

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Дениса Викторовича Новицкого на диссертацию в виде научного доклада Ростислава Михайловича Архипова на тему: «Предельно короткие и униполярные импульсы в когерентных оптических процессах», представленную на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.6 Оптика

Диссертация Архипова Р.М. посвящена последовательному развитию нового научного направления – оптики предельно коротких световых импульсов, под которыми понимаются волновые пакеты длительностью в одно или менее колебаний электромагнитного поля. Особый случай представляют так называемые униполярные (субцикловые) импульсы, содержащие лишь половину колебания поля. Сама по себе возможность генерации таких импульсов далеко не очевидна, что делает проведенное автором исследование важным с фундаментальной точки зрения. Практическая же значимость полученных результатов состоит в разработке новых способов воздействия на вещество, в том числе на сверхбыстрых масштабах, и также не вызывает никаких сомнений.

Работа содержит огромное количество конкретных результатов, связанных тематически и логически. Поскольку нет возможности перечислить их все, остановлюсь только на некоторых, которые лично мне показались особенно интересными. Принципиальную значимость для развития оптики представляет теоретическое обоснование возможности существования (квази)униполярных импульсов света. С методической точки зрения важен анализ понятия электрической площади таких импульсов, значение которой сохраняется при их распространении, и понятия её атомной меры, определяющей воздействие импульса на квантовую систему. Автором не только предложены способы генерации униполярных импульсов, но и проведена экспериментальная демонстрация униполярного излучения.

Существенным вкладом в нелинейную оптику стали детальные исследования взаимодействия сверхкоротких импульсов света (в том числе униполярных) с резонансными средами. Автором изучены закономерности возбуждения среды одиночными импульсами, а также рассмотрено, каким образом последовательности импульсов, когерентно взаимодействующих с резонансной средой, позволяют создавать и стирать решетки разности населенностей и поляризации. Интересно, что этот эффект возможен даже без непосредственного перекрытия импульсов в какой-либо точке среды. Наконец, отметим предсказание автором возникновения связанного состояния электромагнитного поля и колебаний разности населенностей – так называемого осциллона – при распространении сверхкороткого импульса в резонансной среде.

Отдельный пласт результатов диссертации посвящен возможности укорочения импульсов в лазерах с синхронизацией мод. Автором экспериментально реализован режим когерентной синхронизации мод, при

котором генерируемый импульс оказывается короче времени релаксации поляризации поглотителя, и продемонстрирована возможность самостоятельного развития генерации в этом режиме, развито применение диаграммной техники для описания этого режима.

Результаты, представленные в работе, получены с помощью известных методов аналитического и численного анализа уравнений, описывающих взаимодействие электромагнитного излучения с веществом (в частности, уравнений Максвелла–Блоха). Результаты расчетов в тех случаях, когда это было возможно, сравнивались с экспериментальными данными. Поэтому достоверность представленных в диссертации научных результатов и сделанных на их основе выводов не вызывает сомнений.

Вместе с тем, хотелось бы сделать несколько небольших замечаний:

1) При моделировании эффекта самоостановки импульса в резонансной среде используется очень высокое значение концентрации двухуровневых атомов $\sim 6 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$ (с. 51 диссертации). Это значение сравнимо с типичными концентрациями атомов в твердых телах, при которых обычно атомы более нельзя считать невзаимодействующими и наблюдается формирование зон. Более того, сам термин «плотная резонансная среда» обычно подразумевает учет взаимодействий (например, диполь-дипольных) между атомами (см. классическую работу С.М. Bowden & J.P. Dowling, Phys. Rev. A 47, 1247 (1993), и множество последующих). В связи с этим автору следовало бы показать, сохраняются ли сделанные в работе выводы при учете взаимодействия между атомами.

2) Не очень удачным представляется термин «интерференция электрических площадей». Интерферируют обычно волны или колебания, тогда как электрическая площадь – это некоторая интегральная величина, характеризующая имеющееся волновое поле в целом и при этом сама не являющаяся полем. То, что автором называется «интерференцией электрических площадей» – это фактически следствие интерференции волновых полей.

3) В обсуждении экстремальных событий, наблюдаемых в системе диссипативных солитонов самоиндуцированной прозрачности, остался нераскрытым интересный, на мой взгляд, вопрос о статистических свойствах этих событий. Известно, что вероятность таких событий (например, возникновения волн-убийц) часто описывается необычными распределениями с «тяжелым хвостом». Какова ситуация в случае, рассмотренном в диссертации, осталось неясным.

Эти замечания, однако, не влияют на общее прекрасное впечатление, которое оставляет обсуждаемая работа. Диссертация Архипова Р.М. является обширным исследованием, выполненным на высоком научном и методическом уровне в чрезвычайно актуальной области, что подтверждается огромным количеством публикаций автора в авторитетных рецензируемых журналах и приглашенными докладами на международных конференциях.

Диссертация в виде научного доклада Архипова Ростислава Михайловича на тему: «Предельно короткие и униполярные импульсы в когерентных оптических процессах» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Архипов Ростислав Михайлович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.3.6 Оптика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

Доктор физ.-мат. наук, доцент,
заведующий центром «Нанопотоника»
Института физики НАН Беларуси

29.04.2025



Д.В. Новицкий