

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИАиЭ СО РАН

академик РАН

А.М. Шалагин

«18» ноября 2016



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Закревского Дмитрия Эдуардовича «Методы возбуждения лазерных сред на основе газовых разрядов среднего и высокого давления», представленную на соискание учёной степени доктора физико-математических наук (по специальности «Лазерная физика»- 01.04.21)

Диссертация посвящена исследованию новых методов генерации низкоэнергетических электронных пучков в газовых разрядах среднего давления и газовых разрядов высокого давления, а также исследованию основных особенностей ряда газовых и некоторых твердотельных лазеров с импульсно-периодическим возбуждением такими методами.

Физические основы формирования низкоэнергетических электронных пучков при повышенном давлении газа и их практическое использование продолжительное время оставались малоизученными, поэтому актуальность диссертационной работы Д. Э. Закревского не вызывает сомнений.

К достоинствам диссертационной работы следует отнести комплексный подход к изучаемой проблеме, при котором получен огромный экспериментальный материал по физическим процессам эмиссии электронов с катода, по физике образования низкоэнергетических интенсивных пучков электронов и их использованию для возбуждения активных сред. Экспериментальный материал сочетается с теоретическими расчетами и оценками. Фактически Д. Э. Закревским создано новое научное направление – лазеры с возбуждением низкоэнергетическим электронным пучком.

К наиболее значимым из полученных результатов можно отнести следующие:

1. Эксперименты с двойной камерой для возбуждения ВУФ излучения и изучения его влияния на эмиссию электронов с катода из различных материалов. В частности, интересным является факт различного влияния адсорбированных и имплантированных атомов на катоде.
2. Получены важные для понимания физики газовых разрядов результаты по измерению абсолютного значения коэффициентов фотоэмиссии (γ_{ph}) в тлеющем аномальном и открытом разрядах оптогальваническим методом с лазерным излучением на $\lambda=2.06$ мкм, а также по измерению коэффициента размножения Таунсенда (α) при высоких E/p.
3. Предложена и исследована новая разновидность разряда – «открытый разряд с катодной полостью», отличительной чертой которого является ограничение потока ионов и быстрых атомов на катод за счёт организации сильно неоднородного распределения электрического поля внутри катодной полости и в разрядном канале, что позволяет осуществить преимущественно фотоэлектронный механизм эмиссии электронов.
4. Показано, что, используя физические особенности развития тока в «открытом» разряде, можно создавать на его основе коммутационные устройства на токи до 30кА при напряжении не менее 20кВ, с временами коммутации менее 0.5нс и эффективностью более 90%, причём предельная частота следования импульсов может достигать 100кГц.
5. Проведены исследования лазерной генерации в активных средах He, Ne-H₂, He-Xe, Ne-Tl, Ne - CuBr и в CdS, AlGaN при электронно-пучковом возбуждении и в He-EuII и He-SrII при возбуждении продольным импульсно-периодическим разрядом при давлениях ≥ 1 атм.
6. Методом сдвоенных наносекундных импульсов показано, что при добавлении в активную среду газов, тушащих нижние метастабильные уровни, возможно получение квазинепрерывной генерации на переходах атома He с $\lambda=2,06$ мкм и атома Ne с $\lambda=583$ нм.
7. В пенningовском ионном Ne-Tl⁺ лазере впервые получена генерация на переходах с $\lambda=1922$ и 1385 нм.

8. Предложен метод пространственно разнесенных областей поглощения и генерации, позволяющий разделить влияние предимпульсных концентраций метастабильных атомов и электронов на частотно-энергетические характеристики лазеров. С помощью этого метода показано, что в мощных газоразрядных лазерах на парах меди ($\text{Ne}-\text{H}_2-\text{CuBr}$, $\text{Ne}-\text{H}_2-\text{Cu}$) предимпульсная концентрация метастабильных атомов не может быть ответственна за ограничение частоты следования импульсов возбуждения.

9. Исследована стимулированная люминесценция в кристалле CdS и структурах $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ при возбуждении пучком электронов с энергией до 20 кэВ и плотностью тока на образце до 4 кА/см². В спектре люминесценции CdS наблюдались два пика излучения с $\lambda \approx 515$ нм и $\lambda \approx 535$ нм, при этом длинноволновый пик зафиксирован впервые. В структурах $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ получена широкополосная сверхсветимость с центром полосы излучения на $\lambda \approx 515$ нм и шириной спектра ≈ 340 ТГц. При возбуждении линейным пучком получено расщепление полосы излучения, являющееся следствием модовой структуры сверхизлучения.

Достоверность и значимость полученных результатов подтверждены 50 публикациями в рецензируемых отечественных и зарубежных журналах (2 из которых в коллективных монографиях), а также многочисленными публикациями в трудах отечественных и международных конференциях.

Диссертация Д. Э. Закревского вносит существенный вклад в физику формирования низкоэнергетических электронных пучков в газе повышенного давления и их применение для возбуждения лазерных сред.

Результаты диссертации могут быть рекомендованы для использования в ФИАН РАН, ИОФ РАН, ТГУ, Южный Федеральный Университет, ОАО НПП “ИСТОК” и других организациях, занимающихся исследованием, разработкой и применением лазеров.

К недостаткам диссертации можно отнести:

1.Неточность при изложении исторического материала - на стр.72 ссылка [36 и др.] на разряд полого катода с сетчатым анодом (рис.3.1,б) датирована 1980 г, а фактически такой катод предложен на 10 лет раньше – см., напр., В.М. Климкин, В.С. Мельченко, И.И. Муравьев, А.Н. Солдатов, А.М. Янчарина, Материалы III Всесоюз. конф. по электронной технике. М.: Электроника, 1970, С.29; А.Н.

Солдатов, Н.А. Прилежаева. *Изв. ВУЗов. Физика*, №11, С.51 (1971); А.Н. Солдатов. *Оптика и спектроскопия*, Т.31, С.181 (1971).

2. Утверждение о рекомбинационной накачке верхнего уровня лазерного перехода в неоне с $\lambda = 585.3$ нм в смеси Ne-H₂ весьма проблематично ввиду того, что имеется ряд работ по осуществлению мощной генерации с этого уровня в поперечном, продольном разряде и РПК во время импульса тока – см., напр., D.A.Leonard. *IEEE J. Quantum Electronics*, V.QE-3, P.133 (1967); D.M. Clunie, R.S.A. Thorn, K.E. Trezise. *Phys. Letters*, V.14, P.28 (1965); Ф.В. Бункин, В.И. Держиев, Е.Л. Латуш, И.И. Муравьев, М.Ф. Сэм, Г.Д. Чеботарев, С.И. Яковленко, А.М. Янчарина, *Квантовая электроника*, Т.13, С.2531 (1986). При этом в первых двух ссылках делается вывод о прямом возбуждении верхнего лазерного уровня из основного состояния с добавкой каскадов с вышележащих уровней, возбуждаемых из основного. Прямое возбуждение линии с $\lambda = 585.3$ нм отмечалось и в непрерывном РПК - см. В.И. Донин. *Журнал прикладной спектроскопии*, Т.5, С.724 (1966).

Указанные недостатки не снижают в целом высокую оценку полученных результатов.

Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему.

Работа отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, а ее автор Закревский Д.Э. заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 - «Лазерная физика».

Отзыв на диссертацию Закревского Д.Э. рассмотрен на семинаре УНЦ «Квантовая оптика» Института автоматики и электрометрии СО РАН

Руководитель тем. группы мощных ионных лазеров
доктор физико-математических наук



В.И. Донин