



Журнал «Квантовая электроника»

ISSN 0368-7147

Журнал «Труды ИОФАН»

ISSN 0233-9390

## **Начало лазерной эры в СССР** (сборник статей)

## **Beginning of the Laser Era in the USSR** (Collected Papers)

ФИАН  
2010  
LPI

## Contents

Preface .....	6
<i>S.N. Bagaev, K.L. Vodopyanov, E.M. Dianov, O.N. Krokhin, A.A. Manenkov, P.P. Pashinin, I.A. Shcherbakov</i>	
<b>1. V.A. Fabrikant</b> On experimental evidence for the existence of negative absorption .....	8
<b>2. N.G. Basov and A.M. Prokhorov</b> Application of molecular beams for the radiospectroscopic study of rotational molecular spectra.....	12
<b>3. N.G. Basov and A.M. Prokhorov</b> About possible methods for obtaining active molecules for a molecular oscillator.....	28
<b>4. A.A. Manenkov and A.M. Prokhorov</b> The fine structure of the spectrum of the paramagnetic resonance of the ion $\text{Cr}^{3+}$ in chromium corundum.....	32
<b>5. A.M. Prokhorov</b> Molecular amplifier and generator for submillimeter waves .....	36
<b>6. G.M. Zverev, L.S. Kornienko, A.A. Manenkov, and A.M. Prokhorov</b> A chromium corundum paramagnetic amplifier and generator .....	40
<b>7. N.G. Basov, B.M. Vul, and Yu.M. Popov</b> Quantum-mechanical semiconductor generators and amplifiers of electromagnetic oscillations .....	44
<b>8. A.I. Barchukov and A.M. Prokhorov</b> Experimental study of disk resonators in the millimeter wavelength range .....	48
<b>9. N.G. Basov, O.N. Krokhin, and Yu.M. Popov</b> Production of negative-temperature states in $p-n$ junctions of degenerate semiconductors .....	54
<b>10. S.G. Rautian and I.I. Sobel'man</b> Molecular photodissociation as a means of obtaining a medium with a negative absorption coefficient .....	58
<b>11. S.A. Akhmanov and R.V. Khokhlov</b> Concerning one possibility of amplification of light waves.....	64
<b>12. N.G. Basov and A.N. Oraevskii</b> Attainment of negative temperatures by heating and cooling of a system.....	70
<b>13. N.G. Basov, O.V. Bogdankevich, and A.G. Devyatkov</b> <i>Exciting of a semiconductor quantum generator with a fast electron beam .....</i>	<i>76</i>
<b>14. S.A. Akhmanov, A.I. Kovrigin, A.S. Piskarskas, V.V. Fadeev, and R.V. Khokhlov</b> Observation of parametric amplification in the optical range.....	78

## Содержание

Предисловие.....	7
<i>С.Н. Багаев, К.Л. Водопьянов, Е.М. Дианов, О.Н. Крохин, А.А. Маненков, П.П. Пашинин, И.А. Щербаков</i>	
<b>1. В.А. Фабрикант</b> К вопросу об экспериментальном доказательстве существования отрицательной абсорбции.....	9
<b>2. Н.Г. Басов, А.М. Прохоров</b> Применение молекулярных пучков для радиоспектроскопического излучения вращательных спектров молекул.....	13
<b>3. Н.Г. Басов, А.М. Прохоров</b> О возможных методах получения активных молекул для молекулярного генератора.....	29
<b>4. А.А. Маненков, А.М. Прохоров</b> Тонкая структура спектра парамагнитного резонанса иона Cr <sup>3+</sup> в хромовом корунде.....	33
<b>5. А.М. Прохоров</b> О молекулярном усилителе и генераторе на субмиллиметровых волнах.....	37
<b>6. Г.М. Зверев, Л.С. Корниенко, А.А. Маненков, А.М. Прохоров</b> Парамагнитный усилитель и генератор на хромовом корунде.....	41
<b>7. Н.Г. Басов, Б.М. Вул, Ю.М. Попов</b> Квантовомеханические полупроводниковые генераторы и усилители электромагнитных колебаний.....	45
<b>8. А.И. Барчуков, А.М. Прохоров</b> Экспериментальное исследование дисковых резонаторов в миллиметровом диапазоне длин волн.....	49
<b>9. Н.Г. Басов, О.Н. Крохин, Ю.М. Попов</b> Получение состояний с отрицательной температурой в <i>p-n</i> -переходах вырожденных полупроводников.....	55
<b>10. С.Г. Раутиан, И.И. Собельман</b> Фотодиссоциация молекул как способ получения среды с отрицательным коэффициентом поглощения.....	59
<b>11. С.А. Ахманов, Р.В. Хохлов</b> Об одной возможности усиления световых волн.....	65
<b>12. Н.Г. Басов, А.Н. Ораевский</b> Получение отрицательных температур методом нагрева и охлаждения системы.....	71
<b>13. Н.Г. Басов, О.В. Богданкевич, А.Г. Девятков</b> Возбуждение полупроводникового квантового генератора пучком быстрых электронов.....	77
<b>14. С.А. Ахманов, А.И. Ковригин, А.С. Пискаркас, В.В. Фадеев, Р.В. Хохлов</b> Наблюдение параметрического усиления в оптическом диапазоне.....	79

<b>15.</b> <i>N.G. Basov, A.Z. Grasyuk, and V.A. Katulin</i> Induced radiation in optically excited gallium arsenide .....	84
<b>16.</b> <i>R.V. Ambartsumyan, N.G. Basov, P.G. Kryukov, and V.S. Letokhov</i> Laser with nonresonant feedback .....	90
<b>17.</b> <i>V.K. Konyukhov and A.M. Prokhorov</i> Population inversion in adiabatic expansion of a gas mixture .....	96
<b>18.</b> <i>B.I. Stepanov, A.N. Rubinov, and V.A. Mostovnikov</i> Optic generation in solutions of complex molecules.....	100
<b>19.</b> <i>V.S. Letokhov</i> Self-stabilization of laser optic-oscillation frequency by nonlinear absorption in gas .....	106
<b>20.</b> <i>V.N. Lisitsyn and V.P. Chebotayev</i> Absorption saturation effects in a gas laser.....	112
<b>21.</b> <i>S.N. Bagaev, Yu.D. Kolomnikov, and V.P. Chebotayev</i> Stabilization and reproducibility of a helium–neon laser frequency at $\lambda = 0.63 \mu\text{m}$ .....	122
<b>22.</b> <i>Zh.I. Alferov, V.M. Andreev, D.Z. Garbuzov, Yu.V. Zhilyaev, E.P. Morozov, E.L. Portnoi, and V.G. Trofim</i> Investigation of the influence of the AlAs–GaAs heterostructure parameters on the laser threshold current and the realization of continuous emission at room temperature .....	132
<b>23.</b> <i>N.G. Basov, V.A. Danilychev, Yu.M. Popov, and D.D. Khodkevich</i> Laser operating in the vacuum region of the spectrum by excitation of liquid xenon with an electron beam.....	140
<b>24.</b> <i>M.M. Bubnov, I.M. Buzhinskii, E.M. Dianov, S.K. Mamonov, L.I. Mikhailova, and A.M. Prokhorov</i> The change in the sign of the thermal lens in glass laser rods with a change in the thermo-optical constant of the glass .....	144
<b>25.</b> <i>B.Ya. Zel'dovich, V.I. Popovichev, V.V. Ragul'skii, and F.S. Faizullov</i> Connection between the wave fronts of the reflected and exciting light in stimulated Mandel'shtam–Brillouin scattering .....	152

---

<b>15. Н.Г. Басов, А.Э. Грасюк, В.А. Катулин</b> Индукцированное излучение в арсениде галлия при оптическом возбуждении.....	85
<b>16. Р.В. Амбарцумян, Н.Г. Басов, П.Г. Крюков, В.С. Летохов</b> Лазер с нерезонансной обратной связью .....	91
<b>17. В.К. Конюхов, А.М. Прохоров</b> Инверсная населенность при адиабатическом расширении газовой смеси .....	97
<b>18. Б.И. Степанов, А.Н. Рубинов, В.А. Мостовников</b> Оптическая генерация в растворах сложных молекул .....	101
<b>19. В.С. Летохов</b> Автоматизация частоты световых колебаний лазера нелинейным поглощением в газе .....	107
<b>20. В.Н. Лисицын, В.П. Чеботаев</b> Эффекты насыщения поглощения в газовом лазере.....	113
<b>21. С.Н. Багаев, Ю.Д. Коломников, В.П. Чеботаев</b> Стабилизация и воспроизводимость частоты гелий-неонового лазера на $\lambda = 0.63$ мкм .....	123
<b>22. Ж.И. Алфёров, В.М. Андреев, Д.З. Гарбузов, Ю.В. Жилиев, Е.П. Морозов, Е.Л. Портной, В.Г. Трофим</b> Исследование влияния параметров гетероструктуры в системе AlAs–GaAs на пороговый ток лазеров и получение непрерывного режима генерации при комнатной температуре .....	133
<b>23. Н.Г. Басов, В.А. Данилычев, Ю.М. Попов, Д.Д. Ходкевич</b> Квантовый генератор в вакуумной области спектра при возбуждении жидкого ксенона электронным пучком .....	141
<b>24. М.М. Бубнов, И.М. Бужинский, Е.М. Дианов, С.К. Мамонов, Л.И. Михайлова, А.М. Прохоров</b> Изменение знака тепловой линзы стеклянных лазерных стержней при изменении термооптической постоянной стекла.....	145
<b>25. Б.Я. Зельдович, В.И. Поповичев, В.В. Рагульский, Ф.С. Файзуллов</b> О связи между волновыми фронтами отраженного и возбуждающего света при вынужденном рассеянии Манделъштама–Бриллюэна.....	153

## PREFACE

***S.N. Bagaev<sup>1</sup>, K.L. Vodopyanov<sup>2</sup>, E.M. Dianov<sup>3</sup>, O.N. Krokhin<sup>4</sup>,  
A.A. Manenkov<sup>5</sup>, P.P. Pashinin<sup>5</sup>, I.A. Shcherbakov<sup>5</sup>***

---

<sup>1</sup> Institute of Laser Physics, Siberian Division, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup> Stanford University, Stanford, United States

<sup>3</sup> Fiber Optics Research Center, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Lebedev Physics Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>5</sup> Prokhorov General Physics Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

---

The year 2010 marks the 50th anniversary of the creation of the world's first laser—a quantum generator of coherent optical radiation that employs stimulated (induced) radiation of atoms and resonant feedback (cavity). This event triggered rapid development of quantum electronics in the optical range. Undoubtedly, the early studies in microwave quantum electronics set the stage for extending the principles of quantum electronics to the optical range, that is, for going over from the maser to the laser. This applies first of all to three key components of the quantum generators: the atomic gain medium with the energy level structure in which radiation can be generated in the desired frequency range, methods for achieving population inversion, and the electrodynamic system where radiation interacts with the gain medium.

The 50th anniversary of the laser has stimulated greater interest in the history of quantum electronics in the world. This special project of journals *Quantum Electronics* and *Proceedings of A.M. Prokhorov General Physics Institute* presents early Soviet pioneering works that had a significant impact on laser science and quantum electronics. The reprint of this collection of early Soviet papers would be helpful for both Russian- and English-speaking readers, especially for the latter since several papers have never been published in English and were hardly available outside the USSR.

The two main criteria were applied during the selection of the papers for this issue: pioneering nature of the work and its scientific impact. The available space of the edition limited the number of papers to 24, and the dates of their original publication to the year 1972. We also included the reprint of two pages of the 1939 Doctor of Science (Habilitation) Thesis of Valentin A. Fabrikant, which was published in 1940, where conditions for observing “negative absorption” in gas discharge were analyzed.

All the papers in this issue are reproduced almost in the same way as they were originally published. We apologize to our colleagues whose papers, despite their high quality, were not included in the collection due to the limited space of the issue.

## Предисловие

***С.Н. Багаев<sup>1</sup>, К.Л. Водопьянов<sup>2</sup>, Е.М. Дианов<sup>3</sup>, О.Н. Крохин<sup>4</sup>,  
А.А. Маненков<sup>5</sup>, П.П. Пашинин<sup>5</sup>, И.А. Щербаков<sup>5</sup>***

---

<sup>1</sup> Институт лазерной физики СО РАН, Новосибирск

<sup>2</sup> Стенфордский университет, Стенфорд, США

<sup>3</sup> Научный центр волоконной оптики РАН, Москва

<sup>4</sup> Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва

<sup>5</sup> Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва

---

В 2010 г. исполняется 50 лет со времени создания первого в мире лазера — квантового генератора когерентного оптического излучения, основанного на использовании вынужденного (индуцированного) излучения атомов и резонансной обратной связи (резонатора). Это событие привело к бурному развитию квантовой электроники оптического диапазона. Безусловно, исследования в области квантовой электроники СВЧ-диапазона подготовили почву для распространения принципов квантовой электроники на оптический диапазон — переход от мазера к лазеру. Это прежде всего относится к трем ключевым компонентам квантовых генераторов: активная атомная среда со структурой уровней энергии, в которой может быть получена генерация излучения в желаемом диапазоне частот, метод получения инверсии населенностей уровней и электродинамическая система, в которой происходит взаимодействие излучения с активной средой.

В связи с 50-летним юбилеем лазера в мире проявляется повышенный интерес к истории квантовой электроники. Этот специальный проект журналов «Квантовая Электроника» и «Труды ИОФАН» содержит ранние пионерские работы советских авторов, которые оказали существенное влияние на становление и развитие лазеров и квантовой электроники. Такая репринтная публикация ранних работ будет полезна как русскоязычным, так и англоязычным читателям, особенно последним, поскольку ряд работ ранее не публиковался на английском языке и поэтому был трудно доступен вне СССР.

Отбирая статьи для переиздания, мы исходили из двух основных критериев: принципиальной, с нашей точки зрения, важности работы и ее приоритетности в мировой литературе. Кроме того, исходя из предельного допустимого объема данного сборника, мы были вынуждены ограничиться количеством работ (в сборник включены 24 статьи) и датами их первоначальных публикаций (до 1972 г.). Мы также включили выдержку из докторской диссертации В.А. Фабриканта 1939 г., опубликованной в 1940 г., где анализируются условия для наблюдения «отрицательной абсорбции» в газовом разряде.

Все статьи в этом выпуске воспроизведены практически в том виде, в каком они первоначально публиковались. Мы считаем необходимым заранее принести свои извинения нашим коллегам, которые сочтут наш выбор не лишённым субъективности, а также тем, чьи работы, несмотря на их высокое качество, не были включены в этот сборник вследствие ограниченного объема публикации.