

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Смирнова Антона Андреевича, «Фотоиндуцированное формирование полупроводниковых наночастиц в полимерной матрице», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических по специальности 01.04.21-Лазерная физика.

Антон Андреевич Смирнов пришел в нашу лабораторию летом 2014 года, когда в лаборатории начинались исследования по новому проекту РФФИ. Он очень быстро вошел в курс экспериментальной работы и получил результат, во многом определивший успешное завершение проекта. Дальнейшая работа, которая и составила данную диссертацию, была посвящена детальной проработке и углублению полученного результата.

Диссертация посвящена фотоиндуцированным нанокompозитам. Это материалы на полимерной основе, в которых при воздействии фотонов образуются неорганические наночастицы. В нашей группе до прихода Антона имелся опыт получения и исследования фотоиндуцированных нанокompозитов, в которых образуются металлические наночастицы, демонстрирующие плазмонный резонанс. В настоящий момент мы являемся одной из лидирующих в мире групп, работающих с полимерными материалами, в которых при воздействии излучения получают полупроводниковые наночастицы.

Эти исследования проводятся с целью разработки новых лазерных нанотехнологий по записи люминесцирующих микро и нано структур в полимерной матрице для создания оптоэлектронных и фотонных устройств, например, гибких дисплеев нового поколения, конкурирующих с такими традиционными методами как фотолитография и струйная печать.

Наночастицы в фотоиндуцированных нанокompозитах образуются из продуктов распада молекул-прекурсоров, которые находятся в исходных материалах. Когда мы начинали, исследователи в мире работали в основном с нерастворимыми в матрице прекурсорами полупроводниковых наночастиц. В этом случае образец выглядит непрозрачным из-за рассеяния на нерастворимых зернах прекурсора. В диссертации показано, что при лазерном воздействии наночастицы в таких образцах образуются внутри таких зерен, хотя удалось также выделить эффекты влияния матрицы на спектры люминесценции наночастиц, получающихся при воздействии на такие материалы лазерного излучения. В экспериментах использовалась четвертая гармоника Nd: YAG лазера.

Более перспективными являются фотоиндуцированные нанокompозиты с растворимыми прекурсорами. В этом случае исходные материалы выглядят прозрачными полимерными образцами, в которых при воздействии излучения возникают поглощающие в видимом диапазоне и люминесцирующие области. В диссертации показано, что одно из ранее известных соединений при правильно подобранных режимах облучения может быть использовано как растворимый в полимерных матрицах прекурсор наночастиц CdS.

Электронная микроскопия показывает, что в засвеченных областях образуются соответствующие полупроводниковые наночастицы. Важной целью работы с такими материалами является запись в них люминесцирующих пространственных структур с помощью лазерного излучения. Возможность такой записи продемонстрирована в четвертой главе диссертации. Однако для детального изучения процесса образования наночастиц оказалось целесообразным использовать для облучения образцов мощных ультрафиолетовых светодиодов. Это, путем создания специальных экспериментальных методик, изложенных в диссертации, позволило изучить отдельно роль эффекта разрыва связей при поглощении ультрафиолетового фотона и эффекта повышения температуры среды. Для объяснения полученных экспериментальных результатов была создана теоретическая модель, позволяющая сделать оценки важных параметров. Понимание механизмов образования наночастиц в облученных областях позволило оптимизировать процесс лазерной записи люминесцирующих структур, продемонстрированный в

четвертой главе. Возможность лазерной записи микро – и наноструктур поставил вопрос о минимальных размерах пикселей. В основе роста наночастиц лежит диффузия продуктов распада молекул прекурсора, приводящая к сборке наночастиц. При записи микро- и наноструктур процесс распада прекурсора инициируется лазерным излучением в области поглощения фотонов, однако из-за диффузии наночастицы могут образовываться в более широкой области. В диссертации рассмотрен механизм локализации образования наночастиц вблизи области лазерного воздействия нивелирующий диффузионное расплывание.

Результаты, полученные при работе над диссертацией, являются начальным этапом для получения с помощью лазерного излучения материалов, содержащих одновременно частицы разных типов, например, металлические и полупроводниковые, а также наноструктуры типа ядро-оболочка и т. д. Первые результаты в этом направлении уже получены, однако в диссертацию они вошли пока только в качестве приложения. За время выполнения работы А. А. Смирнов продемонстрировал целеустремленность и упорство в экспериментальной работе, стремление разобраться в экспериментальной ситуации и умение планировать эксперименты. Он стал квалифицированным экспериментатором в области лазерной физики. Антон также проявил умение анализировать достаточно сложные теоретические модели для сравнения их с экспериментом.

Научные результаты, полученные в ходе выполнения диссертации, опубликованы в 10 статьях в реферируемых журналах. Из них пять статей входят в квартиль Q1, остальные в Q2. Был также получен один патент. Работы докладывались на международных конференциях, в том числе лично соискателем. Его доклады были отмечены 1-ой премией для студентов/аспирантов на международной конференции 10th International Conference on Physics of Advanced Materials and 1st Autumn School on Physics of Advanced Materials, Iasi, Romania (22 - 28 September, 2014) и 1-ой премией для молодых ученых за лучший стендовый доклад на конференции 10-th International Conference on Photoexcited Processes and Applications, Brasov, Romania (August 29 – September 2, 2016). Работы Антона также отмечены Дипломом 1 степени XXI Нижегородской сессии молодых ученых (2016) и Дипломом II степени на XXII конкурсе молодых ученых ИПФ РАН (2020). Проводимые им исследования поддерживались также на конкурсной основе стипендией им. Г. А. Разуваева, 2015 -2017гг. Соискатель являлся и является исполнителем двух проектов РНФ и нескольких проектов РФФИ.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная диссертационная работа «Фотоиндуцированное формирование полупроводниковых наночастиц в полимерной матрице» полностью соответствует выбранной специальности 01.04.21 – Лазерная физика и критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, а ее автор, Антон Андреевич Смирнов несомненно заслуживает присвоения искомой степени кандидата физико-математических наук.

Доктор физико-математических наук, профессор,
Заведующий лабораторией

Н. М. Битюрин

e-mail bit@ufp.appl.sci-nnov.ru

8.12.2020

«Подпись Битюрин Никиты Михайловича заверяю»

Ученый секретарь ИПФ РАН



Н. М. Битюрин