

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Донцова Антона Александровича

«Спектр и динамика лазеров на модах шепчущей галереи и кольцевых лазеров», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников

Диссертационная работа А.А. Донцова посвящена теоретическому исследованию характеристик и динамики, прежде всего, лазеров на модах шепчущей галереи, в которых поле локализовано преимущественно вблизи «ведущей» поверхности – стенки и может распространяться в различных направлениях; дополнительно развивается и теория кольцевых лазеров, где возможно распространение волн во встречных направлениях. Тематика лазеров на модах шепчущей галереи стала особенно актуальной в последнее время в связи с технологическими успехами и возможностью достижения чрезвычайно высокой добротности резонаторов. Эти особенности лазеров на шепчущей галереи позволили, в частности, развить направление оптомеханики, изучающей обмен механической энергии и энергии излучения и возможности оптического охлаждения макротел. В диссертационной работе решались такие тесно связанные с экспериментом новые задачи как анализ «неидеальных» лазеров на модах шепчущей галереи, зондовая диагностика таких лазеров, а также динамика кольцевых лазеров с задержанной обратной связью. Совокупность таких задач решена впервые, поэтому выбранная тема диссертации является **новой и актуальной** как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения. Работа соответствует специальности 01.04.10 – физика полупроводников, по которой она представлена к защите.

**Содержание работы.** Диссертация изложена на 117 страницах печатного текста. Работа состоит из введения, четырех глав, двух приложений и списка литературы. Диссертация содержит 15 рисунков и 4 таблицы. Список литературы насчитывает 296 наименований.

*Первая глава* начинается с весьма обстоятельного литературного обзора исследований лазеров на модах шепчущей галереи (другие главы также содержат детальный обзор). Однако, на наш взгляд, недостаточное внимание в обзоре уделено таким специфическим и важным для данных лазеров вопросам как проявления шероховатости стенок резонатора и направленность лазерного излучения. В оригинальной части выполнен, в рамках теории возмущений, с привлечением метода конформных отображений, анализ спектра лазеров с резонатором регулярной, но (слабо) отличающейся от диска или полудиска формы. Результаты свидетельствуют об умении диссертанта упрощать сложные задачи до уровня решаемых, его высокой математической квалификации и о практической важности выводов.

*Во второй главе* работы после более краткого, но содержательного обзора, на основе полученного в литературе дисперсионного уравнения для мод резонатора шепчущей галереи в форме шара с тонкой оболочкой проведен расчет спектра ТЕ- и ТМ-мод для конкретной конструкции, отвечающей эксперименту. Это позволило идентифицировать происхождение пиков фотолюминесценции, наблюдаемых в эксперименте, приписав их различным модам резонатора. Задача привязки далеко не тривиальна ввиду большого числа подгоняемых параметров – показателей преломления и геометрических размеров сферической частицы и оболочки, а также двух модовых индексов. Ввиду этого выводы по этой главе также представляются важными и полезными.

*Третья глава* работы занимает несколько обособленное положение: в ней применительно к задаче регистрации излучения лазера на модах шепчущей галереи анализируется работа зонда сканирующей микроскопии. К удачам

диссертанта в этой сложной многофакторной задаче следует отнести выявление природы сдвига резонансной частоты колебаний зонда, обнаружение и объяснение периодической зависимости этого сдвига от расстояния между зондом и поверхностью лазера и получение оценочной формулы для чувствительности метода измерений.

Заключительная глава 4 посвящена динамике кольцевых лазеров с запаздывающей обратной связью. Эта тема имеет весьма давнюю историю, частично изложенную в обзоре к главе, но тема весьма актуальна и в наше время в связи с прогрессом лазерной техники. В работе выведены уравнения динамики кольцевого лазера класса В с однородным спектральным уширением и с запаздывающей обратной связью. Аналитически выполнен линейный анализ устойчивости стационарных режимов. Он дополнен численным моделированием, позволившим определить условия возникновения и характеристики режима периодического переключения встречных волн. Численные расчеты показали, что для принятых условий и параметров порог режима переключения близок к порогу неустойчивости стационарного режима, что позволило сформулировать сравнительно простые и полезные выводы (соотношения (25) и (26)).

Результаты диссертации опубликованы в 4-х статьях в ведущих российских и международных журналах – Квантовая электроника, Физика и техника полупроводников, Applied Physics Letters и Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation; журналы относятся к списку ВАК.

#### **Замечания по диссертации:**

*К главе 1:*

- Как отмечалось выше, существенное влияние на порог и характеристики генерации лазеров на модах шепчущей галереи могут оказывать дефекты и случайные неоднородности (шероховатость) поверхности стенок резонатора. В диссертационной работе этот вопрос

не рассматривался. В связи с этим чрезмерно общей представляется формулировка первого защищаемого положения, в котором не уточняется тип дефектов поверхности резонатора.

- Следовало бы пояснить на стр. 23 детали компьютерного расчета.

*К главе 2:*

- В диссертации выполнено сравнение положения спектральных пиков фотолюминесценции в эксперименте и в расчете. Хотелось бы увидеть, хотя бы на уровне оценок, аналогичное сравнение (относительных) интенсивностей фотолюминесценции (экспериментальные данные имеются, а расчетные не приведены).

*К главе 3:*

- Неудачным и двусмысленным представляется начало формулировки Заключения к главе на стр. 58: «Мы экспериментально рассмотрели метод измерения ...», поскольку диссертант претендует, по-видимому, только на теоретическую часть исследования.

*К главе 4:*

- При изложении истории вопроса полезной была бы ссылка на недавний специальный выпуск журнала Chaos, vol. 27, 2017, editors T. Erneux, J. Javaloyes, M. Wolfrum, S. Yanchuk. Не вполне логична терминология диссертанта на стр. 61 и многократно далее: диссертант говорит о «наиболее успешной теоретической модели лазера с задержанной обратной связью Кобаяши-Лэнга» со ссылками [219, 220], из которых первая – публикация 1975 года другого автора, а вторая – 1980 года с иным порядком авторов (R. Lang, K. Kobayashi).
- Не ясны из обзора следствия различия случаев «малой» и «большой» задержки обратной связи.

**Автореферат** правильно отражает основное содержание диссертации. На основании вышеизложенного считаю, что диссертация А.А. Донцова

является завершенной научно-квалифицированной работой, которая соответствует всем требованиям пункта 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013г., а её автор А.А. Донцов заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Доктор физико-математических наук,

член-корреспондент РАН

начальник отдела АО "ГОИ им. С.И. Вавилова"

Тел. +7 812 331-75-50, E-mail: [nnrosanov@mail.ru](mailto:nnrosanov@mail.ru)

Адрес: Кадетская линия В.О., 5/2, С.-Петербург, Россия, 199053