

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ISSN 2410-4914



ПРЕПРИНТ

15

С.К. МАНКЕВИЧ, Л.Д. МИХЕЕВ, Е.П. ОРЛОВ,
С.А. ПОЗДНЕЕВ, И.М. СИЗОВА

**НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ О.Ю. НОСАЧА
И ШТРИХИ К ПОРТРЕТУ**

Москва — 2015

ПРЕПРИНТЫ ФИАН им. П. Н. ЛЕБЕДЕВА

ISSN 2410-4914

Главный редактор В. И. Ритус, *зам. главного редактора* А. А. Гиппиус,
научный секретарь С. А. Богачев, *ответственный секретарь* Л. В. Селезнев

Редакционная коллегия: В. С. Бескин, А. А. Горбачевич, О. Д. Далькаров,
Е. И. Демихов, И. Г. Зубарев, К. П. Зыбин, А. А. Ионин, Н. Н. Колачевский,
Е. Р. Корешева, С. Ф. Лихачев, А. С. Насибов, И. Д. Новиков, В. Н. Очкин,
Н. Г. Полухина, В. С. Лебедев, Н. Н. Сибельдин, Д. Р. Хохлов, С. А. Чайковский

Информация

Препринты ФИАН им. П. Н. Лебедева издаются с 1964 г.

Издатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН)

Адрес редакции: Россия, 119991 Москва, Ленинский просп., 53, ФИАН

Тел.: +7 (499) 132-6137, +7 (499) 783-3640;

E-mail: preprins@sci.lebedev.ru, irinakh@sci.lebedev.ru

Страница сборника «Препринты ФИАН им. П. Н. Лебедева» в интернете:

<http://preprints.lebedev.ru/>

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА

С.К. Манкевич, Л.Д. Михеев, Е.П. Орлов,
С.А. Позднеев, И.М. Сизова

**НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ О.Ю.НОСАЧА
И ШТРИХИ К ПОРТРЕТУ**

№ 15

Москва 2015



Олег Юрьевич Носач

Содержание

	Стр.
Предисловие	5
Глава 1. Научное наследие Олега Юрьевича Носача	7
Глава 2. Штрихи к портрету	31
1. Деятельность О.Ю. Носача в области разработки и создания фотодиссоционных лазерных систем (из воспоминаний С.К. Манкевича)	31
2. О.Ю. Носач и его физика (из воспоминаний С.А.Позднеева)	35
3. Каким он был в жизни	37
3.1. Из воспоминаний Л.Д.Михеева и Е.П.Орлова	37
3.2. Из воспоминаний И.М.Сизовой	39
Основные научные работы О.Ю.Носача	41
Список цитируемой литературы	47

Предисловие

Олег Юрьевич Носач (27.02.1944 – 11.12.2014) – выдающийся современный ученый – физик. После окончания физического факультета МГУ в 1966 году пришел в Физический институт им.П.Н.Лебедева АН СССР (ФИАН), в котором проработал непрерывно до конца своей жизни. Ещё, будучи студентом физического факультета МГУ, Олег Юрьевич начал свою научную работу в ФИАН в области квантовой электроники фактически на начальном этапе её развития под руководством к.ф.-м.н. Г.М.Страховского, а в дальнейшем под руководством академика Н.Г. Басова, д.ф.-м.н. В.С.Зуева и к.ф.-м.н. В.А.Катулина.

Длительная и плодотворная научная работа Олега Юрьевича в Физическом институте АН СССР характеризуется целым рядом важнейших научных результатов, полученных впервые в мире и имеющих фундаментальное значение для развития квантовой электроники и её применения в создании современных приборов и систем лазерной техники. Олег Юрьевич зарекомендовал себя, как блестящий физик – экспериментатор, с успехом решающий самые сложные проблемы современной квантовой радиофизики.

Олегу Юрьевичу принадлежат основополагающие работы по высокоэнергетическим фотодиссоционным лазерным генераторам с дифракционной расходимостью излучения и лазерным усилителям с квантовым пределом чувствительности, что особенно важно для создания современной лазерной локационной техники и лазерной космической связи.

Без преувеличения можно утверждать, что научные достижения О.Ю. Носача вошли в золотой фонд современной лазерной физики, и будут ещё очень долго определять основные направления развития отечественной и мировой науки, стимулировать и способствовать достижению новых важных научных результатов.

Настоящая брошюра написана сотрудниками ФИАН и НПО «Астрофизика», длительное время работавшими совместно с О.Ю. Носачем над проблемами создания и исследования современных лазерных систем. Глава 1 написана сотрудником Лаборатории фотохимических процессов Отделения квантовой радиофизики им. Н.Г.Басова ФИАН Е.П.Орловым. Параграф 1 главы 2 написан сотрудником НПО «Астрофизика» С.К. Манкевичем, параграфы 2, 3, 4 – соответственно сотрудниками Лаборатории фотохимических процессов С.А.Позднеевым, Л.Д.Михеевым и Е.П.Орловым, И.М.Сизовой.

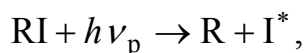
Глава 1

Научное наследие Олега Юрьевича Носача

Олег Юрьевич Носач начал свою научную деятельность в ФИАН в 1963 году, будучи ещё студентом 3 курса Физического факультета МГУ. Уже в процессе выполнения дипломной работы проявился его незаурядный талант физика экспериментатора. Ему было поручено создать молекулярный генератор со сверхпроводящим резонатором. В те времена, когда квантовая электроника была ещё в самом начале своего развития, а до высокотемпературной сверхпроводимости было ещё очень далеко, такую тему дипломной работы никак не назовёшь простой. Однако Олег Юрьевич блестяще с ней справился.

После окончания Физического факультета он был зачислен в штат ФИАН 1 февраля 1966 года и сразу включился в работу по созданию высокоэнергетических йодных фотодиссоционных лазеров, разработка которых велась совместно с ВНИИЭФ (г. Арзамас-16, а сейчас это г. Саров) [1].

Механизм образования возбуждённых атомов йода, впервые рассмотренный Раутианом и Собельманом в 1961 году [66], это фотолиз молекул перфторалкилйодидов таких как CF_3I , $\text{C}_2\text{F}_5\text{I}$, $\text{C}_3\text{F}_7\text{I}$, ... под действием УФ излучения с длиной волны $\lambda_p = 270$ нм, соответствующей максимуму линии поглощения этих перфторалкилйодидов:



где $\nu_p = 1/\lambda_p$ нм. Ширина полосы линии поглощения на половине высоты максимума линии поглощения $\Delta\lambda_p \approx 40$ нм.

Генерация лазерного излучения возникает на переходе $^2\text{P}_{1/2} \rightarrow ^2\text{P}_{3/2}$, рис.1. Конструктивно накачка йодного фотодиссоционного лазера, то есть фотодиссоциация молекул перфторалкилйодидов с образованием возбуждённых атомов йода в состоянии $^2\text{P}_{1/2}$ осуществляется облучением его рабочей смеси, представляющей собой смесь паров перфторалкилйодидов с буферным газом при давлении от сотых долей атмосферы до одной атмосферы, УФ излучением импульсных ксеноновых ламп, рис.2. В качестве буферных газов используются благородные газы, углекислый газ, а также элегаз (SF_6).

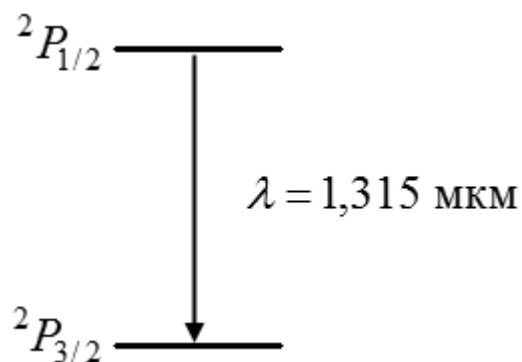


Рис.1. Лазерный переход ${}^2P_{1/2} \rightarrow {}^2P_{3/2}$ атомарного йода.

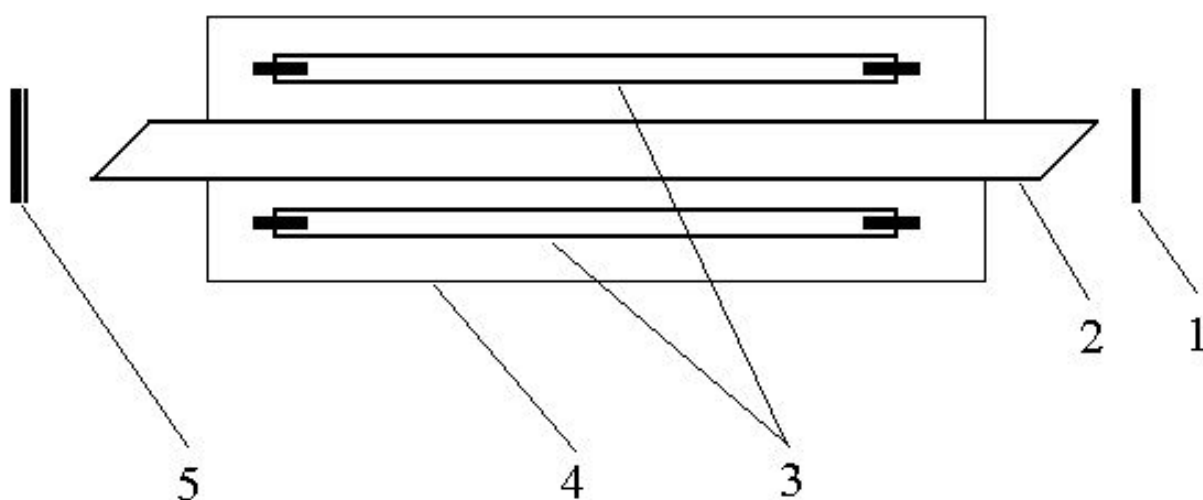


Рис.2. Схематическое изображение конструкции йодного фотодиссоционного лазера с накачкой импульсными ксеноновыми лампами: 1 – выходное зеркало резонатора; 2 – лазерная кювета с рабочим газом; 3 – ксеноновые лампы накачки; 4 – защитный кожух, экранирующий УФ излучение импульсных ксеноновых ламп; 5 – глухое зеркало резонатора.

Накачка йодного лазера может осуществляться также УФ излучением ударной волны, образованной взрывом взрывчатого вещества непосредственно в рабочей газовой смеси лазера [67, 68]. В качестве буферного газа в этом случае используется ксенон, так как в такой смеси яркостная температура фронта ударной волны получается наибольшей.

На рис.3 показано схематическое изображение конструкции йодного фотодиссоционного лазера с накачкой УФ излучением ударной волны, образованной взрывом взрывчатого вещества 2, предварительно закреплённого на внутренней поверхности цилиндрической лазерной кюветы 1. Диаметр кюветы таких лазеров достигает одного метра, а длина может быть увеличена до 30 метров.

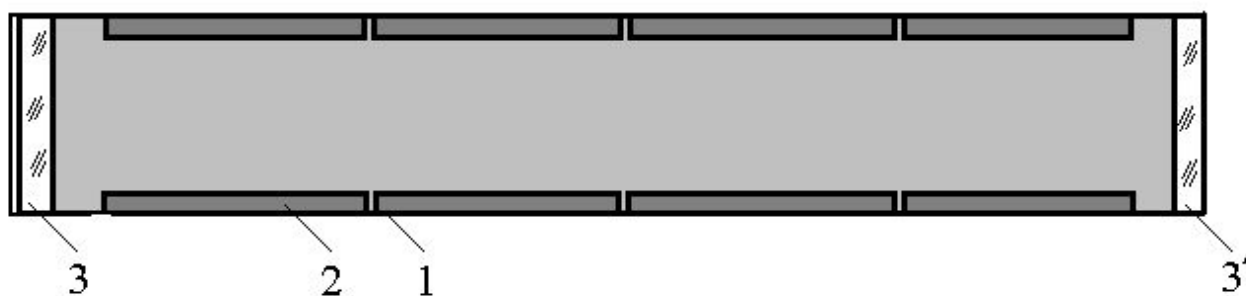


Рис.3. Схематическое изображение конструкции йодного фотодиссоционного лазера с накачкой УФ излучением ударной волны, образованной взрывом взрывчатого вещества: 1 – лазерная кювета с рабочей смесью; 2 – один из нескольких модулей взрывчатого вещества; 3' – окно из стекла К-8; 3 – окно с покрытием, отражающим лазерное излучение с длиной волны 1,315 мкм. Коэффициент усиления излучения в активной среде настолько велик, что отражения от поверхности окна 3' достаточно для возникновения лазерной генерации.

Внешний вид некоторых модификаций взрывного йодного фотодиссоционного лазера, созданного при непосредственном участии Олега Юрьевича Носача в Арзамасе-16 в 1965 – 1969 г.г. показан на рис.4.

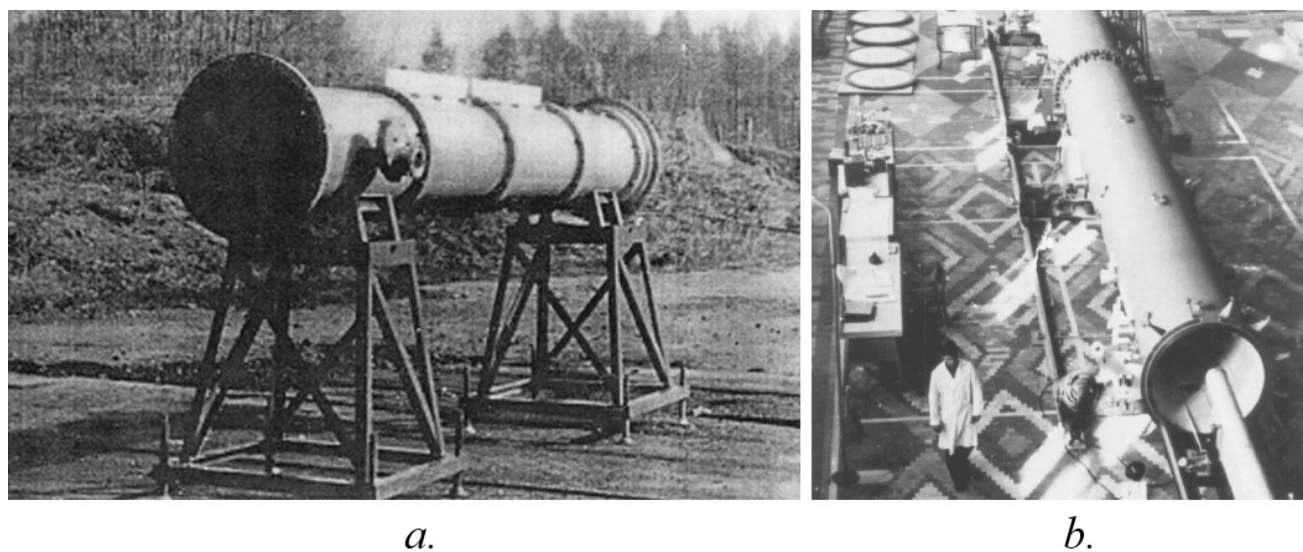


Рис.4. Внешний вид взрывного йодного фотодиссоционного лазера (1965 – 1970 г.г.): а) – мобильный вариант; б) – лазер длиной 30 метров.

При работе таких лазеров в режиме свободной генерации излучения была получена рекордная до настоящего времени энергия порядка одного мегаджоуля при длительности импульса около 100 мкс [67]. Дальнейшее увеличение излучаемой энергии, что требовалось для оборонных применений этих лазеров, за счёт увеличения их длины оказалось невозможным. И было непонятно чем это обусловлено, так как увеличение коэффициентов отражения зеркал резонатора при-

водило к значительно более быстрому падению КПД лазера, чем при эквивалентном увеличении длины лазера. Это противоречило теории влияния внутренних потерь излучения на энергетику лазеров, и надо было искать другие объяснения этому аномальному поведению КПД.

Другая проблема, возникшая при исследовании лазеров с взрывной накачкой – проблема расходимости излучения. Оказалось, что при диаметре апертуры, достигающей до метра и ширине зоны генерации в несколько сантиметров, расходимость излучения составляла 0,01 рад и, следовательно, всю эту огромную энергию невозможно было передать на большое расстояние.

Чтобы подойти к решению этих проблем Олег Юрьевич, прежде всего, ставит и решает задачу экспериментального исследования сверхтонкой структуры спектра люминесценции лазерного перехода атомарного йода, о которой в то время не было исчерпывающих экспериментальных данных. В результате были определены и уточнены значения констант, характеризующих вид этого спектра [4], что, в конечном итоге, дало много полезной информации и об энергетических возможностях лазеров.

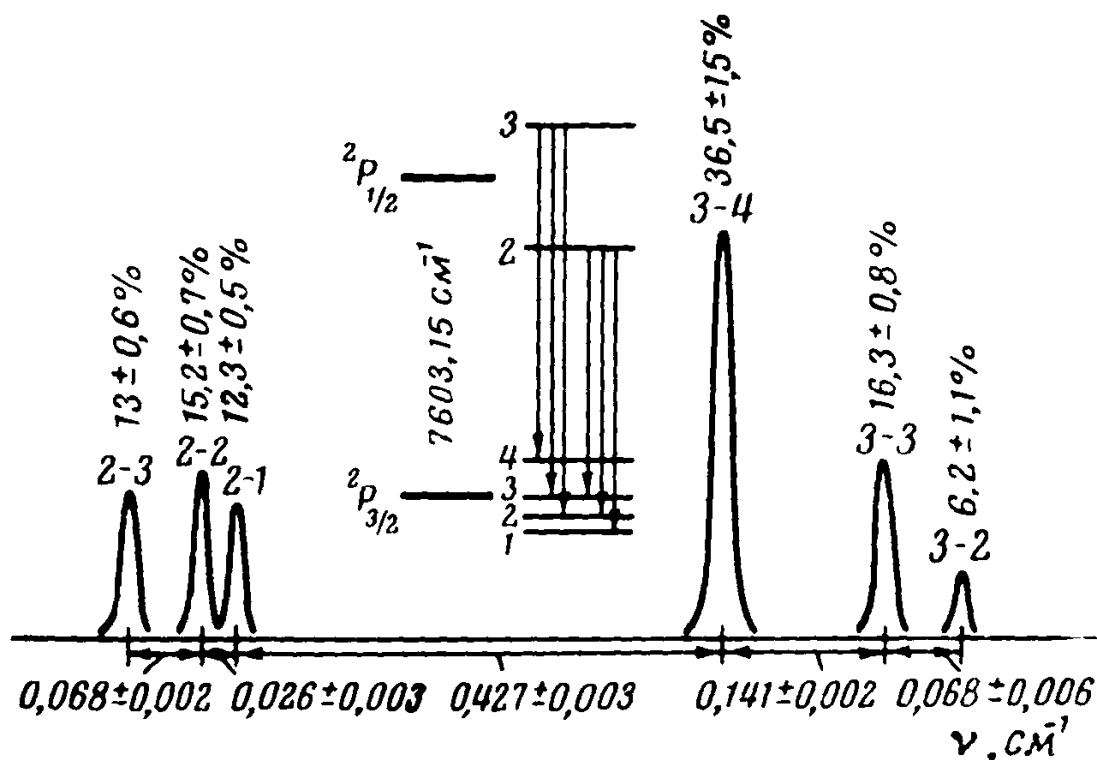


Рис.5. Сверхтонкая структура спектра люминесценции лазерного перехода атомарного йода (ЖЭТФ. 1972. Т. 35. № 5. С.С. 870 – 873.). Результаты этой работы имели наибольшую цитируемость среди работ, относящихся к йодным лазерам.

Обдумывая возможные пути решения проблемы расходимости, и основываясь на том, что в работах по исследованию вынужденного рассеяния света на гиперзвуке отмечалось, что расходимость рассеянного излучения может быть сравнима с расходимостью возбуждающего света, Олег Юрьевич выдвигает идею обращения волнового фронта излучения при вынужденном рассеянии на гиперзвуке. До этого вопрос о взаимном соответствии волновых фронтов рассеиваемого и рассеянного излучений вообще не ставился. Совместно с Валерием Валерьяновичем Рагульским он выпускает отчёт ФИАН (1971 г.) [2], в котором показано как можно реализовать эту идею для достижения дифракционной расходимости излучения лазеров с оптически неоднородной средой.

Эксперимент, выполненный Рагульским [69], однозначно показал, что при вынужденном рассеянии света с пространственно-неоднородным распределением интенсивности происходит преобразование падающей световой волны в распространяющуюся в обратном направлении сопряжённую световую волну.

Возникло обширное направление исследований в нелинейной оптике, связанное с обращением волнового фронта света как у нас в стране, так и за рубежом. Это явление, соавтором которого является Олег Юрьевич, зарегистрировано как открытие и внесено в Государственный реестр открытий СССР 12 июля 1979 г. под № 215 [15].

Кроме фундаментального значения этого открытия для познания процессов взаимодействия когерентного излучения с веществом оно позволяло по-новому решить целый ряд практических задач. На его основе возможно создание мощных лазеров с предельно высокой направленностью излучения из дешёвых оптически неоднородных элементов; передача энергии на большие расстояния, например с Земли на искусственные спутники, о чём будет сказано ниже и т.д.

За работы, связанные с обращением волнового фронта, Олегу Юрьевичу, а также другим участникам работ этого обширного направления в 1983 году была присуждена Государственная премия СССР.

Исследовать такие явления, как непомерно большая расходимость излучения, аномальное поведение КПД лазера и опробовать идею обращения волнового фронта во взрывных лазерах не представлялось возможным из-за дороговизны каждого эксперимента. Поэтому взрыв взрывчатого вещества в лабораторных условиях моделировался с помощью электрического взрыва тонкой вольфрамовой проволоочки, натянутой между двумя электродами вдоль оси лазерной кюветы непосредственно в газовой рабочей среде лазера. Такой разряд называ-

ется открытым. На рис.6 схематически показана конструкция йодного лазера с накачкой УФ излучением открытого электрического разряда (1973) [6 – 8]

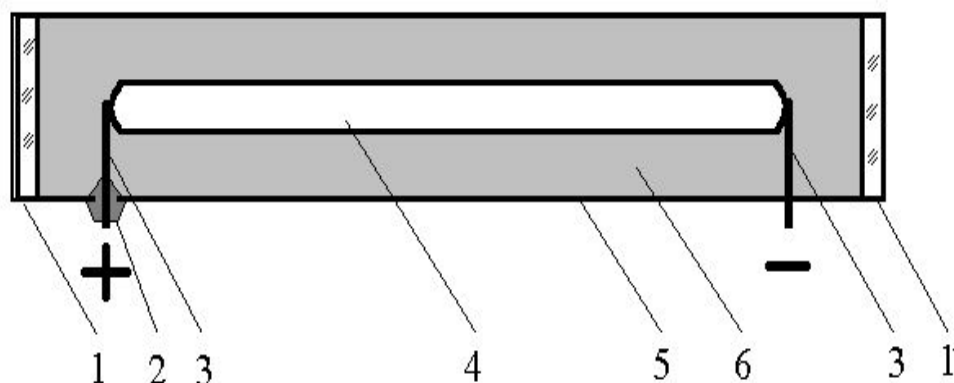


Рис.6. Схематическое изображение конструкции йодного лазера с накачкой УФ излучением открытого электрического разряда: 1 – окно лазерной кюветы с покрытием, отражающим излучение лазерной генерации; 1' – выходное окно лазерной кюветы; 2 – изолирующий ввод положительного электрода; 3 – электроды; 4 – расширяющийся со сверхзвуковой скоростью столб плазмы, образованный открытым электрическим разрядом; 5 – лазерная кювета; 6 – рабочая смесь.

На рис.7 показана фотография расширяющегося в рабочей смеси лазера со скоростью, превышающей 1 км/с, столба плазмы, образованного открытым электрическим разрядом.

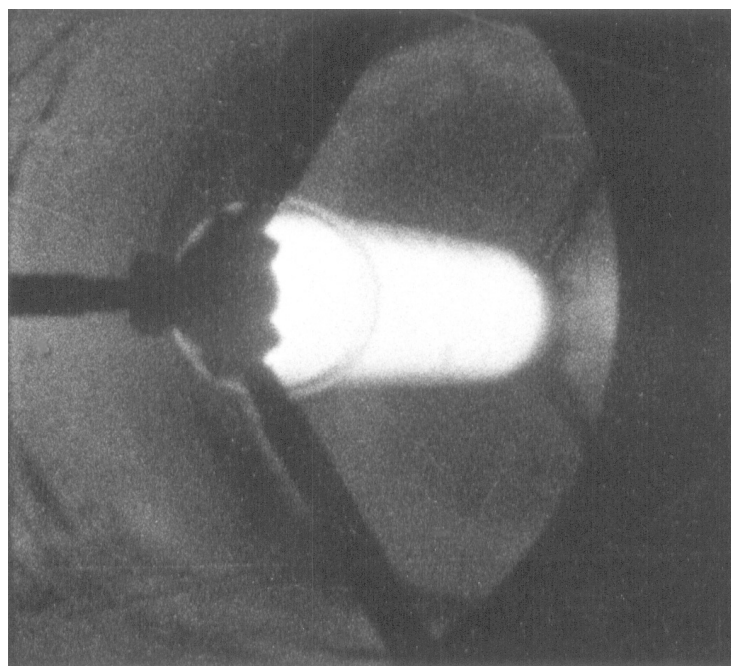


Рис.7. Расширяющийся столб плазмы в рабочей смеси йодного лазера.

Вокруг столба плазмы возникает активная область, то есть область с инверсной населённостью атомов йода, толщиной в несколько сантиметров. На рис.9 показана временная развёртка видимого сквозь вертикальную щель расширяющегося столба плазмы и выходящего сквозь неё из зоны генерации лазерного излучения в режиме свободной генерации. Между плазмой и зоной генерации видна прослойка ударно-сжатого газа – ударная волна. Тёмная горизонтальная полоса в центре изображения образована тенью от электродов.

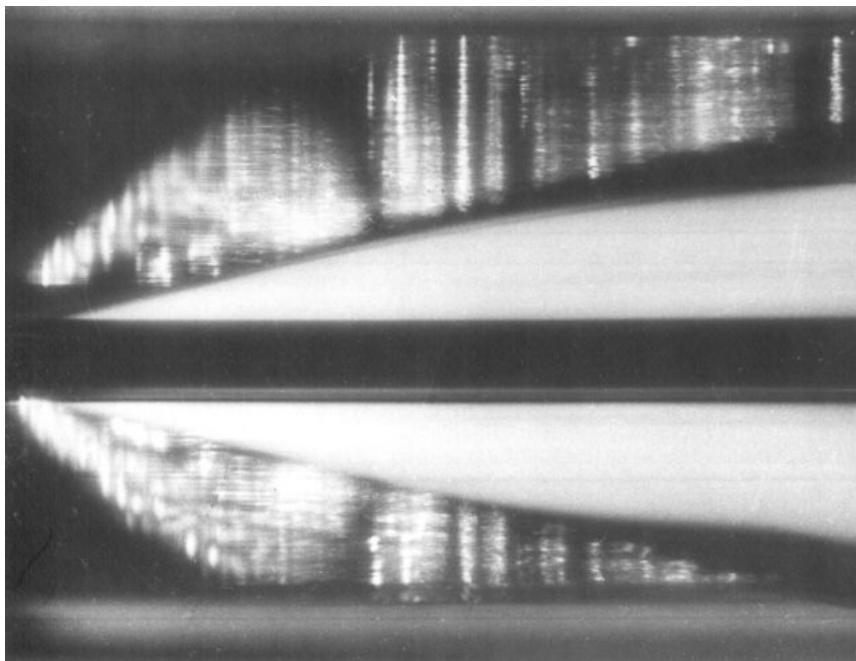


Рис.8. Фотохронограмма вертикальной щели, вырезанной в непрозрачном материале и установленной вблизи выходного торца лазера по его диаметру.

Лазерный переход атома йода $^2P_{1/2} \rightarrow ^2P_{3/2}$ является магнитодипольным с временем жизни 0,13 с, которое из-за взаимодействия возбуждённых атомов йода с буферным газом, продуктами фотолиза и последующих реакций уменьшается до нескольких сотен микросекунд. Однако этого времени с большим запасом достаточно для осуществления процесса накопления энергии на верхнем лазерном уровне, и поэтому кроме режима свободной генерации йодный фотодиссоционный лазер может работать в режиме модулированной добротности и излучать гигантские импульсы наносекундной длительности. На рис.9 показан внешний вид йодного фотодиссоционного лазера коротких импульсов с накачкой открытым электрическим разрядом, созданного в Отделении квантовой радиофизики им. Н.Г.Басова в 1975 г. [7, 8, 12, 14] при участии Олега Юрьевича.

Энергия в импульсе излучения этого лазера длительностью одна наносекунда составляла 300 джоулей.

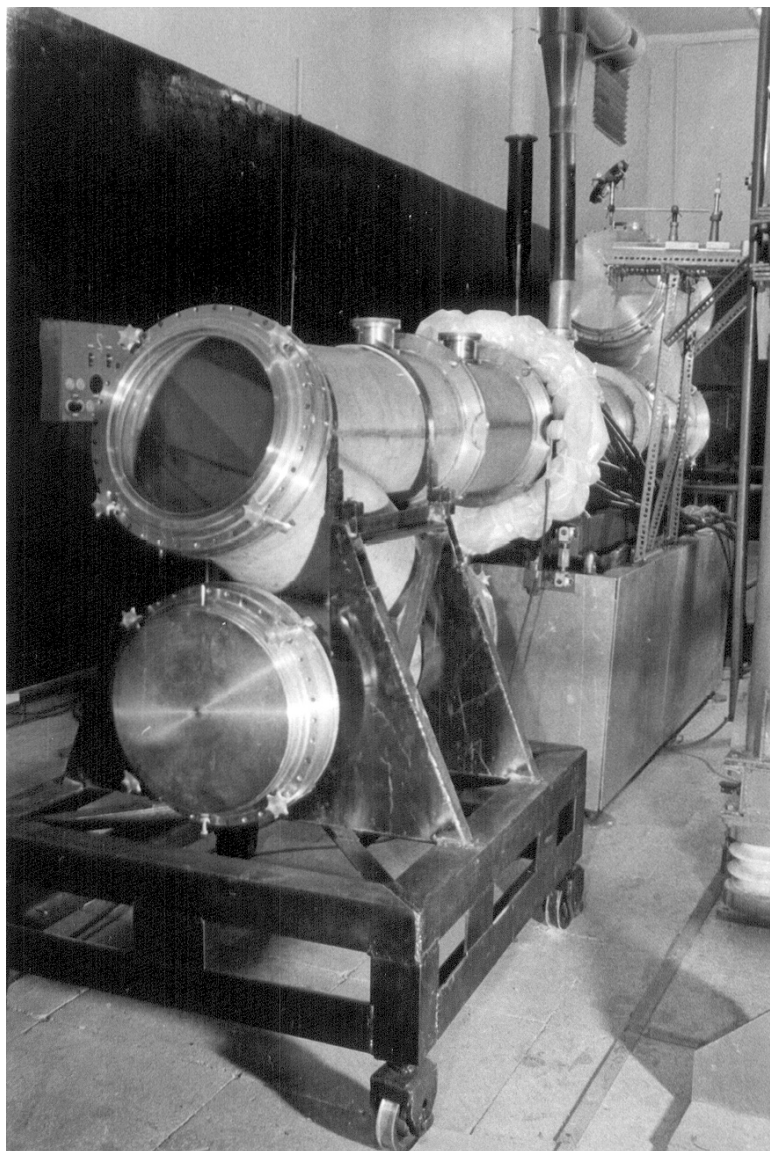


Рис.9. Внешний вид йодного фотодиссоционного лазера коротких импульсов с накачкой открытым электрическим разрядом, созданного в Отделении квантовой радиофизики им. Н.Г.Басова в 1975 г. [7, 8].

Такой лазер в своё время рассматривался как один из модулей драйвера для лазерного термоядерного синтеза (ЛТС), но, как выяснилось со временем, для ЛТС требуется излучение с существенно более короткими длинами волн. Впоследствии этот лазер был передан Чехословацкой академии наук для плазменных исследований. Тем не менее, в г. Саров во ВНИИЭФ до недавнего времени шло усовершенствование лазерной установки «Искра», состоящей из 12 каналов, в каждом из которых использовался йодный фотодиссоционный лазер с

накачкой открытым электрическим разрядом [70]. В этой установке для плазменных исследований, связанных с проблемой ЛТС, производилось преобразование излучения йодного лазера в более высокие гармоники.

В лазерах с открытым разрядом все явления, наблюдавшиеся во взрывных лазерах также имели место: это и аномальное поведение КПД лазера и сильное увеличение расходимости излучения при высоких уровнях накачки. Для ответа на вопрос о причинах большой расходимости излучения Олег Юрьевич создаёт установку для интерферометрических исследований оптических неоднородностей активной среды лазера, возникающих во время его работы.

В начале, для этого использовалось когерентное излучение рубинового лазера и интерферометр Майкельсона. Впоследствии чтобы исключить возможное влияние дисперсии показателя преломления на результаты измерений, Олег Юрьевич в 1976 г. предложил интерференционный метод оптической задержки и интерферометр, реализующий этот метод и позволяющий измерять оптические неоднородности активной среды в собственном свете лазера, непосредственно на его длине волны [10], рис.10.

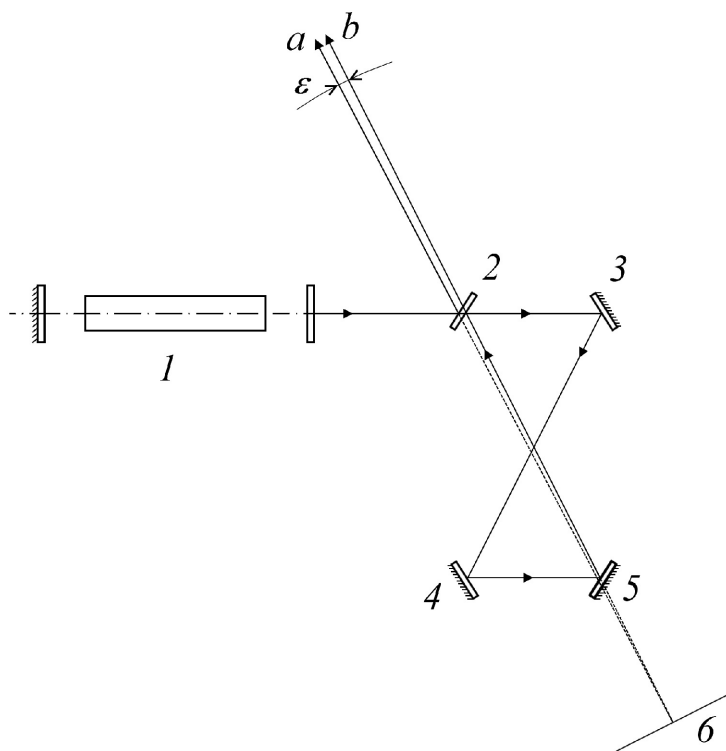


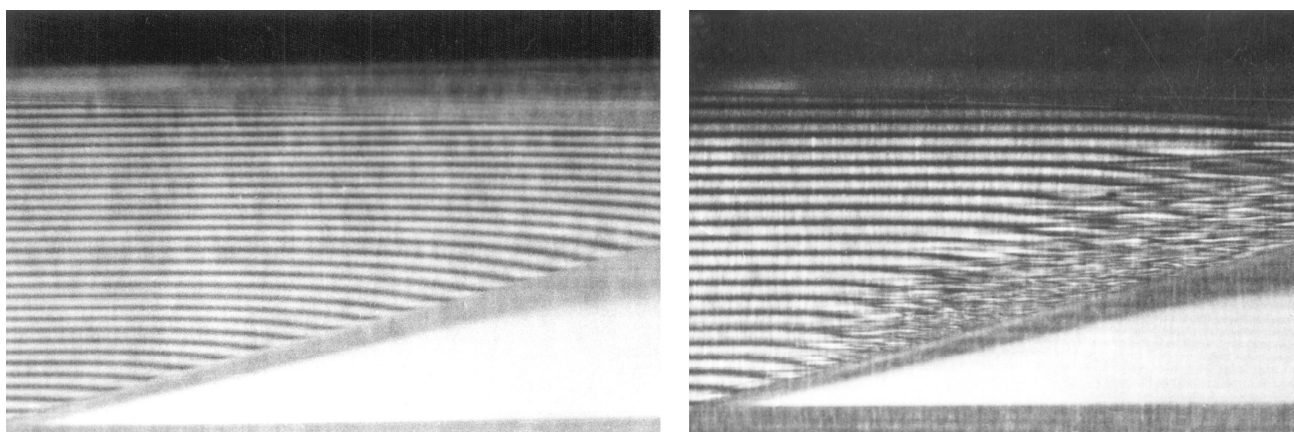
Рис.10. Принципиальная схема интерференционного метода оптической задержки: 1 – лазер, в котором требуется исследовать оптические неоднородности активной среды; 2, 3, 4, 5 – зеркала интерферометра; 6 – плоскость локализации полос.

Идея метода состояла в следующем. Излучение лазера I , в котором требуется исследовать оптические неоднородности, падает на зеркало 2 , которое разделяет его на два пучка a и b . Пучок b , отражаясь от глухих зеркал $3, 4, 5$, проходит относительно пучка a дополнительное расстояние кратное удвоенной длине резонатора и отклоняется от направления пучка a на угол ε . Интерференционная картина наблюдается в плоскости локализации полос 6 , которая определяется как плоскость перпендикулярная биссектрисе угла ε и проходящая через точку пересечения виртуальных продолжений центральных лучей пучков a и b . Во всякой другой плоскости интерферирующие пучки смещены друг относительно друга в поперечном направлении и видность полос будет хуже из-за ограниченности пространственной когерентности излучения исследуемого лазера.

В случае плоского волнового фронта интерференционная картина представляет собой ряд прямых эквидистантных полос с шириной $\delta = \lambda / \varepsilon$, где λ - длина волны лазерного излучения. Если во время работы лазера в зоне генерации происходит изменение показателя преломления активной среды, то частота лазерного излучения и конфигурация волнового фронта меняются, что в свою очередь приводит к изменению интерференционной картины во времени. Отклонение интерференционных полос от их первоначального положения даёт информацию о величине и распределении оптических неоднородностей.

В экспериментах по исследованию оптических неоднородностей, возникающих в активной области во время работы лазера, было обнаружено, во-первых, плавное искривление интерференционных полос по мере приближения к фронту ударной волны, образующейся перед расширяющимся со сверхзвуковой скоростью столбом плазмы, рис.11а. И, во-вторых, при превышении уровня накачки 30 Дж/л сильное расщепление интерференционных полос, по виду воспринимаемое как хаотическое, рис.11б.

Плавное искривление интерференционных полос свидетельствовало об увеличении показателя преломления активной среды лазера по мере приближения к фронту ударной волны. Характерный поперечный размер неоднородности показателя преломления ~ 1 см, а максимальное его увеличение $\max \Delta n \sim 10^{-6}$. Расщепление же интерференционных полос свидетельствовало о возникновении в активной среде мелкомасштабных оптических неоднородностей с характерным поперечным размером $(0,2 - 0,7)$ мм и $\Delta n \sim 10^{-6}$.



a.

b.

Рис.11. Интерферограммы оптически-неоднородной активной среды йодного лазера с накачкой открытым разрядом во время генерации, полученные развёрткой во времени части интерференционной картины вертикальной щелью, проходящей через центр выходного торца лазера: а) – накачка < 30 Дж/л; б) – накачка > 30 Дж/л, интенсивность лазерного излучения ~ 10 кВт/см². На обоих снимках показана верхняя половина интерференционной картины. Масштабы по всем осям практически одинаковы: по вертикальной оси снимкам отвечают примерно 4 см, а по горизонтальной – 40 мкс.

Мелкомасштабные оптические неоднородности в обиходе сначала называли «дребезгами» ввиду того, что они представлялись совершенно хаотичными образованиями, имеющими не только малый поперечный, но и малый продольный масштабы. Однако, сопоставляя величину расходимости лазерного излучения при наличии этих «дребезгов» с величиной изменения показателя преломления и их поперечным размером, Олег Юрьевич пришёл к заключению, что «дребезги» представляют собой резко асимметричные образования с поперечными размерами 0,2 – 0,7 мм и продольными 20 – 100 см.

Долгое время было непонятно как такие образования, вообще, могут существовать в газовой среде и каков механизм их возникновения. Ситуация прояснилась, когда Олег Юрьевич поставил серию экспериментов [17], доказавших, что «дребезги» возникают только при наличии в активной среде лазерного излучения. Когда в активную среду подмешивался тушитель возбуждённого состояния и генерация подавлялась, то даже при накачке существенно превышающей 30 Дж/л «дребезги» не возникали.

Зато величина показателя преломления крупномасштабной неоднородности существенно увеличивалась, так как эта величина пропорциональна тепловыделению, а при переходе в невозбуждённое состояние атомы йода практически мгновенно рекомбинируют в исходные молекулы с выделением в каждом

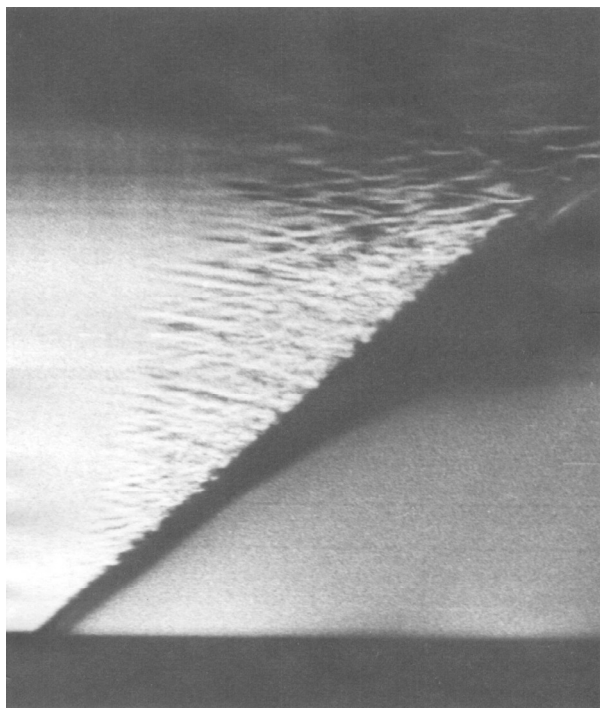
акте тепла, в несколько раз превосходящего энергию фотона, равную $1,5 \times 10^{-19}$ Дж. Этими экспериментами был доказан следующий механизм возникновения «дребезгов».

Когда в активной области возникают вариации интенсивности излучения, то в точке, где интенсивность поля возрастает, концентрация невозбуждённых атомов йода увеличивается, и реакция рекомбинации ускоряется. Мощность тепловыделения в этой точке также возрастает, вещество выталкивается, показатель преломления уменьшается и возникает самовоздействие света по цепочке: свет – химические реакции – газодинамические возмущения – свет. Упомянутые эксперименты показали, что в результате такой цепочки возникает неустойчивость волнового фронта лазерного излучения, приводящая к сильному возрастанию расходимости.

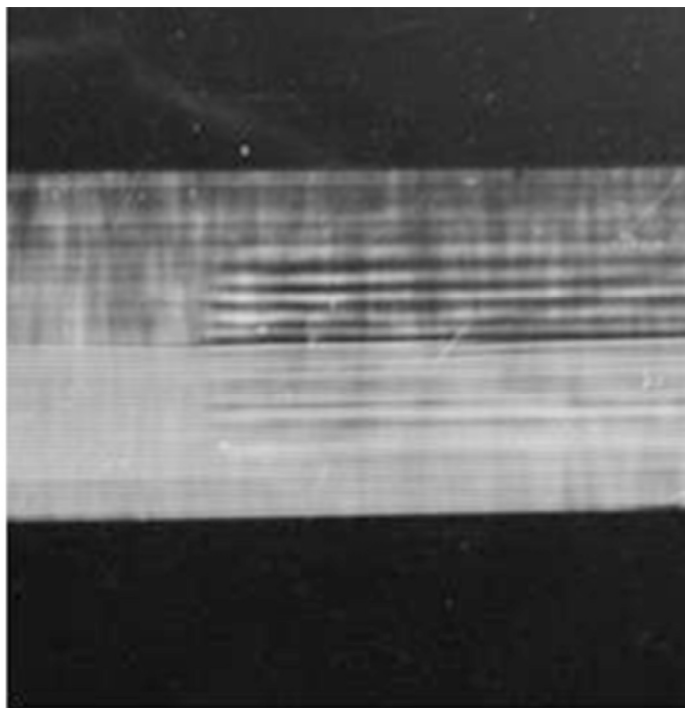
В силу инерционности отклика, несмотря на его дефокусирующее действие, можно было предположить, что между вариациями интенсивности и газодинамическими возмущениями возникает положительная обратная связь. И, действительно, в результате дальнейших исследований выяснилось, что наблюдаемое явление представляет собой новый вид вынужденного рассеяния (ВР) света на акустических и температурных волнах среды [21 – 24].

Когда это стало ясно, то Олег Юрьевич перекрыл луч сравнения в интерферометре, превратив тем самым интерферометрический метод в теневой, и сжал масштаб по оси времени примерно в 3 раза. В результате проявилась чёткая картина возбуждения в активной среде лазера акустических волн мегагерцового диапазона, рис.12а. Кроме акустических волн возбуждаются температурные волны, которые особенно чётко видны в ламповом варианте йодного лазера, в котором удаётся выбрать такой режим, когда акустические волны не возбуждаются и не экранируют возбуждение температурных волн, рис.12б.

Оказалось, что такое вынужденное рассеяние когерентного излучения может возникать фактически в любой термодинамически неравновесной среде, в которой когерентное излучение воздействует на скорости протекающих в ней реакций. Его главное отличие от ранее известных видов ВР в том, что энергия возбуждения внутренних колебаний среды черпается не из светового поля, а из самой термодинамически неравновесной среды. При этом характер взаимодействия света со средой в основном информационный, а не силовой или тепловой. Поскольку при таком характере взаимодействия свет управляет процессом тепловыделения, то это рассеяние было названо энтальпийным ВР (ЭВР).



a.



b.

Рис.12. Картины возбуждения в зоне генерации акустических и температурных волн при ВР, выполненные теневым методом с помощью рубинового лазера: *a)* - лазер с открытым разрядом; *b)* – лазер с ламповой накачкой (луч сравнения перекрыт только в верхней половине снимка). На обоих снимках масштабы по всем осям практически одинаковы: по вертикальной оси снимкам отвечают примерно 4 см, а по горизонтальной – 40 мкс.

В результате проведённых исследований стало понятно, что большая расходимость излучения йодных фотодиссоционных лазеров была обусловлена возникновением ЭВР. Причём эту расходимость невозможно было уменьшить методом обращения волнового фронта света, так как время прохождения света до обращющего устройства и обратно больше характерного времени изменения показателя преломления среды в акустической волне.

Поэтому встала задача подавления этого рассеяния. Олег Юрьевич предложил использовать рабочие смеси, в которые входят перфторалкилйодиды с разными типами радикалов. Его идея основывалась на том, что разные типы радикалов могут реагировать друг с другом более быстро, чем радикалы одного типа. В результате концентрация радикалов каждого типа будет меньше, чем в случае однокомпонентной смеси и атомам йода не с чем будет рекомбинировать. Такие смеси удалось найти [39]!

Это позволило совместно с НПО «Астрофизика» создать взрывной лазер с энергией излучения в несколько килоджоулей с дифракционной расходимостью, который был использован для проверки и отработки воздействия лазерного из-

лучения на объективы оптических приборов космических аппаратов. На рис.13 показана оптическая схема устройства воздействия. Излучение лазера подсветки 1 направляется сквозь атмосферу на космический аппарат 2. Часть отражённого от объектива оптического прибора космического аппарата излучения с помощью зеркала 3 попадает на установленный на земле мощный йодный фотодиссоционный лазерный усилитель 4. Усилившись, это излучение с помощью оптической системы, состоящей из сферического зеркала 5 и плоского зеркала 6, фокусируется в устройство для обращения волнового фронта 7. Из этого устройства излучение выходит с обращённым волновым фронтом, опять усиливается в усилителе 4, и, отразившись от плоского зеркала 3, пройдя обратный путь по атмосфере, попадает на объектив оптического прибора космического аппарата. Вследствие обращения волнового фронта все фазовые искажения волнового фронта, обусловленные оптическими неоднородностями атмосферы, лазерного усилителя и элементов конструкции устройства, компенсируются.

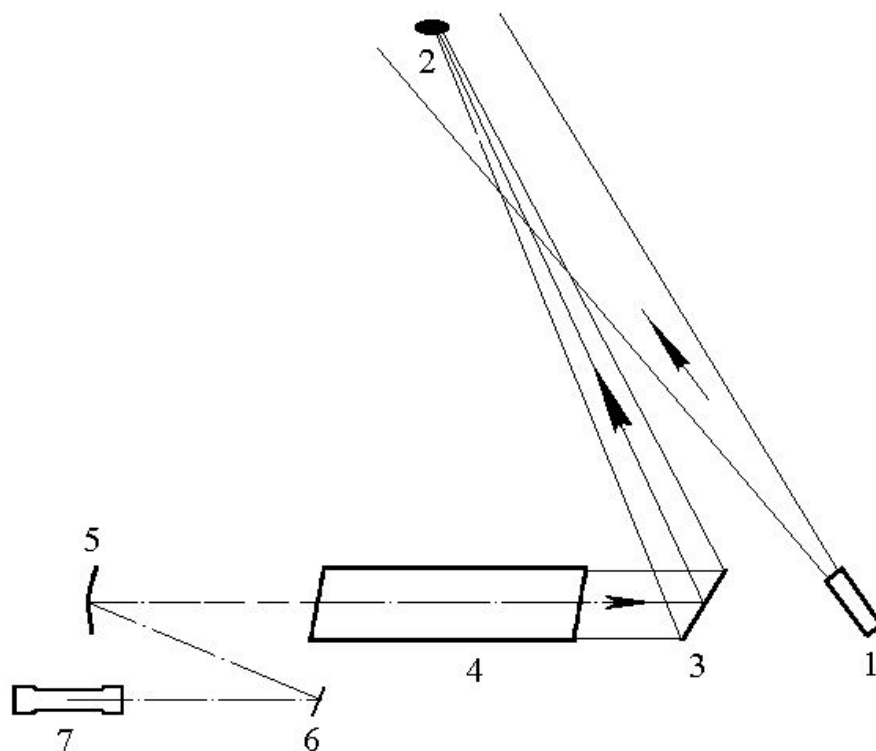


Рис.13. Оптическая схема устройства воздействия: 1 – лазер подсветки; 2 – космический аппарат; 3 - плоское зеркало системы наведения; 4 – мощный йодный фотодиссоционный усилитель; 5 – сферическое зеркало; 6 – плоское зеркало; 7 – устройство, обращающее волновой фронт.

Проведённые в полевых условиях опыты созданного устройства воздействия доказали, что оно может эффективно разрушать объективы оптических систем космических аппаратов. На рис.14 представлена фотография объектива, демонстрирующая то, что происходит с ним после опыта.

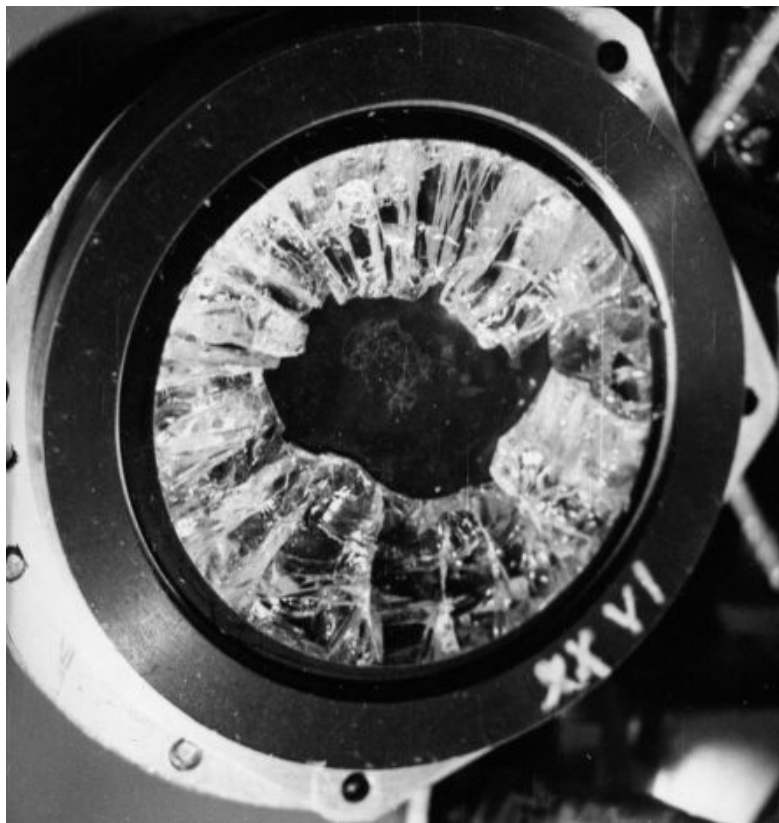


Рис.14. Объектив после опыта.

После того как было создано описываемое устройство выяснилось, что его невозможно применить, поскольку радиолокаторы не обеспечивали нужную точность наведения, а дальность действия мобильных лазерных локаторов из-за малой энергии импульсов излучения и низкой чувствительности была много меньше расстояния до космических мишеней. И что особенно важно они не могли лоцировать объекты на фоне дневного неба, а тем более на фоне диска Солнца, хотя именно в дневное время объективы космических аппаратов нацелены на земные объекты.

В 1994 г. в препринте ФИАН [35] Олегом Юрьевичем была рассмотрена проблема достижения квантового предела приёма слабых лазерных импульсов на фоне мощной засветки и возможность её решения с помощью йодных лазеров. К 1997 г. устройство, обеспечивающее решение этой проблемы, было создано и названо «активным квантовым фильтром» (АКФ) [43]. Своё название он

получил в связи с тем, что в отличие от обычных пассивных фильтров, выделяющих сигнал за счёт подавления частот, лежащих за пределами спектра сигнала, в АКФ выделение сигнала происходит за счёт усиления частот, принадлежащих спектру сигнала. Внешний вид созданных Олегом Юрьевичем АКФ, показан на рис.15 и рис.16.

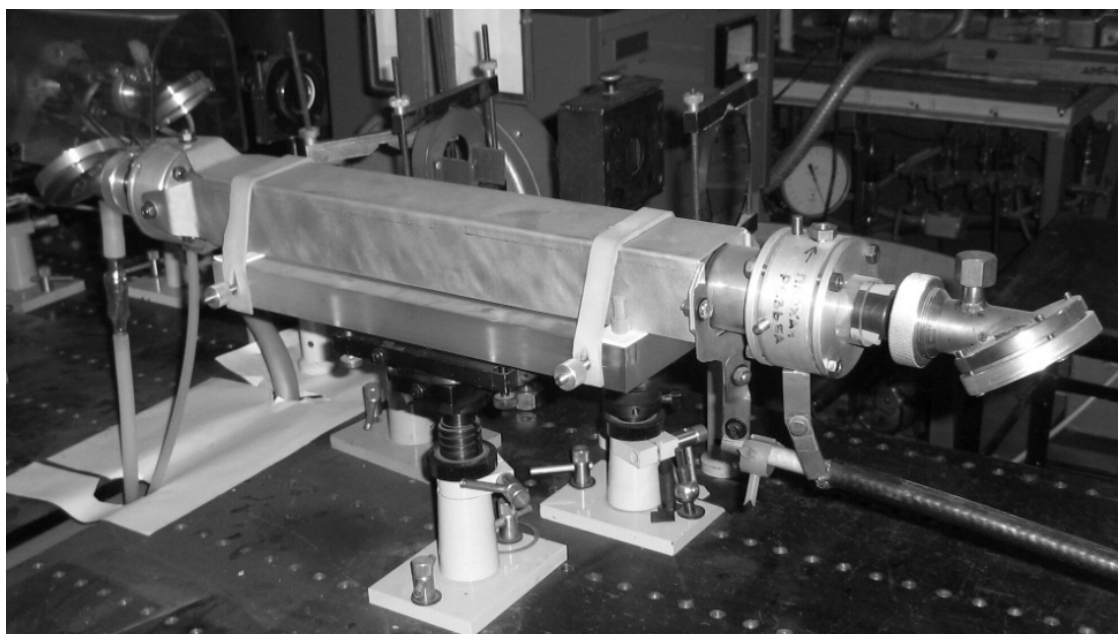


Рис.15. Образец АКФ, созданный для внутреннего использования.

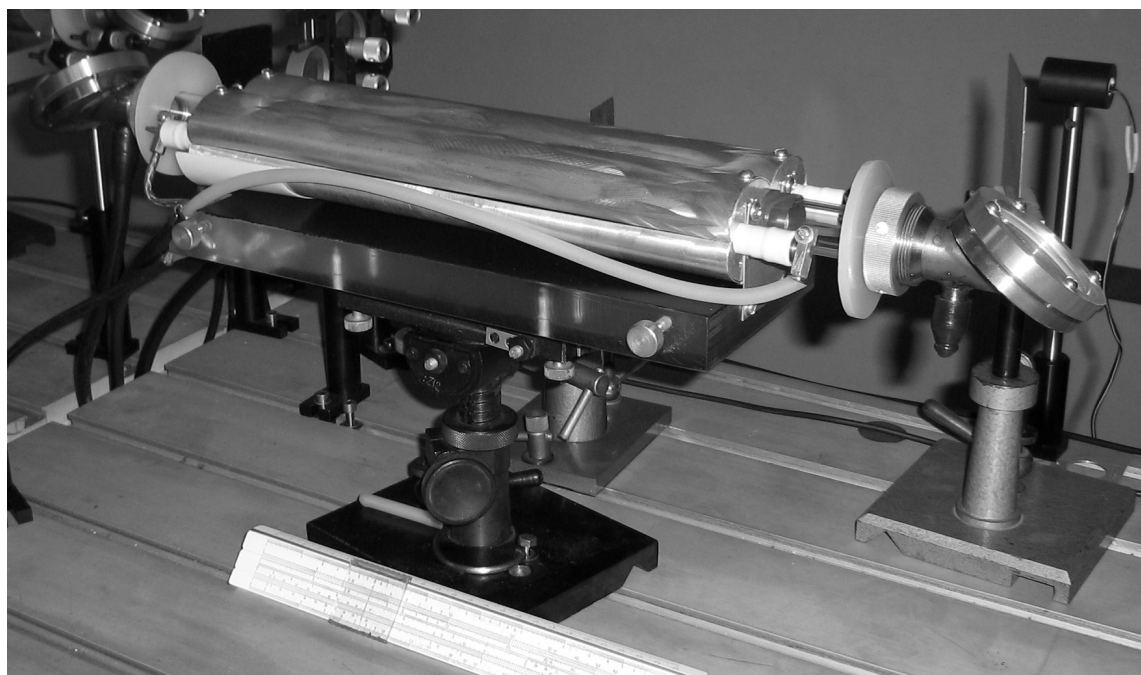


Рис.16. Образец АКФ, созданный для китайского Северо-западного Института Ядерной технологии (Northwest Institute of Nuclear Technology).

В работе [45] Олег Юрьевич поставил эксперимент, в котором удалось достичь квантового предела чувствительности приёма оптических сигналов. Замечательно то, что АКФ способен усиливать сигналы в больших телесных углах, определяемых его геометрическими размерами, то есть обладает весьма большим полем зрения порядка ста угловых секунд (0,5 мрад). Поэтому, а также в силу высокой оптической однородности активной среды йодный АКФ может применяться для усиления яркости изображений. Это утверждение Олегом Юрьевичем было доказано экспериментально [47]. Оптическая схема эксперимента представлена на рис.17.

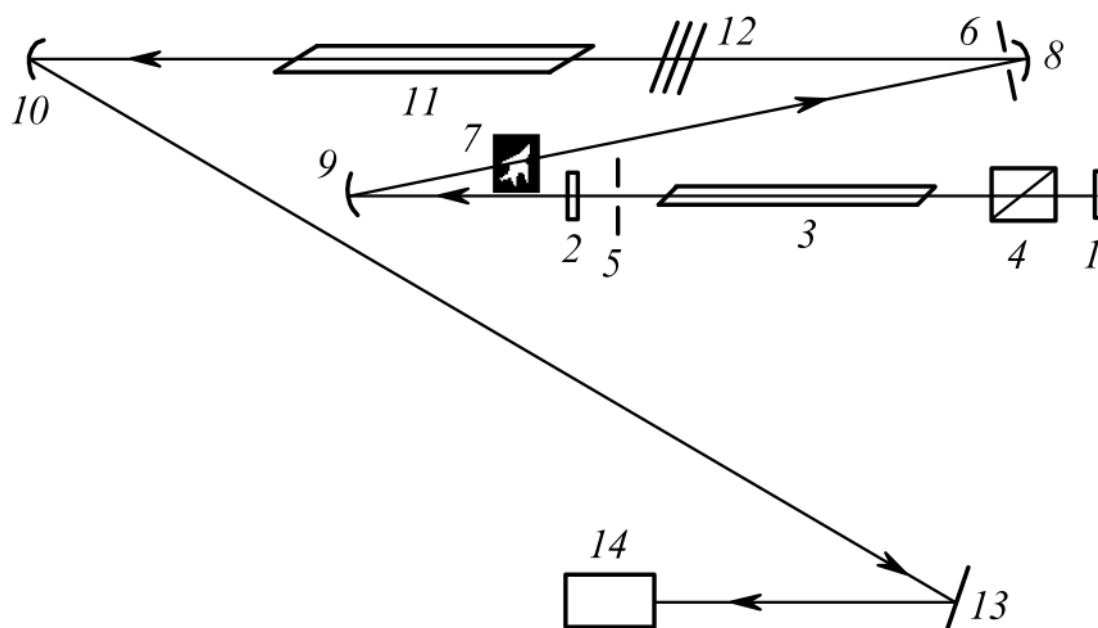


Рис.17. Экспериментальная оптическая схема: 1, 2 - зеркала задающего генератора; 3 - кювета задающего генератора; 4 - модулятор; 5, 6 - диафрагмы; 7 - маска-объект; 8 - 10 - сферические зеркала (F - 75 см); 11 - кювета АКФ; 12 - ослабляющие светофильтры; 13 - экран; 14 - телекамера.

После проверки качества оптического тракта с помощью круглой диафрагмы диаметром 0,2 мм, играющей роль маски-объекта 7 и расположенной на удвоенном фокусном расстоянии от сферического зеркала 8, она была заменена маской с отверстием в виде силуэта самолёта. Угловые размеры маски-объекта составляли: длина - 7, а размах крыльев - 5 дифракционных углов, равных отношению λ / d , где d - диаметр диафрагмы 6, равный 1 см.

Сначала были получены снимки без усиления, рис.18а, а потом после ослабления в 5000 раз и последующего усиления в 3000 раз, рис.18б. Сравнивая снимки а) и б), видим, что изображение довольно сложного объекта, после 3000-

кратного усиления яркости в йодном АКФ, практически не претерпевает изменений и может быть легко идентифицировано.

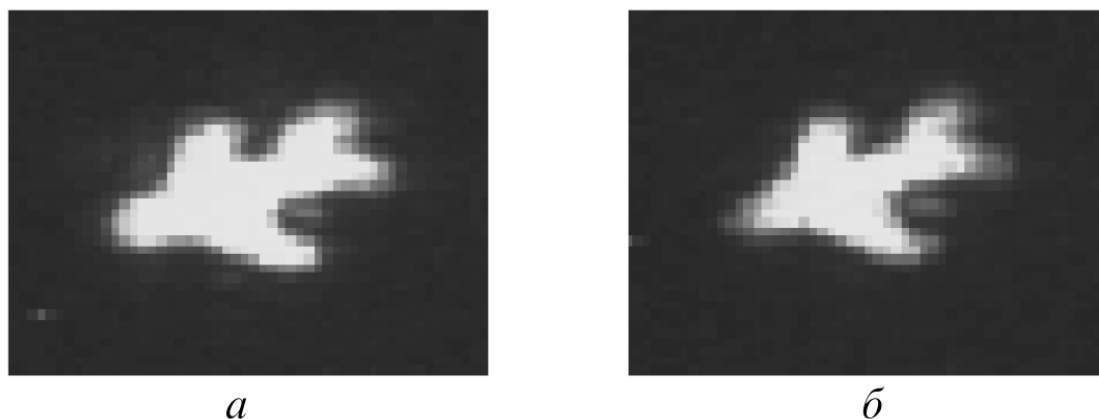


Рис.18. Изображение маски-объекта в виде силуэта самолёта при отключённой (*а*) и включённой (*б*) накачке АКФ.

Из полученных результатов можно оценить, на каком расстоянии с помощью АКФ, сопряжённого с телескопом с диаметром главного зеркала $D = 1$ м, можно рассмотреть самолёт с размахом крыльев $W = 10$ м. Приравнявая угловой размер размаха крыльев самолета, находящегося на расстоянии R угловому размеру силуэта самолёта в маске, уменьшенному телескопом в D/d раз, из равенства $W/R = 5\lambda/D$, находим $R \approx 1500$ км.

Благодаря очень узкой линии усиления йодного АКФ (ширина линии люминесценции составляет $0,01 \text{ см}^{-1}$) и большому коэффициенту усиления $\sim 10^6$ квантовый предел чувствительности сохраняется даже на фоне излучения таких мощных источников света как Солнце, что и было экспериментально доказано Олегом Юрьевичем в работе [51].

На основе АКФ совместно с НПО «Астрофизика» были созданы лазерные приёмные устройства (ЛПУ) с квантовым пределом чувствительности, рекордной помехозащищённостью и большим полем зрения. На фоне диска Солнца их чувствительность уменьшается всего на 12%. В полевых условиях в дневное время действительно был зарегистрирован сигнал, отражённый от спутника.

Такие лазерные приёмные устройства могут быть положены в основу создания нового поколения мобильных круглосуточных лазерных локаторов. Они позволяют уже сейчас создать комплекс связи между космическими объектами в пределах всей Солнечной системы [62], обладающий характеристиками, которые пока ещё не достигнуты в мировой практике и которые ещё только прогно-

зируются для систем с прямым фотодетектированием на 2020 год, и то только при условии существенного прогресса в оптических технологиях [71].

За эти разработки Олег Юрьевич был удостоен премии им. Н.Г.Басова 2001 г., а сами устройства занесены в Книгу рекордов России. На рис.19 показаны сертификаты, подтверждающие рекордные достижения.



Рис.19. Сертификаты автономной некоммерческой организации по популяризации лучших достижений «Книга рекордов России»

Предельно высокая чувствительность ЛПУ с йодным АКФ была достигнута благодаря таким характерным особенностям активной среды АКФ как а) её высокая оптическая однородность; б) быстрая рекомбинация невозбуждённых атомов йода в исходную молекулу; в) большой показатель усиления $> 0,1 \text{ см}^{-1}$ и малый показатель поглощения излучения $< 10^{-4} \text{ см}^{-1}$.

О последней характеристике расскажу более подробно, так как она связана с упомянутой в начале проблемой аномального поведения КПД взрывных лазеров и лазеров с накачкой открытым разрядом.

В процессе исследования оптических неоднородностей активной среды стало ясно, что внутренние потери взрывных лазеров и лазеров с накачкой от-

крытым разрядом обусловлены, главным образом, этими неоднородностями, так как даже в случае отсутствия ВР практически всё излучение, попавшее из-за рефракции в среде с крупномасштабной неоднородностью на ударную волну, рассеивается и уходит из активного объема.

Потери, обусловленные рефракцией излучения на крупномасштабных неоднородностях, были названы рефракционными. Оказалось, что характер их влияния на энергетику лазера отличается от потерь, обусловленных объёмным поглощением [25] и приводит, в частности, к аномальному поведению КПД. Используя это отличие, Олегу Юрьевичу удалось поставить такие эксперименты [20], в которых можно различить эти виды потерь и найти по отдельности их величину.

Величина объёмного поглощения оказалась меньше, чем 10^{-4} см^{-1} , что на три порядка меньше показателя усиления. Это и является причиной того, что квантовый выход АКФ, в отличие от фотоумножителей и фотодиодов, практически 100%. Это означает, что каждый фотон на входе АКФ дойдёт до его выхода, что очень важно в случае локации космических объектов, от которых отражённый сигнал чрезвычайно слаб.

За цикл работ «Физические процессы в фотодиссоционных лазерах» в 2003 году Олег Юрьевич был удостоен премии им. Л.И.Мандельштама.

Создание ЛПУ с квантовым пределом чувствительности, способное принимать, выделять и регистрировать на фоне диска Солнца световые сигналы, состоящие всего из нескольких фотонов, позволило по-новому подойти к проблеме поиска сигналов внеземных цивилизаций и проблеме посылы им сигналов с Земли [56, 57, 63]. Проблема поиска сигналов и установления связи с внеземными цивилизациями (ВЦ) сопряжена с такими задачами, как 1) выбор длины волны для поиска сигналов; 2) выделение сигнала на галактическом фоне, а в оптическом диапазоне на фоне излучения исследуемой звезды; 3) обеспечение приёма и регистрации предельно слабых сигналов с вероятностью близкой к единице; 4) обеспечение необходимого уровня энергии передаваемого сигнала.

Оказалось, что все эти задачи можно решить, используя практически идеальную приёмопередающую пару, состоящую из ЛПУ с йодным АКФ и современного йодного фотодиссоционного лазера [70, 72, 73], способного в одном модуле излучать оптический импульс наносекундной длительности с энергией, превышающей 2 кДж, и с дифракционной расходимостью (см. табл.). Возможность спектральной перестройки излучения этих лазеров с помощью магнитного

поля [74], позволяет компенсировать доплеровские сдвиги частоты при относительном движении приемника и передатчика.

Таблица

Лазерная установка	Диаметр пучка (см)	Энергия в одном пучке (кДж)	Длительность импульса (нс)	Расходимость излучения (рад)
«Искра»* (ВНИИЭФ, Саров, Россия)	50	2,0 – 2,5	0,25 – 1,0	10^{-5}
«Asterix IV»** (Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Germany)	29	2,1	5,0	2×10^{-5}
*Источник накачки – сильноточный электрический разряд; ** источник накачки – импульсные ксеноновые лампы.				

Важно то, что излучение с $\lambda = 1,315$ мкм попадает в окно прозрачности земной атмосферы. Измерения, выполненные Олегом Юрьевичем в 1988 г., с использованием метода голографической обработки интерферограмм, показали, что показатель поглощения в приземном слое атмосферы $\sim 10^{-7} \text{ см}^{-1}$ [30]. Он обусловлен, главным образом, парами воды, концентрация которых уменьшается с высотой. При прохождении всей толщи земной атмосферы, потери энергии сигнала будут менее 20%, в особенности, если приемник будет расположен высоко над уровнем моря.

Поэтому поиск сигналов ВЦ и послания им можно осуществлять, используя наземные оптические телескопы с адаптивной оптикой, такие например, как VLT, КЕСК I, КЕСК II, в которых преодолён атмосферный барьер разрешения. Например, на одном из 8,2 м телескопов VLT, расположенных на горе Параналь в Чили, размеры скорректированных изображений звезд на длине волны 1,2 мкм составили 0,04 угл. секунды [75]. Такое же разрешение достигнуто и на 10 м телескопах КЕСК I, КЕСК II, расположенных на Гавайских островах [76].

В результате проведенных исследований был сделан вывод о том, что целесообразно искать сигналы ВЦ на частоте 228,1 ТГц, отвечающей длине волны $\lambda = 1,315$ мкм, которая может служить естественным частотным репером. Использование йодного АКФ на современном оптическом наземном 10 м телескопе с адаптивной оптикой позволит обнаружить сигнал с энергией в импульсе 2 кДж посылаемый ВЦ, находящейся от нас на расстоянии 100 пк (330 св.лет), а при космическом базировании – на расстоянии 130 пк (420 св.лет) независимо от местоположения ВЦ на небесной сфере.

Реализация проектов наземных 30 м телескопов с адаптивной оптикой позволит увеличить дальность обнаружения до 930 пк (3000 св.лет), а при космическом базировании до 1200 пк (3800 св.лет). Требуемая энергия импульсов для посылы сигналов в сторону ВЦ, находящейся от нас на расстоянии 100 пк, будет составлять тогда всего 20 Дж [77].

На новый подход к проблеме поиска и посылы сигналов ВЦ был выдан патент [57], рис.20.



Рис.20. Патент по поиску сигналов внеземных цивилизаций

На первый взгляд может показаться, что представленный на рис.20 патент не имеет отношения к названной проблеме, так как в заглавии патента нет упоминания о ВЦ. Это связано с тем, что по предложению экспертов ФИПС (Феде-

ральный институт промышленной собственности) пришлось изменить первоначальное название и формулу изобретения в поданной заявке, рис.21, чтобы удовлетворить п.4 ст.1350 ГК РФ (условие патентоспособности – «промышленная применимость»). Суть содержания патента при этом не поменялась, и, по-видимому, это первый патент в мире по проблеме поиска сигналов внеземных цивилизаций.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ  ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ		(19) RU (11) 2007 100 751 (13) A (51) МПК <i>G01S 17/88</i> (2006.01)
(12) ЗАЯВКА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ		
(21), (22) Заявка: 2007100751/28, 15.01.2007 (43) Дата публикации заявки: 20.07.2008 Бюл. № 20 Адрес для переписки: 123298, Москва, ул. Маршала Бирюзова, 7, кв.66, С.К. Манкевичу	(71) Заявитель(и): Кутаев Юрий Федорович (RU), Манкевич Сергей Константинович (RU), Носач Олег Юрьевич (RU), Орлов Евгений Прохорович (RU) (72) Автор(ы): Кутаев Юрий Федорович (RU), Манкевич Сергей Константинович (RU), Носач Олег Юрьевич (RU), Орлов Евгений Прохорович (RU)	RU 2007100
(54) СПОСОБ ПОИСКА И ПРИЕМА СИГНАЛОВ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ И ЛАЗЕРНОЕ ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ		
(57) Формула изобретения 1. Способ поиска и приема сигналов внеземных цивилизаций (ВЦ), заключающийся в квантовом усилении излучения от локальной области небесной сферы, включающей исследуемую звезду, посредством квантового усилителя - активного квантового фильтра		

Рис.21. Заявка на изобретение способа поиска и приёма сигналов ВЦ и лазерного приёмного устройства для его осуществления.

В 2008 г. НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО АСТРОНОМИИ Отделения Физических Наук РАН предложенный способ поиска сигналов внеземных цивилизаций расценил как важнейшее достижение астрономических исследований в России в 2008 г.

Таким образом, можно сделать вывод, что Олег Юрьевич Носач внёс огромный вклад в развитие фундаментальных исследований взаимодействия

света с веществом, в развитие квантовой электроники, нелинейной оптики, лазерной техники и её применений в оборонной промышленности и астрономии.

Представленные выше результаты исследований йодных фотодиссоционных лазеров собраны в книге «Лазерная локация и космическая связь на йодных лазерах» [65].

Глава 2

Штрихи к портрету

1. Деятельность О.Ю. Носача в области разработки и создания фотодиссоционных лазерных систем (из воспоминаний С. К. Манкевича)

В середине девяностых годов прошлого века после завершения событий 1991 года и развала промышленности и науки начался период постепенного восстановления прежнего уровня производственной и научной деятельности. Плодотворная в советское время совместная деятельность и сотрудничество НПО «Астрофизика» и ФИАН постепенно возвращалась к прежнему уровню. В это время были возобновлены работы по созданию лазерного комплекса на основе йодных фотодиссоционных лазерных генераторов. К этим работам был привлечен и Олег Юрьевич Носач, как один из крупнейших специалистов в области фотодиссоционных лазерных систем, что он и доказал практически сразу же после начала данных работ.

Олег Юрьевич помимо своей основной научно-исследовательской работы исполнял роль и неформального главного консультанта и специалиста по всем вопросам создания фотодиссоционных лазерных систем. Практически ни одно техническое решение в области разработки лазерных генераторов и их применения в будущем лазерном комплексе не обходилось и не могло быть принято без его глубокого и всестороннего анализа, экспертизы, очень ценных его замечаний и дополнений. Любое техническое решение по указанным вопросам создания лазерных систем принималось к окончательному исполнению только после одобрения Олегом Юрьевичем. При этом организационно это осуществлялось очень просто. Подпись или виза Олега Юрьевича требовались только на самых важных и ответственных схемах или чертежах. В большинстве случаев начальники подразделений – отделов, или главный конструктор в обычной беседе выясняли у Олега Юрьевича те или иные технические вопросы, узнавали его точку зрения на отдельные методы решения технических проблем и получали его устное согласие, иногда просто по телефону. Этого было достаточно для оперативного принятия иногда весьма сложных и ответственных технических решений по разработке аппаратуры лазерного комплекса.

Для оперативного и эффективного решения проблем, возникающих при создании лазерного комплекса, в НПО «Астрофизика» было создано постоянно действующее техническое совещание сотрудников ФИАН и «Астрофизики», ко-

торое собиралось раз в две недели, а иногда и каждую неделю в кабинете главного конструктора. Одной из главных проблем, обсуждавшихся и поставленных перед сотрудниками ФИАН и «Астрофизики», была проблема разработки фотодиссоционного лазера для круглосуточной лазерной локации и соответствующего приемного канала. Сложности решения данной проблемы были связаны с отсутствием высокочувствительных фотоприемников, работающих в ближнем ИК диапазоне на длине волны 1,315 мкм. Использование имеющихся лавинных фотодиодов (ЛФД) потребовало бы существенного увеличения мощности проектируемого лазерного генератора, что уничтожало почти все преимущества по применению фотодиссоционного лазерного генератора. Одновременно требование необходимости работы лазерного локатора в дневное время приводило к необходимости использования весьма узкополосных спектральных интерференционных фильтров, что дополнительно существенно снижало потенциал приемопередающей системы в целом из-за потерь в этих фильтрах. В общем виде на основе имеющихся приемных оптических средств задача создания круглосуточной локационной системы становилась практически неразрешимой.

Проанализировав сложившуюся ситуацию и основываясь на свойствах йодного фотодиссоционного лазерного усилителя, Олег Юрьевич для решения задач создания круглосуточной локационной системы предложил использовать его в качестве предусилителя принимаемых слабых импульсных лазерных сигналов. Применение йодного фотодиссоционного лазерного усилителя в качестве предусилителя должно было обеспечить одновременно и узкополосную фильтрацию этих сигналов на фоне излучения солнечного диска практически без потерь энергии принимаемых сигналов.

В предложенном квантовом усилителе усиление сигнала происходит на лазерном переходе атомарного йода, как и в проектируемом лазерном генераторе – передатчике. Такое техническое решение обещало быть очень эффективным и удобным технологически, так как позволяло использовать одну и ту же аппаратуру для обеспечения работы, как лазерного передатчика, так и для работы приемного канала. Однако вначале не было ясно, будет ли приемный канал на основе йодного квантового усилителя удовлетворять всем техническим требованиям, предъявляемым к аппаратуре проектируемого лазерного комплекса. Поэтому было необходимо провести всесторонний научный анализ йодного фотодиссоционного усилителя в режиме приема слабых импульсных сигналов, определить предельные физические возможности усиления лазерных сигналов в йодном квантовом усилителе.

Эти работы, начиная с середины девяностых годов, были проведены в Лаборатории фотохимических процессов (ФХП) Отделения квантовой радиофизики (ОКРФ) им.Н.Г.Басова ФИАН, и в НПО «Астрофизика». Научным руководителем и душой этих исследований и работ являлся Олег Юрьевич Носач. Следует отметить, что основной объем работ по созданию йодного фотодиссоционного квантового усилителя был проведен в ОКРФ ФИАН в Лаборатории фотохимических процессов. От астрофизики в этих работах участвовал ведущий научный сотрудник Сергей Константинович Манкевич, у которого с Олегом Юрьевичем сложились очень теплые, дружеские и плодотворные в научном плане отношения.

В результате проведенных работ под руководством и личном участии Олега Юрьевича был создан действующий образец йодного фотодиссоционного квантового усилителя, который получил фирменное наименование «Активный квантовый фильтр». Научные результаты проведенных работ отражены в различных многочисленных публикациях и патентах на изобретения РФ. Следует отметить, что одним из первых был получен патент на изобретение собственно самого активного квантового фильтра [43], в авторском составе которого отражен весь состав указанного выше постоянно действующего совещания по созданию лазерного комплекса.

По мере проведения исследовательских работ в Лаборатории фотохимических процессов ОКРФ ФИАН и в «Астрофизике» были получены фундаментальные результаты в области приема и усиления слабых локационных сигналов с помощью активного квантового фильтра. В конце девяностых годов экспериментально была достигнута предельная квантовая чувствительность приема лазерных сигналов с помощью активного квантового фильтра, а также экспериментально продемонстрирована возможность обеспечения этой рекордной чувствительности при приеме лазерных сигналов на фоне мощной засветки, которая возникает при работе локатора на фоне излучения солнечного диска [45, 46, 51]. Этими экспериментально полученными результатами практически была продемонстрирована и реализована возможность создания всесуточного лазерного комплекса на основе йодных фотодиссоционных генераторов и йодного активного квантового фильтра.

Работы по созданию такого комплекса в конце девяностых годов прошлого века переместились из лабораторий ФИАН и НПО «Астрофизика» на подмосковный исследовательский полигон. В этих работах по практическому созданию

лазерного комплекса на основе фотодиссоционных лазеров и активного квантового фильтра Олег Юрьевич принял самое деятельное участие.

Прежде всего, следует отметить, что при создании действующего лазерного комплекса, работающего в реальных полигонных условиях, проявился ряд серьёзных проблем, которые необходимо было оперативно решать, чтобы не растянуть сроки выполнения работ, поставленных заказчиками, и не ставить под угрозу срыва и закрытия работ в данном очень важном и интересном научном направлении в жестких и тяжелых условиях конца девяностых годов, в которых находилась промышленность и наука нашей страны.

В этих условиях помощь и участие Олега Юрьевича в решении как фундаментальных, так и небольших повседневных задач и вопросов имела неоценимое значение. Даже задача размещения аппаратуры комплекса на выделенной нам полигонной площадке представила ряд проблем, которые удалось успешно решить только с участием Олега Юрьевича. Он внес ряд весьма ценных предложений по разработке оптической схемы комплекса, в результате чего удалось достаточно простыми имеющимися средствами обеспечить требующуюся точность юстировки всех оптических систем комплекса в полигонных условиях при любой погоде.

Особый вклад Олег Юрьевич внес в создание мощного фотодиссоционного лазерного генератора со взрывной накачкой. Важной проблемой здесь являлась задача получения максимальной энергии в излучаемом импульсе дифракционной расходимости при минимальном количестве используемых секций лазерного генератора. Решение этой проблемы было осуществлено на основе фундаментальных работ Олега Юрьевича по изучению процессов генерации в условиях возникновения и развития оптических неоднородностей в йодных фотодиссоционных лазерах, а также методов их компенсации и подавления. Полученные Олегом Юрьевичем результаты по исследованию процессов генерации в фотодиссоционных лазерах в полной мере были использованы при создании полигонного лазерного комплекса на основе йодных фотодиссоционных лазеров.

Олег Юрьевич осуществлял авторское сопровождение всех работ, постоянно выезжал лично в командировки на подмосковный полигон, где непосредственно руководил всеми экспериментальными испытаниями и обеспечивал получение необходимых результатов и максимального уровня энергии излучения лазерных генераторов. Следует отметить, что при создании и доведении экспериментальной аппаратуры в полигонных условиях далеко не всегда и не всё получалось так, как хотелось, или как должно было быть в соответствии с напи-

санным в научных статьях или общих представлениях. Наиболее сложным и капризным устройством в этом отношении являлся фотодиссоционный лазер со взрывной накачкой, который часто не давал нужной и ожидаемой энергии генерации. В этом случае после использования всех известных методов для решения проблемы приглашался Олег Юрьевич. После анализа полученных результатов Олег Юрьевич показывал, что причиной неудачного эксперимента и низкого уровня генерируемой энергии является невыполнение его условий и рекомендаций, которые он давал ранее по данному вопросу и даже в письменном виде. После устранения выявленных Олегом Юрьевичем недостатков в следующем эксперименте, как правило, получалась необходимая и предсказанная им энергия в излучаемом импульсе к радости всех сотрудников и начальства.

Такая ситуация повторялась большое количество раз и в различных условиях. Поэтому однажды Олег Юрьевич задал простой, но очень важный вопрос: почему нельзя сразу выполнить в полной мере все его рекомендации и получить требуемый результат? Почему всегда вначале осуществляется эксперимент с не полностью выполненными его рекомендациями, что не позволяет получить предсказанный и рассчитанный им результат? И только после первой неудачи в проведении эксперимента его рекомендации выполняются полностью.

В ответе на этот вопрос можно сказать, что, по-видимому, такова логика простого стандартного мышления, при которой всегда хочется сделать проще и обойтись более простыми и дешевыми средствами, и только потом, ощутив всю сложность и величину решаемых задач, приходит согласие с выводами глубоко знающего проблему опытного специалиста.

В результате работ с участием Олега Юрьевича был создан и испытан йодный фотодиссоционный лазерный генератор с энергией излучения порядка нескольких килоджоулей с дифракционной расходимостью излучения. Можно утверждать, что в создании такого генератора и практическом получении указанных результатов главная заслуга принадлежит Олегу Юрьевичу Носачу.

2. О.Ю. Носач и его физика (из воспоминаний С.А.Позднеева)

С Олегом Юрьевичем Носачем я познакомился в конце 80 годов. В это время он был уже довольно известной личностью – был автором открытия обращения волнового фронта, одним из разработчиков йодного фотодиссоционного лазера, лауреатом Государственной премии. Впоследствии он был удостоен также премии им. Л.И.Мандельштама.

Ему удалось создать ряд уникальных установок, таких как активный квантовый фильтр, высокоэнергетический взрывной йодный фотодиссационный лазер с дифракционной расходимостью и т.д., причем на некоторых из них планировалось производить поиск сигналов внеземных цивилизаций [56 – 58, 64, 65].

Но в этой заметке я хочу приоткрыть несколько другую сторону его личности и деятельности, а именно его отношение к физике. Физику он понимал с личным своеобразием, со своей «Носачевской» позиции. Эта позиция порой отличалась от общепринятой, но она позволяла ему на интуитивном уровне наглядно, «на пальцах» понимать сложные явления современной физики.

Впервые я это понял, когда руководитель нашей лаборатории предложил проанализировать работы по возможности создания лазера на молекулах He_2^+ , что было очень интересно, т.к. это простейшая молекула, которая могла бы пролить свет на многие особенности процессов, происходящих в лазерных средах. Важно то, что в гелии существует третий широкополосный континуум, который занимает спектральный диапазон 150 – 800 нм и именно через этот континуум может излучаться около 70% энергии, вводимой в разряд при давлениях близких к атмосферному. Для реализации данного лазера необходимо с помощью электрического разряда достичь необходимой концентрации ионов гелия, оптической однородности возбужденного объема и низкого уровня внутренних потерь.

По моим теоретическим оценкам [78] это можно было реализовать, и я пошел к О.Ю.Носачу для того чтобы он экспериментально подтвердил или опровергнул мои оценки. После долгих и непонятных тогда мне обсуждений, к моему удивлению достаточно скоро были получены первые экспериментальные результаты по заселенностям возбужденных состояний этой молекулы. Таким образом, надежды на создание этого лазера существенно возросли. К сожалению, впоследствии дальнейшие работы в этом направлении были остановлены в связи с отсутствием финансирования, а обращения в РФФИ за грантом на эти работы не увенчались успехом, но обсуждение этой работы с Олегом Юрьевичем продолжалось.

В результате этих обсуждений прояснилась, в частности, причина возникновения особых связанных квантовых состояний, предсказанных в [79] Ефимовым и подобных так называемым кольцам Борромео. В настоящее время эти особые состояния обнаружены экспериментально [80]. Особенно необычным оказалась геометрия «основного» состояния триммера гелия – это почти линейная молекула, в отличие от равностороннего треугольника, которому должна

была бы соответствовать минимальная энергия и основное состояние. Дальнейшие исследования показали, что подобные состояния характерны для всех молекул благородных газов и не только. Как было показано впоследствии [81] есть целый ряд подобных химических соединений. Таким образом, общение с О.Ю.Носачем, с его идеями и представлениями о МИРЕ помогали увидеть и оценить собственные подходы к физическим явлениям и процессам с новых и плодотворных сторон.

3. Каким он был в жизни

3.1. Из воспоминаний Л.Д.Михеева и Е.П.Орлова

В повседневной жизни Олег Юрьевич был весьма основательным человеком. Любое дело он тщательно продумывал и всегда находил оригинальное и оптимальное решение. Несмотря на такую основательность, он был легким на искрометную шутку, обладал непревзойдённым чувством юмора, тонким и необычайно метким. Он мог разыгрывать шутливые сцены, очень точно подбирать слова и интонацию рассказывая анекдоты, что свидетельствовало о его артистическом таланте.

Он всегда говорил правду в глаза, но, обладая уникальным чувством юмора, ему удавалось представить её в таком виде, что она не обижала человека, а позволяла ему взглянуть на себя со стороны и тоже улыбнуться. Помним такой случай. По какому-то поводу Олег Юрьевич должен был написать характеристику Дмитрию Васильевичу Ковалевскому, который был в те времена зам. Николая Геннадиевича Басова по хозяйственной части и был, кстати, прекрасным администратором. В этой характеристике перед стандартной фразой – пользуется заслуженным авторитетом – Олег Юрьевич поставил словечко – умело. И это было правдой. Однако когда Дмитрий Васильевич прочитал характеристику, он долго хохотал своим раскатистым басом. И хотя формулировка «умело пользуется заслуженным авторитетом» не вошла в окончательный вариант характеристики, она ушла за пределы института, и вернулась назад, «забыв» своего автора.

Надо сказать, что Олегу Юрьевичу вообще была свойственна афористичность, и многие его к месту сказанные слова не без помощи друзей и коллег ушли в самостоятельную жизнь.

Он был честным, принципиальным и равнодушным человеком и умел добиваться справедливости. Одно время, автобусы, которые привозили на работу и увозили домой сотрудников, работающих в московской части ФИАН, но

проживающих в Троицке, стали уезжать раньше назначенного времени и сотрудникам приходилось добираться домой на общественном транспорте, что занимало немало времени и чувствительно ударило по семейному бюджету. Водители же на этом нечестно наживались, подсаживая в пустой автобус левых пассажиров. Олег Юрьевич, будучи членом Народного контроля ФИАН, взялся за восстановление справедливости, и ему удалось это сделать, несмотря на равнодушие и попустительство некоторых ответственных лиц из администрации Института.

Помнится также случай с молоком, которое выдаётся сотрудникам, работающим во вредных условиях. В некоторый момент вместо молока стали выдавать сгущенное молоко с сахаром. Олег Юрьевич сразу оценил опасность повышенной заболеваемости диабетом. Как случалось много раз, он и в этот раз нашёл оригинальный способ восстановить справедливость. Вместо того чтобы писать докладные в разные инстанции, он просто написал заявление об отказе получать такое молоко. И это мгновенно отрезвило людей, ответственных за обеспечение сотрудников молоком, так как, если бы всё осталось без изменений, то такой отказ привлёк бы внимание различных вышестоящих инстанций, и за факт незаконной замены пришлось бы отвечать. Своим отказом, мы уверены, он спас многих сотрудников от заболевания диабетом. Он, вообще, проявлял большую заботу о сохранении здоровья работавших с ним сотрудников, делая всё, чтобы создать безопасные условия труда. Он отличался заботливостью и участием в судьбе других, которая выходила далеко за рамки его семьи.

Олег Юрьевич был очень талантливым и изобретательным человеком во многих областях деятельности. Он был прекрасным конструктором и разработал множество полезных устройств и приспособлений. И, наверное, был бы прекрасным архитектором, если бы выбрал этот род деятельности – стоит взглянуть на дом на его дачном участке, который он сам спроектировал. Он также, наверняка, был бы замечательным селекционером – стоит только вспомнить, например, что он выращивал на участке до 70 сортов томатов и перцев! Он любил читать фантастику и слушать музыку.

Блистательный экспериментатор, прекрасно владеющий фундаментальными знаниями в области оптики, он глубоко вникал в технологические процессы изготовления оптических элементов, используемых при проведении экспериментов, что позволяло ему руководить процессом их изготовления и контроля, чтобы получить нужное качество оптики, без которого трудно было бы рассчитывать на получения требуемых результатов. Более того, самостоятельно на фи-

лигранном уровне выполнял многие механические работы и доводку устройств точной механики.

Несмотря на все свои научные достижения мирового уровня, был чрезвычайно скромн, старался оставаться в тени, всегда смущался, когда в его присутствии речь заходила о его заслугах, и сводил все к шутке.

Он так и не написал докторскую диссертацию, потому что всегда был переполнен новыми идеями и стремлением как можно скорее их реализовать.

3.2. Из воспоминаний И.М. Сизовой

Как всякий талантливый человек, Олег Юрьевич был талантлив во всем. Ему всё было интересно. Любая, даже незначительная и частная техническая проблема будила его воображение. И нередко рождались нестандартные, а подчас остроумные решения. Порой было жалко, что все заканчивается советом конкретному лицу и недоступно остальным, ну хотя бы как в свое время в известной рубрике «Маленькие хитрости» в журнале «Наука и жизнь».

Нам, его сотрудникам и сослуживцам, нередко приходилось обращаться к нему за «технической поддержкой» и в случаях разных затруднений по работе и «для дома, для семьи». Эрудиция у него была необыкновенная. Вспоминается, как однажды ему позвонил один его бывший сотрудник по Лаборатории фотохимических процессов, давно и успешно работавший в США, чтобы проконсультироваться о клеях. Он, компьютерный специалист, предпочел искать справку не в Интернете, а позвонить с другого конца света Олегу Юрьевичу.

Однажды для общественного колодца на территории дачных участков Олег Юрьевич, проанализировав принцип работы замка, выточил из болванки фактически по памяти сложный ключ, который подошел без подгонки и оказался лучше, чем оригинал.

У меня, его сотрудницы, тоже в копилке хранится немало реализаций его советов. Вспоминается один характерный случай. Дело было в начале 90-х годов. Тогда мало что можно было купить или починить. Сломался замок у зонтика. С ходу самой отремонтировать не удалось. Коллеги дружно послали к Носачу – он обязательно придумает, как сделать самым простым и быстрым способом. Так и случилось. Олег Юрьевич улыбнулся своей на редкость обаятельной улыбкой и сказал, что совет так прост, что я с помощью проволоки в пять минут все сделаю сама. Сделала. Прошло несколько лет. Цены отпустили. Мастерские в стране заработали. У зонтика сломалась спица, пришлось все-таки сдавать в ремонт. Работник в мастерской назвал цену – 40 рублей, потом повертел зонт в

руках, увидел починенный замок и спросил: «Сама додумалась?» Я честно сказала, что начальник посоветовал. — «Ну, тогда 30 рублей!». Такая вот реакция простого работника, сумевшего оценить смекалку.

Основные научные работы О.Ю.Носача

1. Аржанов В.П., Борович Б.Л., Зуев В.С., Казанский В.М., Катулин В.А., Кириллов Г.А., Кормер С.Б., Куратов Ю.В., Куряпин А.И., Носач О.Ю., Сеницын М.В., Стойлов Ю.Ю. Йодный лазер с накачкой светом фронта ударной волны, создаваемой взрывом взрывчатого вещества. – Квантовая электроника, 1992, Т.19, №2, С.135-138. Результаты получены в 1965 – 1966 г.г. Отчёт ФИАН, 1966 г.
2. Носач О.Ю., Рагульский В.В.. О возможности использования вынужденного рассеяния для получения остронаправленного излучения в лазерных системах с меняющимся показателем преломления рабочей среды. – Оптика и спектроскопия. 1998, Т.85, №6, С.999 – 1000. Отчёт ФИАН от 28.12.1971 г.
3. Носач О.Ю., Поповичев В.И., Рагульский В.В., Файзуллов Ф.С.. Компенсация искажений в усиливающей среде с помощью «бриллюэновского зеркала». – Письма в ЖЭТФ, 1972, Т.15, №6, С.363.
4. Зуев В.С., Катулин В.А., Носач В.Ю., Носач О.Ю. Исследование спектра люминесценции атомарного йода (лазерный переход $^2P_{1/2} \rightarrow ^2P_{3/2}$). – ЖЭТФ, 1972, Т.62, вып.5, С.1674.
5. Голубев Л.Е., Зуев В.С., Катулин В.А., Носач В.Ю., Носач О.Ю. Исследование оптических неоднородностей, возникающих в рабочей среде фотодиссоционных лазеров (фд-лазеров) во время генерации. – Сб. Квантовая электроника под ред. Н.Г.Басова, 1973, 6 (18), С.23.
6. Басов Н.Г., Голубев Л.Е., Зуев В.С., Катулин В.А., Нетёмин В.Н., Носач В.Ю., Носач О.Ю., Петров А.Л. Йодный лазер коротких импульсов с энергией 50 Дж и длительностью 5 нс. – Сб. Квантовая электроника под ред. Н.Г.Басова, 1973, 6 (18), С.116.
7. Антонов А.В., Басов Н.Г., Зуев В.С., Катулин В.А., Корольков К.С., Михайлов Г.В., Нетёмин В.Н., Николаев Ф.А., Носач В.Ю., Носач О.Ю., Петров А.Л., Шелоболин А.В. Усилитель для йодного лазера коротких импульсов с запасённой энергией более 700 Дж. – Квантовая электроника, 1975, Т.2, №1, С.151.
8. Борович Б.Л., Зуев В.С., Катулин В.А., Носач В.Ю., Носач О.Ю., Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю. Характеристики усилителя йодного лазера коротких импульсов. – Квантовая электроника, 1975, Т.2, №6, С.1282.

9. Носач О.Ю., Орлов Е.П. Особенности формирования углового спектра излучения генерации йодного лазера. Квантовая электроника, 1976, Т.3, №7, С.1423-1435.
10. Зуев В.С., Корольков К.С., Нетемин В.Н., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Исследование изменения показателя преломления в активной среде лазера методом оптической задержки с использованием его собственного излучения. – Квантовая электроника, 1976, Т.3, №11, С.2434-2445.
11. Носач О.Ю., Орлов Е.П. Отчет по спецтеме. Москва, ФИАН, 1976, ин.№3, Ф-5046.
12. Басов Н.Г., Зуев В.С., Катулин В.А., Носач В.Ю., Носач О.Ю., Орлов Е.П., Петров А.Л. Generation of short pulses and angular spectrum of radiation of the iodine laser. III Internationale Tagung "Laser und ihre Anwendungen", (Dresden-DDR, 1977): abstracts. – Dresden, ZOS, S.52-54.
13. Носач О.Ю., Орлов Е.П. О соотношении между степенью пространственной когерентности поля и дисперсией волновых векторов лазерного излучения. Квантовая электроника, 1978, Т.5, №7, С.1559-1566.
14. Борович Б.Л., Зуев В.С., Катулин В.А., Михеев Л.Д., Николаев Ф.А., Розанов В.Б. Сильноточные излучающие разряды и газовые лазеры с оптической накачкой. – Итоги науки и техники, серия РАДИОТЕХНИКА, Т.15, Москва, 1978.
15. Зельдович Б.Я., Носач О.Ю., Поповичев В.И., Рагульский В.В., Файзуллов Ф.С. Явление обращения волнового фронта света. – Открытие. Диплом № 215. Официальный бюллетень Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий, №40, 30 октября 1979 г. Приоритет открытия от 6 января 1972 г.
16. Носач О.Ю., Орлов Е.П. Внутренние потери в йодных фотодиссоционных лазерах с накачкой ультрафиолетовым излучением открытых электрических разрядов и методика их исследования. – Препринт 7, Москва, ФИАН, 1979.
17. Зуев В.С., Нетёмин В.А., Носач О.Ю. Неустойчивость волнового фронта излучения йодных лазеров и динамика развития оптических неоднородностей в лазерной среде. – Квантовая электроника, 1979, Т.6, №4, С.875 – 878.
18. Носач О.Ю., Орлов Е.П. Уравнения поля излучения генерации в лазерах с рефракционными потерями. – Препринт 19, Москва, ФИАН, 1980.
19. Зуев В.С., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Особенности энергетических характеристик лазеров с рефракционными потерями. – Препринт 94, Москва, ФИАН, 1980.

20. Зуев В.С., Корольков К.С., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Экспериментальное исследование внутренних потерь в йодных лазерах с накачкой УФ излучением открытого сильноточного разряда. – Квантовая электроника, 1980, Т.7, №12, С.2604-2613.
21. Басов Н.Г., Зуев В.С., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Вынужденное рассеяние света в термодинамически неравновесной среде с возбуждением коллективных движений за счет инициируемых светом химических реакций. – Квантовая электроника, 1980, Т.7, №12, С.2614-2620.
22. Зуев В.С., Носач О.Ю., Орлов Е.П. О возможности воздействия на коэффициент усиления энталпийного вынужденного рассеяния света. – Квантовая электроника, 1981, Т.8, №12, С.2699-2703.
23. Басов Н.Г., Зуев В.С., Корольков К.С., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Новый вид вынужденного рассеяния света с возбуждением парциальных колебаний среды за счет энталпии лазероуправляемых процессов. – Известия АН СССР, серия физическая, 1982, Т.46, №8, С.1534-1542.
24. Zuev V.S., Nosach O.Yu., Orlov E.P. Low threshold stimulated scattering in iodine and CO₂ lasers and its effect on the intense laser beams. – Invited paper BB7. Int. conference on Laser's 82 (December, 1982). New Orleans, Louisiana, USA.
25. Носач О.Ю., Орлов Е.П. О влиянии рефракционных потерь на характеристики лазерного излучения. – Квантовая электроника, 1983, Т.10, №5, С.932-943.
26. Зуев В.С., Корольков К.С., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Воздействие лазерного поля на волну неоднородности в активной среде йодного фотодиссоционного лазера. – Квантовая электроника, 1984, Т.11, №7, С.1465-1467.
27. Зуев В.С., Корольков К.С., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Нестационарный режим энталпийного вынужденного рассеяния света на ультразвуке в йодных лазерах. – Квантовая электроника, 1984, Т.11, №9, С.1737-1749.
28. Корольков К.С., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Относительная устойчивость рабочих смесей йодных фотодиссоционных лазеров к развитию энталпийного вынужденного рассеяния. – Квантовая электроника, 1985, Т.12, №1, С.124-126.
29. Зуев В.С., Корольков К.С., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Инерционные нелинейные процессы в лазерных средах и их влияние на мощные лазерные пучки. – Известия АН СССР, серия физическая, 1986, Т.50, №4, С.765-772.
30. Зуев В.С., Корольков К.С., Крылов А.Ю., Носач О.Ю., Поскачеев А.Ю. Интерферометрическое измерение поглощения излучения йодного лазера в атмосфере. – Квантовая электроника, 1988, Т.15, № 10, С.1959-1966.

31. *Корольков К.С., Крылов А.Ю., Носач О.Ю., Орлов Е.П.* Измерение коэффициента усиления энталпийного ВР в активной среде йодного фотодиссоционного лазера. – Квантовая электроника, 1990, Т.17, №7, С.876-881.
32. *Казанский В.М., Кочкин В.А., Кутаев Ю.Ф., Нетёмин В.Н., Носач О.Ю.* Способ наведения излучения на объект. Патент РФ № 2110079 от 25.09.1991 г. – Изобретения, 1998 (опубликовано 27.04.1998).
33. *Корольков К.С., Крылов А.Ю., Носач О.Ю., Орлов Е.П.* Подавление энталпийного ВР излучения йодного лазера введением в активную среду тушащих примесей. – Квантовая электроника, 1992, Т.19, №3, С.276-277.
34. *Корольков К.С., Крылов А.Ю., Носач О.Ю., Орлов Е.П.* Повышение точности измерения сечения перехода $5^2P_{1/2} \rightarrow 5^2P_{3/2}$ атома йода в фотодиссоционном лазере с использованием динамической самодифракции. – Квантовая электроника, 1992, Т.19, №10, С.984-989.
35. *Носач О.Ю., Орлов Е.П.* Проблема достижения квантового предела приема слабых лазерных импульсов на фоне мощной засветки и возможность ее решения с помощью йодных лазеров. – Препринт 20, Москва, ФИАН, 1994.
36. *Нартов С.С., Носач О.Ю.* Исследование шумов узкополосного квантового усилителя слабых сигналов на базе йодного фотодиссоционного лазера. – Препринт 21, Москва, ФИАН, 1994.
37. *Носач О.Ю., Орлов Е.П., Сизова И.М.* Исследование импульсного фотолиза йодидов по усилению излучения ($\lambda = 1,315$ мкм) в йодных лазерах. – Квантовая электроника. 1995. Т.22. №3. С.397-402.
38. *Носач О.Ю., Орлов Е.П., Сизова И.М.* О возможности экспериментального исследования температурной зависимости сечения перехода $5^2P_{1/2} \rightarrow 5^2P_{3/2}$ атома йода в фотодиссоционном лазере. – Квантовая электроника. 1995. Т.22. №3. С.403 – 407.
39. *Волкова Н.В., Корольков К.С., Крылов А.Ю., Носач О.Ю., Орлов Е.П.* Определение констант скоростей реакций между радикалом CF_3 и радикалами $n-C_3F_7$, $n-C_3F_7O$ по коэффициенту усиления энталпийного вынужденного рассеяния когерентного излучения. – Препринт 42, Москва, ФИАН, 1995.
40. *Волкова Н.В., Носач О.Ю., Орлов Е.П., Сизова И.М.* Способ одновременного определения пары неизвестных констант скоростей химических реакций при ЭВР спектроскопии реагирующих газов. – Препринт 29, Москва, ФИАН, 1996.

41. *Volkova N.V., Nosach O.Yu., Orlov E.P., Sizova I.M.* ESLS spectroscopy of the interacting gases. – Proc.of 12th Symposium and School on High-Resolution Molecular Spectroscopy (1-5 July 1996. St.Petersburg, Russia). SPIE. 1997. V.3090. P.332-336.
42. *Носач О.Ю., Орлов Е.П., Сизова И.М.* О взаимодействии возмущений при опто-хеми-газодинамической неустойчивости в смесях реагирующих газов. – Препринт 67, Москва, ФИАН, 1997.
43. *Земсков Е.М., Казанский В.М., Кутаев Ю.Ф. Манкевич С.К., Носач О.Ю.* Способ спектральной фильтрации оптических сигналов и устройство для его осуществления – активный квантовый фильтр. Патент РФ № 2133533 от 30.09.1997 г. – Изобретения, 1999, №20, С. 480.
44. *Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П.* Способ лазерной локации и устройство для его осуществления. Патент № 2152056 РФ от 23.06.1999 г. – Изобретения, 2000, №18, С.434-435.
45. *Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П.* Лазерное приемное устройство с квантовым пределом чувствительности в ближнем ИК диапазоне. – Квантовая электроника, 2000, Т. 30, № 9, С. 833-838.
46. *Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П.* Патент № 2183841 РФ от 24.01.2001 г. Способ лазерной локации и лазерное локационное устройство для его осуществления. – Изобретения, 2002, №17, С.327-329.
47. *Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П.* Применение йодного активного квантового фильтра для усиления яркости изображений. – Квантовая электроника, 2001, Т.31, №5, С.419-420.
48. *Ахменеев А.Д., Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П., Хишев А.А.* Патент № 2191406 РФ от 19.06.2001 г. Способ доставки излучения на движущийся объект и устройство для его осуществления. – Изобретения, 2002, № 29, С.400-402.
49. *Носач О.Ю., Орлов Е.П., Сизова И.М.* Способ повышения чувствительности лазерного приемного устройства при приеме сигналов микросекундного диапазона. – Отчет по этапу №1 договора №94/02 от 14.01.02 г. Утвержден 31.10.2002 г.
50. *Kutaev Yu.F., Mankevich S.K., Nosach O.Yu., Orlov E.P.* Noise immunity of a laser receiver with an iodine active quantum filter. – Journal of Russian Laser Research, 2002, V.23, No.3, P.235.

51. Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Влияние мощной фоновой засветки на чувствительность ЛПУ с йодным активным квантовым фильтром. – Квантовая электроника, 2002, Т. 32, № 4, С. 349-356.
52. Носач О.Ю., Орлов Е.П., Сизова И.М. Анализ влияния динамических оптических неоднородностей на силу излучения в ВФДЛ с ОВФ. – Отчет по договору № 60/03 от 14.01.03. Утвержд. 10.10.2003 г.
53. Носач О.Ю., Орлов Е.П., Сизова И.М. Разработка методов динамического контроля стабильности усиления слабых сигналов в активном квантовом фильтре. – Отчет по договору № 11/04 от 05.01.2004 г. Шифр «Наст-04ф». Утвержд. 18.10.2004 г.
54. Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Способ лазерной локации и локационное устройство для его осуществления. Патент № 2249234 РФ от 08.08.2003 г. – Изобретения, 2005, №9, С.1106-1107.
55. Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Способ определения характеристик лазерной среды. Патент № 2248555 РФ от 20.10.2003 г. – Изобретения, 2005, №8, С.490-491.
56. Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Лазерный переход $^2P_{1/2} \rightarrow ^2P_{3/2}$ атомарного йода и проблема поиска сигналов внеземных цивилизаций. – Квантовая электроника. 2007. Т. 37, № 7, С. 685 –690.
57. Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Способ поиска и приёма сигналов лазерной космической связи и лазерное приёмное устройство для его осуществления. Патент № 2337379 РФ от 15.01.2007 г. – Изобретения, 2008, №30; Способ поиска и приёма сигналов внеземных цивилизаций и лазерное приёмное устройство для его осуществления. – Заявка: 2007100751/28, 15.01.2007.
58. Носач О.Ю., Орлов Е.П., Сизова И.М. Оптимизация и сопряжение конструктивных элементов лазерного локатора с активным квантовым фильтром. – Препринт 11, Москва, ФИАН, 2007.
59. Носач О.Ю., Орлов Е.П. Контроль фигуры сегментированного зеркала оптического телескопа с помощью плавающего эталона. – Препринт 9, Москва, ФИАН, 2009. (Отчет по спецтеме. Москва, ФИАН, 1976, ин.№3, Ф-5046.)
60. Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Помехоустойчивые лазерные приёмопередающие устройства с квантовым пределом чувствительности. – Квантовая электроника. 2009. Т. 39, № 11, С. 1008 –1017.
61. Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П. Идеальная приёмопередающая пара на основе йодного фотодиссоционного лазера. – Лазерно-

оптические системы и технологии. Юбилейный научно-технический сборник. ФГУП “НПО Астрофизика”. Москва. 2009. С.114 – 128.

62. *Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П.* Способ лазерной космической связи и комплекс для его осуществления. Патент № 2380834 от 23.06.2008 г. – Изобретения 2010, №3.
63. *Kutaev Yu.F., Mankevich S.K., Nosach O.Yu., Orlov E.P.* Laser transition in atomic iodine for passive and active SETI. – *Acta Astronautica*, 2010, V.67, Numbers 11-12, P.1384 – 1390.
64. *Кутаев Ю.Ф., Манкевич С.К., Носач О.Ю., Орлов Е.П.* Лазерная локация, космическая связь и поиск сигналов внеземных цивилизаций на длине волны излучения йодного фотодиссоционного лазера – 1,315 мкм. – *Оптический журнал*, 2011, Т. 78, № 2, С.14 – 25.
65. *Носач О, Манкевич С, Орлов Е.* Лазерная локация и космическая связь на йодных лазерах (анализ, реализация, перспективы). – LAP LAMBERT Academic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co. KG, Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland, 2015, 217 с.

Список цитируемой литературы

66. *Раутиан С.Г., Собельман И.И.* Фотодиссоциация молекул как способ получения среды с отрицательным коэффициентом поглощения. – *ЖЭТФ*, 1961, Т.41, С.2018 – 2020.
67. *Зуев В.С.* Фотодиссоционный лазер с накачкой ударной и тепловой волнами. – Препринт 161. Москва, ФИАН, 1990. – 69 с.
68. *Зуев В.С., Катулин В.А.* Научные основы мощных фотодиссоционных лазеров (из научной истории 60-х гг. Отделения квантовой радиофизики Физического института им. П.Н. Лебедева). – *Квантовая электроника*, 1997, Т.24, № 12, С.1105 – 1113.
69. *Зельдович Б.Я., Поповичев В.И., Рагульский В.В., Файзуллов Ф.С.* О связи между волновыми фронтами отражённого и возбуждающего света при вынужденном рассеянии Мандельштама-Бриллюэна. – *Письма в ЖЭТФ*, 1972, Т.15, вып.3, С.160 – 164.
70. *Анненков В.И., Багрецов В.А., Безуглов В.Г. и др.* Импульсный лазер мощностью 120 ТВт «Искра-5». – *Квантовая электроника*, 1991, Т.18, №5, С.536 – 537.

71. *Hemmati H., Biswas A. and Boroson Don M.* Prospects for improvement of interplanetary laser communication data rates by 30 dB. – Proc.IEEE, 2007, V.95, No.10, P.2082 – 2091.
72. *Baumhacker H., Brederlow G., Fill E., Volk R., Witkowski S., Witte K.J.* Status of the Asterix IV iodine laser. – Czechoslovak Journal of Physics, 1991, V.41, No.3, P. 272-276.
73. *Авторы те же.* Layout and performance of the Asterix IV iodine laser at MPQ, Garching. – Applied Physics B, 1995, V.61, Issue 4, P.325-332.
74. *Fill E.E., Thieme W.H. and Volk R.* A tunable iodine laser. – J. Phys. D: Appl. Phys., 1979, V.12, P.41-45.
75. *Теребиж В.Ю.* Современные оптические телескопы. – М.: Физматлит, 2005. 80 с.
76. <http://www.krugozors.ru/krupnejshie-teleskopy-mira.html>
77. *Кутаев Ю.Ф, Манкевич С.К., Орлов Е.П.* Длина волны лазерного перехода $^2P_{1/2} \rightarrow ^2P_{3/2}$ атома йода как репер для поиска сигналов внеземных цивилизаций. – Вестник SETI. 2008, № 13/30. С.12 – 31.
78. *Позднеев С.А.* Применение квантовой теории рассеяния для расчетов различных процессов ядерной, атомной и молекулярной физики. – М., Янус-К, 2001. 412 с.
79. *Ефимов В.Н.* Слабосвязанные состояния трёх резонансно взаимодействующих частиц – Ядерная физика, 1970, Т. 12, вып. 5; *Efimov V.* Energy levels arising from resonant two-body forces in a three-body system. - Physics Letters B, 1970, v. 33, N 8.
80. *Kraemer T., Mark M., Waldburger P., Danzl J. G., Chin C., Engeser B., Lange A. D., Pilch K., Jaakkola A., Nägerl H.-C., Grimm R.* Evidence for Efimov quantum states in an ultracold gas of caesium atoms. – Nature. 2006. Т. 440 (7082). DOI:10.1038/nature04626. – arXiv: cond-mat/0512394.
81. *Мухеев Л.Д.* Фотохимические лазеры на электронных переходах молекул. – Квантовая электроника, 2002, Т.32, С.1122 – 1132. Zuev V.S.and Mikheev L.D. Photochemical Lasers. – Harwood Academic Publishers, 1991.

Сергей Константинович Манкевич
Леонид Дмитриевич Михеев
Евгений Прохорович Орлов
Сергей Алексеевич Позднев
Ирина Михайловна Сизова

Научное наследие О.Ю. Носача и штрихи к портрету

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Тираж 140 экз. Заказ №59. П.л.3
Отпечатано с оригинал-макета заказчика в типографии РИИС ФИАН
119991 Москва, Ленинский проспект 53