Устойчиви квантови гейтове за произволно кубитно въртене; Динамично елиминиране на некохерентна среда; Нова техника за кохерентен контрол на квантовите състояния чрез използване на композитни импулси; Тестване на нови схеми за получаване на оптични компоненти базирани на квантово-оптичните технологии*. Планираните изследвания са както теоретични така и експериментални.



## Членове на научния колектив

| <b>Организации/участници<sup>1</sup></b>                           | <b>Бележка<sup>2</sup></b> |
|--|----------------------------|
| <b>Базова организация:</b>   |                            |
| Институт по физика на твърдото тяло, Българска академия на науките |                            |
| <b>Ръководител на научния колектив</b>                             |                            |
| доц. д-р Емилия Димова   | ИФТТ                       |
| <b>Участници:</b>  |                            |
| доц. д-р Боян Торосов  | ИФТТ                       |
| доц. д-р Емилия Алипиева   | ИЕ                         |
| гл. ас. д-р Елена Таскова  | ИЕ                         |
| гл. ас. д-р Василка Стефлекова                                     | ИФТТ                       |
| ас. д-р Христина Христова  | ИФТТ, МУ                   |
| ас. д-р Елица Кьосева  | ПД, МУ                     |
| Стефано Огнянски – студент   | ИФТТ                       |
| Daniel Comparat  | УЧ01                       |
| Parick Cheinet   | УЧ01                       |
| <b>Партньорска организация:</b>                                    |                            |
| Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“    |                            |
| <b>Участници:</b>  |                            |
| проф. д-р Николай В. Витанов                                       | СУ                         |
| доц. д-р Андон Рангелов  | СУ                         |
| гл. ас. д-р Светослав Иванов                                       | СУ                         |
| ас. д-р Лъчезар Симеонов   | СУ, МУ                     |
| д-р Генко Генов  | УЧ02                       |
| докторант Калоян Златанов  | СУ, МУ                     |
| докторант Елена Стоянова   | СУ, МУ                     |

ИФТТ – Институт по физика на твърдото тяло, БАН

СУ – Софийски университет

ИЕ – Институт по електроника, БАН

УЧ01 - Laboratoire Aime Cotton, Orsay, France (D. Comparat; P. Cheinet)

УЧ02 – Технически университет, гр. Дармщат, Германия(Г. Генов)

ПД – пост докторант при ИФТТ, БАН

<sup>1</sup> Отбележете академичната длъжност, научната степен, име и фамилия на всеки участник като включите и участниците, които са работили по проекта не през целия период за изпълнение на проекта

<sup>2</sup> Отбележете дали участникът в колектива е млад учен (МУ), постдокторант (ПД), докторанти (ДО) или студенти (СТ), или учен от чужбина (УЧ).



**Постигнати резултати от изпълнението на проекта и кратък анализ на тяхната приложимост (до 1 стр. в рамките на полето по-долу)**

През изтеклия период са провеждани изследвания по всеки от Работните пакети.

По **РП1** са разработени нов метод за високопрецизен кохерентен контрол на състоянията на квантови системи с две нива, който се базира на използването на последователност от „детюнингови импулси“. Използвайки площите на тези импулси като контролни параметри, идеята на композитните импулси е обобщена и са постигнати голямо разнообразие от импулсови последователности с широкоспектърни и тясноспектърни профили на възбуждане (Phys. Rev. A 99, 013424 (2019)). Друга задача, като естествено продължение на това изследване, е: теоретично изведени три нови класа широкоспектърни композитни импулси. За композитните фази е получена аналитична формула, която позволява да се генерира композитна поредица с произволна дължина. Следователно, може да се произведе произволна компенсация, което води и до произволна точност на композитния импулс. Освен това, произведените композитни импулси са много по-гъвкави, като позволяват площ на импулса равна на произволно цяло число  $\pi$  (Phys. Rev. A 97, 043408 (2018)). Трета задача свързана с този РП е: използване на еквивалентността между системи с  $N$  нива с  $SU(2)$  симетрия и системи със спин- $1/2$ , за разработване техника за генериране на нови надеждни и висококачествени контролни методи за системи с  $N$  нива. Като демонстрация на тази техника, бяха разработени адиабатни и композитни квантови методи за контрол на системи с  $N$  състояния, които бяха експериментално реализирани с йони  $^{171}\text{Yb}^+$  в йонен капан (Phys. Rev. A 98, 043414 (2018)).

По **РП2** експериментално бе реализирано изграждането на методика за формиране на облак от охладени рубидиеви атоми в състояние  $^{87}\text{Rb}$  ( $5\ ^2S_{1/2}$ ;  $F=1$ ). Направен е анализ на атомите в това състояние: температура, брой на атомите. В процеса на характеризиране започна разработването на нов метод за определяне на температурата на атомите в състояние  $^{87}\text{Rb}$  ( $5\ ^2S_{1/2}$ ;  $F=1$ ). В процес на разработване е методика и система за реализиране на контрол на състоянията на атомите посредством импулси.

По **РП3** теоретично е разработен и експериментално е тестван нов тип поляризационен ротатор, който е способен да върти равнината на поляризация на линейно поляризирана светлина за всеки зададен ъгъл и то в широчина спектрална лента (J. of Phys.: Conference Series, 1186, 012018 (2019)). Друга реализирана задача е: теоретично изследване на нов ахроматичен оптичен изолатор, базиран на кръгов дихроизъм в метаматериали от усукани вериги от метални наночастици (Progress In Electromagnetics Research M 81, 67-73 (2019)). Разработен е и експериментално е изследван метод за индивидуално селективно въртене на линейната поляризация на един светлинен лъч в сноп от светлина с повече дължини на вълните (Rev. Sci. Instrum. 90, 086102 (2019)). По Дейност 3.3 на РП3 сме изследвали теоретично адиабатното решение за движението на класическа заредена частица в пространствено еднородни и неоднородни статични магнитни полета (Physica Scripta 94, 055501 (2019)).

Голяма част от предвидените в **РП4** дейности са реализирани в съответствие с предвиденото. Разработена е уеб базирана страница на проекта, която се актуализира своевременно. Проведени са участия в научни форуми и социални активности (изложба, работа със студенти). До края на първият етап на проекта предстоят участия в международни форуми, което ще повиши видимостта на работата по проекта.

В съгласие с предварително установеният план за управление на проекта (**РП5**) са провеждани периодични работни срещи с ръководителите на РП с цел синхронизиране на работата и изпълнението на задачите по проекта.