



Столыпинский
вестник

Научная статья

Original article

УДК 621.373.8

**АКТИВНАЯ СРЕДА В ЛАЗЕРЕ: ОТ ПЕРВЫХ МАЗЕРОВ ДО
СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРОВ**

**ACTIVE MEDIUM IN A LASER: FROM THE FIRST MASERS TO MODERN
DEVICES**

Касьянов Дмитрий Александрович: Студент БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова (190005 Россия г. Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская д. 1), тел. 8(911) 938-50-35, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0859-0431>, dmitriy_kasyanov@mail.ru

Kasyanov Dmitry Alexandrovich: Student of BSTU "Voenmeh" named after D.F. Ustinov (190005 Russia st. Saint-Petersburg, 1st Krasnoarmeyskaya street 1), tel. 8(911) 938-50-35, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0859-0431>, dmitriy_kasyanov@mail.ru

Аннотация. Данная статья исследует активную среду в лазере и её элементы, рассматривая исторический контекст, развитие и современное состояние. В статье анализируются основные компоненты активной среды, включая различные виды лазерных сред, такие как газы, твердые тела и полупроводники. Обсуждается механизм взаимодействия между элементами активной среды и эффективностью передачи энергии в системе лазера. Также рассматриваются ключевые моменты в истории развития активных сред для лазеров и их влияние на современные технологии.

Abstract. This article explores the active medium in a laser and its elements, considering the historical context, development and current state. The article analyzes the main components of the active medium, including various types of laser media such as gases, solids and semiconductors. The mechanism of interaction between the elements of the active medium and the efficiency of energy transfer in the laser system is discussed. Key moments in the history of the development of active media for lasers and their impact on modern technologies are also considered.

Ключевые слова: Активная среда, лазер, развитие, состояние, твердые тела, история.

Keywords: Active medium, laser, development, state, solids, history.

Введение

С момента изобретения лазера в 1960 году активная среда стала одним из важнейших элементов прибора для будущих исследований, играя решающую роль в генерации и усилении световых волн. Активная среда представляет собой среду, способную усиливать излучение путем стимулированной эмиссии. Основные элементы активной среды включают газы, твердые тела и полупроводники. Газовые лазеры, такие как CO₂ и аргоновые лазеры, используют активную среду в виде газовых смесей, где молекулы газа становятся возбужденными и излучают фотоны при возвращении в основное состояние. Твердотельные лазеры, включая Nd:YAG и диодно-накачиваемые лазеры, используют кристаллические или стеклянные материалы с примесями активных ионов. Прошрое столетие свидетельствует о важных этапах в развитии активных сред для лазеров. От первых работы с рубиновыми лазерами до современных высокоинтегрированных полупроводниковых лазеров, понимание активных сред и их оптимизация привели к широкому спектру применения, включая науку, медицину, коммуникации и производство.

Исторический контекст

Теоретические основы физики света: Исследования света и оптики ведутся с древних времен, но именно в начале 20-го века физики начали понимать его

квантовую природу. Это привело к разработке квантовой механики, которая была ключевой для понимания процессов в лазерах.

Развитие молекулярной спектроскопии: В начале 20-го века были сделаны большие успехи в изучении спектров атомов и молекул. Это позволило углубить наше понимание энергетических состояний атомов и молекул, что оказалось важным для создания лазера.

Основы квантовой механики: Развитие квантовой механики, особенно работы таких ученых, как Макс Планк и Альберт Эйнштейн, положили основу для понимания вынужденного излучения и других процессов, лежащих в основе лазеров.

Микроволны и магнетроны: Во времена Второй мировой войны, разработка радаров и микроволновой техники привела к созданию магнетронов, которые были первыми источниками когерентного излучения, близких к принципам лазера.

Работы по мазерам: В 1954 году Чарльз Таунес и Артур Шоуло создали первый мазер (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation), предшественника лазера, который работал в микроволновом диапазоне. Это был первый шаг к созданию лазеров.

Изобретение лазера: В 1960 году Теодор Майман создал первый лазер, который работал на основе активной среды, состоящей из рубина. Этот лазер использовал принципы вынужденного излучения для усиления световых волн.

Активная среда в лазере

Активная среда в лазере – это вещество или материал, в котором происходит вынужденное излучение, создавая когерентный свет. Рассматривая элементы активной среды, а также процессы, проходящие в ней, можно выделить:

Атомы или молекулы: Это элементы, которые обеспечивают энергетические уровни для переходов, которые приводят к вынужденному излучению. В лазерах могут использоваться различные вещества, такие как газы (например, гелий-неон), твердые кристаллы (например, рубин), жидкости или полупроводники.

Энергетические уровни: Это дискретные энергетические состояния, в которых могут находиться атомы или молекулы в активной среде. Переходы между этими уровнями вызывают излучение фотонов.

Бомбардировка атомов или молекул энергией: Для достижения вынужденного излучения в активной среде, атомы или молекулы должны быть возбуждены путем внесения энергии. Это может быть достигнуто путем нагрева, введения электрического разряда или использования других методов.

Резонатор: Резонатор состоит из зеркал, которые создают обратную связь для усиления когерентного света внутри активной среды. Он создает условия для создания лазерного излучения.

Лазеры имеют широкий спектр применений, от научных исследований до медицинских и промышленных приложений, и они стали неотъемлемой частью современной технологии. Эта технология была разработана благодаря долгому пути исследований и разработок в области физики и оптики, и активная среда играет центральную роль в ее функционировании. Развитие концепции активной среды в лазере охватывает несколько десятилетий исследований и инженерных усилий, которые привели к созданию разнообразных типов лазеров с различными активными средами.

1950-е годы: Первые шаги

Мазеры: Первый мазер (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) был создан в 1954 году Чарльзом Таунсом и Артуром Шоуло. Он использовал микроволновые волны и молекулярный водород в качестве активной среды. Мазеры показали, что усиление когерентного излучения возможно, и этот опыт положил начало исследованиям лазеров.

1960-е годы: Первые лазеры

Рубиновый лазер: В 1960 году Теодор Мейман создал первый работающий лазер, используя рубин в качестве активной среды. Рубиновый лазер излучал в видимом спектре и стал отправной точкой для разработки других типов лазеров.

1970-е годы: Расширение спектра активных сред

Газовые лазеры: В этот период были разработаны газовые лазеры, использующие различные газы в качестве активной среды, такие как гелий-неон, углекислый газ, аргон и другие. Газовые лазеры позволили работать в разных спектральных диапазонах и иметь разную мощность.

Твердотельные лазеры: Исследования в области кристаллов и стекол привели к разработке твердотельных лазеров, в которых активной средой становились кристаллы или стекла, пропитанные активными ионами (например, ионы неодима). Твердотельные лазеры были более компактными и мощными по сравнению с газовыми лазерами.

1980-е годы: Новые виды активных сред

Диодные лазеры: Развитие полупроводниковой технологии позволило создать диодные лазеры. Они использовали полупроводники в качестве активной среды и были компактными, эффективными и широко используемыми в коммерческих и медицинских приложениях.

1990-е и 2000-е годы: Развитие новых технологий

Фемтосекундные лазеры: Развитие ультракоротких импульсов в лазерах (фемтосекундные лазеры) позволило исследовать ультрабыстрые процессы в физике, химии и биологии, а также использовать лазеры для создания микро- и наноструктур.

Лазеры на свободных электронах: Эти лазеры использовали ускорители для генерации свободных электронов, которые затем усиливали излучение. Они стали мощными источниками рентгеновского и ультрафиолетового излучения для научных исследований и промышленных приложений.

Современность: Инновации и применения

Лазеры на оптических волокнах: Развитие оптических волокон позволило создать компактные и стабильные лазеры, которые находят широкое применение в сетях связи, медицине и других областях.

Лазеры на основе наноматериалов: Использование наноматериалов, таких как квантовые точки или нанотрубки, в качестве активных сред позволило создать

лазеры с улучшенными характеристиками и новыми спектральными возможностями.

Развитие активной среды в лазере охватывает широкий спектр исследований и инноваций, которые привели к созданию разнообразных лазерных систем с различными характеристиками и применениями. Это продолжающийся процесс, который продолжает вносить важный вклад в современную науку, технологию и медицину.

Активная среда в лазере – это один из ключевых компонентов лазерного устройства, отвечающий за усиление световых излучений и обеспечивающий лазеру его основные характеристики. Современные лазеры можно разделить на несколько категорий:

Твердотельные лазеры: В твердотельных лазерах активная среда чаще всего представлена кристаллами или стеклами, содержащими примеси ионов различных элементов (например, Nd:YAG - неодимий в иттриевом алюмогранатном кристалле). Состояние этой активной среды в современных лазерах достигло высокой степени совершенства, что позволяет получать мощные и стабильные лазерные излучения в различных диапазонах длин волн.

Газовые лазеры: В газовых лазерах активная среда представлена атомами и молекулами газов (например, CO₂, аргон, ксенон). Современные газовые лазеры обладают высокой эффективностью и мощностью, что делает их ценными инструментами в различных областях, таких как медицина, обработка материалов и научные исследования.

Полупроводниковые лазеры: Эти лазеры используют полупроводниковые структуры, такие как лазерные диоды. Современные полупроводниковые лазеры широко распространены в коммерческих приложениях, таких как оптические диски, сетевые связи и лазерные указки. Они отличаются высокой надежностью, низким энергопотреблением и долгим сроком службы.

Жидкостные лазеры используют специальные жидкости в качестве активной среды. Эти лазеры могут работать в широком диапазоне длин волн и обладают высокой эффективностью. Современные разработки в области жидкостных лазеров

улучшили их стабильность и мощность, что расширяет их применение в медицине и исследованиях.

Сверхпроводящие лазеры используют эффект сверхпроводимости для усиления световых излучений. Это относительно новое направление, но исследования в этой области продолжаются, и современные сверхпроводящие лазеры могут потенциально обеспечить высокую эффективность и стабильность.

Оптические волоконные лазеры (ОВЛ) используют оптические волокна в качестве активной среды. Современные ОВЛ обеспечивают высокую мощность, высокую долговечность и отличную качество лазерного излучения. Они широко используются в областях, таких как металлорежущие станки, медицина и телекоммуникации.

Современное состояние активных сред в лазерах отличается отличной эффективностью, стабильностью и разнообразием типов лазеров, что делает их незаменимыми инструментами в науке, медицине, производстве и других областях. Однако исследования в этой области продолжаются, и новые технологические достижения могут привести к еще более мощным и эффективным лазерам в будущем.

Заключение

В заключение следует отметить, что активная среда является ключевым элементом в функционировании лазерных систем. Её разнообразие отражает многогранность лазерных технологий. Современные исследования продолжают стремиться к созданию новых материалов и методов усиления излучения, расширяя границы применения лазеров. От медицинских диагностических процедур до квантовой обработки информации, активная среда продолжает вдохновлять инновации.

Литература

1. Звелто О. Принципы Лазеров /— 4-е изд. — СПб.: Издательство "Лань", 2008 — 720 с.
2. Борейшо, А. С., Ивакин, С. В. Лазеры: устройство и действие / СПб: Издательство "Лань", 2016 — 304 с.

3. Белоусова И.М. Из истории создания лазеров / [Электронный ресурс] // Cyberleninka: — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iz-istorii-sozdaniya-lazero>
4. Ораевский А. Н. // Квант. электр. 2001. Т. 31. № 12. С. 1038.
5. Лоудон Р. // Квантовая теория света. — М.: Мир. 1976
6. Пат. 2320979 Российская Федерация, МПК51 G 01 N 21/00, H 01 S 3/094. Способ синтеза оптически активной диамагнитной среды / Лопасов В. П.; заявитель и патентообладатель. № 2006110006/28; Заявл. 28.03.2006; Опубл. 27.03.2008. Бюл. № 9.
7. Кильдишев А. В., Шалаев В. М. //УФН. 2011. Т. 181. № 1. С. 50.

References

1. Zvelto O. Principles of Lasers / - 4th ed. - St. Petersburg: Publishing house "Lan", 2008 - 720 p.
2. Boreisho, A. S., Ivakin, S. V. Lasers: device and action / St. Petersburg: Publishing house "Lan", 2016 - 304 p.
3. Belousova I.M. From the history of the creation of lasers / [Electronic resource] // Cyberleninka: - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iz-istorii-sozdaniya-lazero>
4. N. Oraevsky, Kvant. electr. 2001. V. 31. No. 12. S. 1038.
5. Loudon R. // Quantum theory of light. — М.: Mir. 1976
6. Pat. 2320979 Russian Federation, МПК51 G 01 N 21/00, H 01 S 3/094. Method for synthesizing an optically active diamagnetic medium / V. P. Lopasov; applicant and patent holder. No. 2006110006/28; Appl. 03/28/2006; Published 03/27/2008. Bull. No. 9.
7. V. Kil'dishev and V. M. Shalaev, UFN. 2011. V. 181. No. 1. P. 50.

© Касьянов Д.А., 2023 Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №8/2023.

Для цитирования: Касьянов Д.А. АКТИВНАЯ СРЕДА В ЛАЗЕРЕ: ОТ ПЕРВЫХ МАЗЕРОВ ДО СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРОВ//Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №8/2023.