

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Заместитель директора по научной работе  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Физического института им. П. Н. Лебедева  
Российской академии наук  
доктор физико-математических наук, профессор

Сергей Юрьевич Савинов  
\_\_\_\_\_ 2022 г



### ОТЗЫВ

**ведущей организации на диссертационную работу Мамонова Дмитрия Николаевича  
«Методы увеличения яркости и управления временными характеристиками  
интегрированных массивов излучателей и лазеров с секционированной накачкой»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по  
специальности  
01.04.21 - Лазерная физика**

Диодные лазеры а также Nd:YAG нашли широкое применение в таких научно технических областях как оптоволоконная и космическая связь, оптическая локация, обработка материалов и др. Более того, круг их применений непрерывно расширяется за счет повышения характеристик лазеров в этих системах. Во многом это связано с высокой наукоемкостью лазеров, что позволяет улучшать их выходные параметры. Например, диодные лазеры, обладающие рекордно высокой, среди всех лазеров, эффективностью преобразования электрической энергии в энергию светового пучка (достигающую 50% и выше от розетки), а также возможностью формирования высокого качества выходного пучка, тем не менее ограничены по уровню выходной мощности. Поэтому повышение мощности необходимое для повышения яркости таких лазеров или ее масштабирование оказывается востребованной задачей в настоящее время. Что касается Nd:YAG лазеров, то наиболее эффективной накачкой этой активной среды оказалась диодная накачка. Но не только это обстоятельство объединило развитие этих лазеров. Дело в том, что диодная накачки, может управляемым образом формировать пространственную конфигурацию инверсии в активном элементе Nd:YAG лазера. За счет этого могут возникнуть принципиально новые возможности управления характеристиками этого лазера.

Исследованиям в этой области посвящена диссертация Мамонова Д.Н. и актуальность таких исследований не вызывает сомнений.

Хорошо известно, что физическое ограничение выходной мощности, а соответственно и яркости, диодного лазера связано с принципиально малыми (по крайней мере в одном направлении) размерами активной области. Также хорошо известно, что простое суммирование пучков от нескольких интегрированных лазеров хотя и дает увеличение общей мощности, но не приводит к увеличению яркости. Более того, яркость, как правило, даже уменьшается по

сравнению с яркостью пучка одного лазера. Однако для некоторых применений важна только угловая яркость и не важна ширина оптического спектра. В этих случаях известен и применяется на практике подход так называемого «спектрального» сложения. Он заключается в том, что интеграция пучков с геометрически идентичными параметрами, но с разными длинами волн происходит внутри одного резонатора, содержащего спектрально селективный элемент (обычно дифракционная решетка). На выходе такого лазера формируется единый пучок с геометрическими параметрами одного диодного пучка, но со спектром, уширенным числом интегрированных диодов.

Несмотря на кажущую простоту подхода, его практическая реализация очень критична к оптической схемотехнике, а также к параметрам лазеров. Поэтому созданию таких систем должно предшествовать ее надежное моделирование. Для решения этой проблемы автором предложена и выполнена оригинальная методика, которая позволила существенно упростить такое моделирование. Она состоит в том, что для моделирования не требуется дорогостоящая линейка диодов, а можно обойтись измерениями с использованием только одного диода, перемещая его по координатам. При этом меняя один диод на другой легко измерять характеристики оптического пучка и, соответственно, параметры всей системы «спектрального» сложения.

Другой оригинальный метод автора для повышения яркости излучения диодной линейки при оптической интеграции основан на использовании плоского гофрированного волновода. Периодическая модуляция оптических параметров волновода, кратная  $\lambda/2$  вдоль оси волновода, создает две встречные волны, распространяющиеся вдоль его оси, если на поверхность слоев структуры волновода падает плоская волна перпендикулярно его оси. Эта резонансная оптическая связь между распространяющимися в волноводе волнами и волной, падающей на поверхность структуры, приводит к тому, что поверхность структуры волновода может обладать свойствами отражающего зеркала одновременно в узком спектральном и угловых диапазонах. Используя такую структуру в качестве внешнего зеркала для резонатора, в котором активным элементом служит диодная линейка, автор достиг когерентного сложения пучков от отдельных диодов. Результатом этого является повышения яркости выходного пучка в  $N$  раз, где  $N$ - число диодов в линейке.

Исследование динамики лазера с пространственно сегментированной накачкой Nd:YAG активного стержня, позволило автору выявить ряд новых закономерностей. Автор показал, что при наличии двух активных каналов в стержне формируются два лазерных импульса, временной промежуток между которыми зависит от расстояниями между каналами. Результаты этих исследований позволяют оптимизировать режим накачки по уровню максимальной энергии в режиме пассивной модуляции.

Таким образом, проведенное исследование охватывает широкий спектр лазерных устройств, обладающих несколькими областями усиления. В каждом из этих исследований получены новые научно значимые и практически ценные результаты.

Достоверность полученных результатов основана на анализе выполненных ранее работ, применении апробированных методик и подтверждается сравнением полученных численных результатов с экспериментальными данными. Исследования проводились на современном экспериментальном и вычислительном оборудовании. Основные результаты опубликованы в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК и представлены автором на российских и международных конференциях.

Диссертация представляет собой последовательное и целостное исследование, изложенное хорошим научным языком. Достоинством диссертации является оптимальное сочетание широкого круга экспериментальных и теоретических подходов.

В качестве недостатка можно отметить некоторую небрежность с оформлением рисунков. Например, рис 1.8 полностью повторяет рис 4.16. Рис 5.7 недостаточно информативен из-за его качества, на некоторых рисунках подписи к осям, обозначающим мощность лазерного пучка, - фигурирует «интенсивность».

Указанные замечания не снижают общую высокую оценку работы.

Диссертация «Методы увеличения яркости и управления временными характеристиками интегрированных массивов излучателей и лазеров с секционированной накачкой» Мамонова Дмитрия Николаевича соответствует всем требованиям ВАК Российской Федерации, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **01.04.21** – Лазерная физика.

Отзыв составил:

Главный научный сотрудник

Лаборатории инжекционных лазеров ОКРФ ФИАН,

д.ф.-м.н., профессор



Богатов Александр Петрович

22 апреля 2022

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и одобрен на семинаре ОКРФ ФИАН  
22.04.2022 г.

Руководитель семинара:

Руководитель ОКРФ ФИАН,

д.ф.-м.н., профессор



Ионин Андрей Алексеевич

22 апреля 2022