

# ЛУЧУ ИЗ СКАЗКИ - 50!

В 2010 году физики и широкая научная общественность (см. фото) отмечали 50-летие создания лазера; в скором будущем – празднование 50-летия создания полупроводникового лазера на основе GaAs, к появлению на свет которого приложили руку два заведующих лабораторией электронных полупроводников ФТИ им.А.Ф.Иоффе АН СССР профессор А.А.Рогачев и профессор Д.Н.Наследов. После пионерской статьи Д.Н.Наследова, А.А.Рогачева, С.М.Рывкина и Б.В.Царенкова, опубликованной в журнале ФТТ в 1962 году, работы по созданию полупроводниковых лазеров в «гетероэпитаксиальном исполнении» были активно продолжены в лаборатории В.М.Тучкевича академиком Алферовым Ж.И. и в приемнице лаборатории электронных полупроводников – в лаборатории инфракрасной оптоэлектроники ФТИ им.А.Ф.Иоффе РАН; в последнем случае для активной области лазеров использовались узкозонные полупроводники – InAs, InAsSb и четверной твердый раствор InGaAsSb, обеспечивший получение рекордных параметров для лазеров в средней ИК-области спектра на основе двойных гетероструктур.



Самая представительная «фракция» физтеховцев на конференции PHOTONICS WEST (San Francisco, 2010)\*. На фуршетте по случаю празднования 50-летия создания лазера в верхнем ряду (слева-направо): Стоят: **А.Н.Баранов** (Institut d'Electronique du Sud (IES), Universite Montpellier 2, Montpellier, France), **Э. Ю. Рафаилов** (Electronic Engineering, Physics & Renewable Energy, University of Dundee, Dundee, UK), **И. Кудряшов** (Princeton Lightwave Inc, USA), **Л.В.Асрян** (Department of Materials Science and Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA), **Монсеев К.Д.** (ФТИ), **Гордеев Н.Ю.** (ФТИ), Сидят: **Е. Б. Венус** (College of Optics & Photonics, University of Central Florida, Orlando, USA), **Б.А.Матвеев** (ФТИ).

\*На фото изображены не все участники данной конференции, например, на нём отсутствует член-корр. РАН Н.Н.Леденцов. За год до этого в 2009 г. в конференции Photonics West не смог принять участие ни один учёный из СНГ...

Вклад изображенных на снимке физтеховцев в лазерную физику и технику отображен, в частности, в следующих публикациях:

1. O. Cathabard, R. Teissier, J. Devenson, J. C. Moreno, and **A. N. Baranov**, "Quantum cascade lasers emitting near  $2.6\mu\text{m}$ " Appl. Phys. Lett. **96**, 141110 (2010); doi:10.1063/1.3385778 (3 pages)
2. **E. U. Rafailov**, M.A.Cataluna, W.Sibbett, "Mode-locked quantum-dot lasers", Nature Photonics, (review) v.1, p.395-401, 2007.
3. **Igor Kudryashov**: Alexey Katsnelson, "1645-nm Q-switched Er:YAG laser with in-band diode pumping" SPIE Proc. Vol. 7686. 2010, DOI: 10.1117/12.853083
3. M. V. Maximov, Yu. M. Shernyakov, A. F. Tsatsul'nikov, A. V. Lunev, A. V. Sakharov, V. M. Ustinov, A. Yu. Egorov, A. E. Zhukov, A. R. Kovsh, P. S. Kop'ev, **L. V. Asryan**, and Zh. I. Alferov, High-power continuous-wave operation of a InGaAs/AlGaAs quantum dot laser», JOURNAL OF APPLIED PHYSICS VOLUME 83, NUMBER 10, 1998, 1561-1563
4. С.В.Иванов, **К. Д. Монсеев**, В.А.Кайгородов, В.А.Соловьев, С.В.Сорокин, Б.Я.Мельцер, Е.А.Гребенщикова, И.В.Седова, Я.В.Терентьев, А.Н.Семенов, А.П.Астахова, М.П.Михайлова, А.А.Торопов, Ю.П.Яковлев, П.С.Копьев, Ж.И.Алферов, «Инжекционный ИК лазер ( $\lambda=2.775\ \mu\text{m}$ ) на основе двойной гибридной гетероструктуры AlGaAsSb / InAs / CdMgSe, выращенной методом молекулярно-пучковой эпитаксии», ФТП, 2003, том 37, выпуск 6, 762
5. **N.Yu.Gordeev**, M.V.Maximov, Y.M.Shernyakov, I.I.Novikov, L.Ya.Karachinsky, V.A.Shchukin, T.Kettler, K.Posilovic, N.N.Ledentsov, D.Bimberg, R.Duboc, A.Sharon, D.B.Arbiv, U.Ben-Ami, "High-power one-, two-, and three-dimensional photonic crystal edge-emitting laser diodes for ultrahigh brightness applications" (invited paper), [6889-27], SPIE Proceedings of the Photonics West 2008 International Symposium, January 19–24, 2008, San Jose, California, USA, Volume 6889, 68890W (2008).
3. O. Andrusyak, V. Smirnov, **G. Venus**, L. Glebov "Beam combining of lasers with high spectral density using volume Bragg gratings" Optics Communications, 282, 2560-2563
4. M. Aydaraliev, N. V. Zotova, S. A. Karandashov, **B. A. Matveev**, M. A. Remennyi, N. M. Stus', G. N. Talalakin, W. W. Bewley, J. R. Lindle, and J. R. Meyer, "6 W InGaAsSb(Gd)/InAsSbP double-heterostructure diode lasers emitting at  $\lambda = 3.3\ \mu\text{m}$ ", Applied Physics Letters , 81(7), pp.1166-1167 (2002)

Ниже мы приводим текст газетной статьи, опубликованной в 1964 году об открытии стимулированного излучения в полупроводниках, положившем начало полупроводниковой оптоэлектронике и кардинальным образом изменившем способы и скорость передачи информации в конце 20-го века (см. Alferov Zh.I., "Nobel Lecture: The double heterostructure concept and its applications in physics, electronics, and technology", Rev. Mod. Phys., 73, 767-782 (2001)). Некоторые детали процесса подготовки упоминающейся ниже статьи для отправки в журнал ФТТ, а также причины «недополучения» советскими учеными Нобелевских премий за создание полупроводниковых лазеров, основанные на воспоминаниях проф. А.А.Рогачева, изложены Имамудиновым Ириком в статье «Побег из запрещенной зоны» в журнале «Эксперт» (№15 (604)) ([http://www.expert.ru/expert/2008/15/pobeg\\_iz\\_zapreshchenoi\\_zony/](http://www.expert.ru/expert/2008/15/pobeg_iz_zapreshchenoi_zony/)).

С.н.с. Б.А.Матвеев  
17 января 2011 года

## Луч из сказки

### Выдвинуты на соискание Ленинской премии

«Луч из сказки... Действительно, первыми его увидели писатели фантасты. Он сверкал на страницах романов то созидая, то разрушая... Люди науки снисходительно улыбаясь, отдавали дань увлекательному вымыслу.

Прошло всего несколько десятилетий, и в журналах появились фотографии ученых, склонившихся над небольшими приборами. А вслед за этим луч шагнул со страниц романов в научную литературу. И хотя не было в этих статьях ни острых сюжетов, ни хитроумных сплетений, авторы из строгих законов физики, неопровержимой логикой теоретических расчетов утверждали: чудесный луч будет!

В одном из номеров журнала «Физика твердого тела», который издается Академией наук СССР, эта статья занимает всего три страницы. В тексте – два небольших графика. Но трудно переоценить значение этой работы для современной науки и техники. В статье (её название мало чего скажет человеку, не связанному с физикой, - «Рекомбинационное излучение арсенида галлия») приведены результаты исследований, которые позволили сделать важное открытие.

Авторы статьи работают в Физико-техническом институте имени А.Ф.Иоффе Академии наук СССР. Это заведующий лабораторией заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор, доктор физико-математических наук Д.Н.Наследов, научный сотрудник института А.А.Рогачев, заведующий лабораторией профессор, доктор физико-математических наук С.М.Рывкин, научный сотрудник Б.В.Царенков.

Вместе с московскими учеными Физического института имени П.Н.Лебедева – членом-корреспондентом Академии наук СССР Б.М.Вулом, кандидатами физико-математических наук О.Н.Крохиным, Ю.М.Поповым, А.П.Шотовым – ленинградцы выдвинуты на соискание Ленинской премии за фундаментальные исследования, которые привели к созданию полупроводниковых квантовых генераторов.

Видный советский физик академик Б.П.Константинов сказал об этой работе, что она представляет собой важнейший вклад в науку и сыграла выдающуюся роль в создании полупроводникового лазера.

Квантовый генератор – это официальный научный «титул» чудеснейшего создания человеческого разума – лазера. И как бы ни называли его в популярных статьях – «рубиновая молния», размножающий кванты, «гиперболоид нашего времени», «луч, солнечного ярче», «квантовый скальпель» - все названия справедливы и не являются ни вымыслом, ни преувеличением.

Слово «лазер» (образовано первыми буквами английских слов, означающих в переводе - усиление световых волн путем вынужденного излучения) теперь часто встречается на страницах научно-популярных книг и журналов, в газетных статьях. Так называют принципиально новые оптические приборы, в которых электрическая энергия преобразуется в энергию излучения, обладающих рядом уникальных свойств.

Что же это за свойства?

Важнейшее из них, говоря языком физики, является высокая интенсивность, монохроматичность и когерентность.

Проще обстоит дело с понятием интенсивность. Другими словами, это яркость. Монохроматический свет – это световое излучение одной определенной частоты. Что касается когерентности, то под этим термином понимается свойство двух или большего числа случайных процессов, характеризующее их способность взаимно усиливать или ослаблять друг друга при сложении.

Благодаря тому, что излучение, создаваемое лазерами, обладает такими необыкновенными свойствами, эти приборы незаменимы для решения ряда задач. Даже простое перечисление областей применения заняло бы целую страницу. Вот некоторые из них. Они могут быть использованы в спектроскопии, для передачи энергии в космосе на

большие расстояния, для связи с космическими кораблями и управления ими, для сварки и резки металлов, геодезических и метеорологических измерениях.

Блестящие перспективы открывают лазеры в медицине и биологии. Лазерный луч в будущем заменит нож хирурга. И это будет не только самый тонкий и острый нож, но и самый стерильный, которым можно и резать и шить.



«Сердце» обычного оптического лазера – кристалл рубина. Для того, чтобы он «ожил» и стал источником излучения, к нему надо подвести энергию, как бы «накачать» кристалл. Это обеспечивается светом импульсных ламп. Сам по себе их свет, конечно, не обладает высокими «качествами». Но он необходим для «подкачки». Накопив энергию, атомы хрома, содержащиеся в кристалле рубина, излучают свет, который выходит из торца кристалла в виде узкого луча.

Таким образом, в лазере происходит преобразование электрической энергии в световую, которая в свою очередь преобразуется в кристалле в стимулированное, монохроматическое, когерентное и остронаправленное излучение. Но коэффициент полезного действия при превращении электрической энергии в энергию светового луча лазера оказывается небольшим..

Перед наукой встал вопрос о повышении коэффициента полезного действия такого преобразования. В ряде стран появились работы по созданию полупроводникового лазера. Характерной особенностью его является непосредственное преобразование электрической энергии в энергию когерентного излучения.

В полупроводниковом лазере «подкачка» производится непосредственным пропусканием тока через кристалл. Потери при этом существенно уменьшаются и, следовательно, коэффициент полезного действия повышается.

Впервые в мире эта идея была высказана сотрудниками Физического института имени П.Н.Лебедева Академии наук СССР Н.Г.Басовым, Б.М.Вулом, О.Н.Крохиным и Ю.М.Поповым в 1958-1961 г.г.

Лазерный эффект на полупроводниках ...Четыре ученых Физико-технического института Академии наук СССР – Д.Н.Наследов, А.А.Рогачев, С.М.Рывкин, Б.В.Царенков – нашли такой полупроводник.

Вот он перед нами – арсенид галлия – серый с металлическим блеском, хрупкий кристалл. Выращивается он искусственно, и тонкость этой операции делает честь освоившим её.. Полупроводниковые свойства арсенида галлия были известны примерно с 1953 года, но ученым Физико-технического института потребовалось пройти большой путь , прежде чем удалось воспроизвести все необходимые условия для перехода в стимулированному излучению.

Несколько слов о тех, кому первыми удалось этого добиться. Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор, доктор физико-математических наук Д.Н.Наследов и профессор, доктор физико-математических наук С.М.Рывкин – авторы многих трудов,

являющихся значительным вкладом в советскую науку, учёные с мировыми именами. Тысячам физиков, студентам, слушавшим их лекции, известны имена Д.Н.Наследова и С.М.Рывкина.

Трудная, но увлекательная дорога впереди у молодых сотрудников института – А.А.Рогачева и Б.В.Царенкова.

Открытие советских ученых было сделано и опубликовано в печати (речь идет об упоминавшейся статье в «Физике твердого тела») задолго до того, как арсенидом галлия занялись американцы. Приоритет был настолько очевиден, что заокеанские физики и не пытались его оспаривать.

Теперь труд восьмерых советских ученых выдвинут на соискание Ленинской премии.

Чудесный луч, начавший жизнь на страницах фантастических книг, становится реальностью.»

Г.Мишин

Ю.Стволинский

Фото В.Якобсона.

Газета «Ленинградская Правда», № 65 (14926) от 17 марта 1964 года



(Фото из газеты «Ленинградская Правда» от 23 апреля 1964 года)