

77-300



ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

Никогосян Давид Николаевич

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИК ИЗЛУЧЕНИЯ
В ВИДИМЫЙ ДИАПАЗОН

(01.04.03. - Радиофизика, включая квантовую радиофизику)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА · 1976

Работа выполнена в Институте спектроскопии АН СССР
Научный руководитель: доктор физико-математических
наук П.Г.Кривош.

Официальные оппоненты: доктор химических наук
И.С.Рез,

кандидат физико-математических
наук, доцент Э.С.Воронин.

Ведущее предприятие указано решением Ученого Совета.

Защита диссертации состоится " " 1977г
в часов в аудитории на заседании специализи-
рованного совета К-13/49 № I отделения Радиофизики в
Московском Государственном Университете (П17234, Москва
В-234, физический факультет МГУ, ученому секретарю спе-
циализированного совета № I-отделения Радиофизики).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
физического факультета МГУ.

Автореферат разослан " " 1977г.

Ученый секретарь
специализированного совета № I
отделения Радиофизики в Московском
Государственном Университете
кандидат физико-математических наук
доцент

Е.Р.Мустель



Цель работы - экспериментальное исследование нового
метода регистрации ИК излучения путем нелинейного преобра-
зования в видимый диапазон в кристаллах $LiNbO_3$ и Ag_3AsS_3 .

Защищаемые положения

1. Нелинейное преобразование ИК излучения в видимый диапа-
зон - "ап-конверсия" - может использоваться для чувст-
вительной регистрации ИК излучения со спектральным раз-
решением.
2. Эффективность нелинейного преобразования ИК излучения
в видимый диапазон в прустите может ограничиваться за
счет эффектов теплового самовоздействия.
3. Нелинейное преобразование ИК сигнала с последующим де-
тектированием малоинерционными приемниками видимого ди-
апазона можно использовать для регистрации лазерного ИК
излучения с высоким временным разрешением.

Основные научные результаты

1. Экспериментально реализована и исследована ап-конверсия
излучения маломощного широкополосного некогерентного ИК
источника со спектральным разрешением в кристалле $LiNbO_3$.
2. Предложен и теоретически исследован метод регистрации
спектров КР в ИК диапазоне с помощью ап-конверсии.
3. Разработан лазерно-рентгеновский метод ориентации моно-
кристаллов прустита.
4. Экспериментально исследована ап-конверсия излучения CO_2
лазера в прустите. Показано, что эффекты теплового са-
мовоздействия приводят к насыщению КПД преобразования в
видимый диапазон.

5. С помощью ап-конверсии в прустите зарегистрирована временная структура импульса излучения CO_2 лазера высокого давления. Предложен и экспериментально исследован метод регистрации ИК излучения с пикосекундным временным разрешением на основе "перпендикулярной" ап-конверсии.

Практическая применимость

Результаты, полученные в настоящей диссертации, могут быть эффективно использованы при разработке нелинейных преобразователей частоты для регистрации ИК излучения со спектральным и временным разрешением, а также для целей чувствительного ИК приема.

На разработанный в диссертации лазерно-рентгеновский метод ориентации нелинейных одноосных монокристаллов получено авторское свидетельство № 521819, которое внедрено в производство на Рачинском горно-металлургическом комбинате (Груз.ССР).

Актуальность проблемы

Бурное развитие нелинейной оптики и физики лазеров привело к появлению принципиально нового метода регистрации ИК излучения путем нелинейного преобразования в видимый диапазон. Как известно, существующие ИК приемники по сравнению с приемниками видимого диапазона обладают как правило меньшей чувствительностью, более инерционны и требуют обычно для работы глубокого охлаждения ($4^\circ\text{K} + 77^\circ\text{K}$). Поэтому во многих случаях для регистрации ИК излучения целесообразно преобразование его в видимый диапазон с последующим детектированием приемниками видимого диапазона /1,2/.

Нелинейное преобразование регистрируемого излучения вверх по частоте ("up-conversion" или ап-конверсия) происходит в нелинейном кристалле при смешении ИК излучения с достаточно мощным лазерным излучением накачки и выполнении соответствующих условий синхронизма. В основе эффекта ап-конверсии лежит трехчастотное нелинейное взаимодействие световых волн с образованием излучения на суммарной (или разностной) частоте в видимой области спектра /3,4/.

Основные достоинства регистрации ИК излучения с помощью ап-конверсии - высокая чувствительность, малая инерционность, способность работы без глубокого охлаждения - обуславливаются соответствующими свойствами приемников видимого диапазона, применяемых для регистрации преобразованного в видимый диапазон излучения. Другие преимущества метода, такие как возможность регистрации ИК излучения с высоким спектральным и пространственным разрешением, связаны со спецификой нелинейного преобразования в видимый диапазон.

Вышеназванные достоинства метода регистрации ИК излучения на основе ап-конверсии обуславливают его успешное использование в различных областях науки и техники, таких как молекулярная спектроскопия, оптическая локация, ИК фотография, инфракрасная астрономия и т.д.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и приложения.

Первая глава посвящена исследованию нелинейного преобразования некогерентного ИК излучения в кристаллах LiNbO_3
2.2799

и $LiIO_3$. Во второй главе исследуется эффективность нелинейного преобразования излучения CO_2 лазера в видимый диапазон в кристалле прустита. Третья глава посвящена исследованию возможности применения ап-конверсии для регистрации ИК излучения с высоким временным разрешением. В заключении диссертации сформулированы основные результаты. В приложении приведены результаты расчета перестроечных характеристик нелинейных преобразователей частоты, используемых кристаллы $LiNbO_3$, $LiIO_3$ и Ag_3AsS_3 .

Перейдем к краткому изложению содержания диссертации по главам.

Во введении диссертации дан литературный обзор проблемы нелинейного преобразования ИК излучения в видимый диапазон со спектральным и временным разрешением, а также для целей чувствительного ИК приема, изложены постановка задачи и краткая аннотация содержания диссертации.

Глава I. "Исследование ап-конверсии некогерентного ИК излучения со спектральным разрешением"

Первая глава посвящена исследованию ап-конверсии маломощного некогерентного ИК излучения ($\lambda = 1,3 \text{ мкм} + 3,4 \text{ мкм}$) со спектральным разрешением в кристаллах $LiNbO_3$ и $LiIO_3$.

С целью экспериментальной реализации ап-конверсии излучения маломощного широкополосного ИК источника (глобара) нами был проведен эксперимент, описанный в § I. Преимущество широкополосного ИК источника заключается в том, что условие фазового синхронизма всегда автоматически выпол-

няется для какой-нибудь длины волны ИК излучения. В качестве нелинейного материала использовался кристалл ниобата лития с 90° ориентацией, который поддерживался при температуре $41,6^\circ C$. В качестве излучения накачки использовалось излучение непрерывного аргонового лазера ($\lambda = 0,488 \text{ мкм}$). Экспериментально зарегистрированный сигнал представлял собой полосу вблизи $\lambda = 4065 \text{ \AA}$ шириной около 42 см^{-1} , что соответствовало преобразованию ИК излучения в районе $2,43 \text{ мкм} + 2,45 \text{ мкм}$.

В § 2 описан эксперимент по применению ап-конверсии излучения широкополосного ИК источника для создания макета нелинейного абсорбционного ИК спектрометра. Идея нелинейного ИК спектрометра заключается в преобразовании в видимый диапазон излучения широкополосного ИК источника, проходящего через кювету с исследуемым веществом. Перестройка по спектру осуществляется перестройкой условий синхронизма путем измерения температуры кристалла.

Необходимость повышения уровня преобразованного сигнала на суммарной частоте потребовала создания аргонового лазера с выходной мощностью порядка нескольких ватт. Описаны его конструкция и параметры излучения. Для повышения стабильности частоты преобразуемого излучения сконструировано устройство, обеспечивающее нагрев кристалла и поддержание его заданной температуры с точностью $0,04^\circ C$ в диапазоне от $170^\circ C$ до $250^\circ C$. Чувствительность системы, регистрирующей преобразованный сигнал, составляла 10^{-15} вт .

Исследованы спектральные характеристики созданного

макета абсорбционного ИК спектрометра. При изменении температуры кристалла от 170°C до 250°C ИК спектрометр перестраивался в диапазоне $2,8 \text{ мкм} + 3,2 \text{ мкм}$. Ширина полосы преобразуемого ИК спектра составляла $14,5 \text{ см}^{-1}$ и отличалась от теоретического значения $1,9 \text{ см}^{-1}$ ввиду оптической неоднородности применяемого кристалла. Предельное спектральное разрешение макета нелинейного ИК спектрометра определялось разрешением конкретного спектрального прибора, используемого для выделения преобразованного сигнала на фоне излучения накачки. Для демонстрации возможности чувствительной регистрации слабого ИК излучения ($\sim 10^{-10} \text{ Вт}$) со спектральным разрешением прописана линия поглощения газообразного аммиака вблизи $\lambda = 2,88 \text{ мкм}$ с разрешением $2,8 \text{ см}^{-1}$, при этом в качестве спектрального прибора в видимом диапазоне использовался монохроматор ИСП-51.

Дальнейшее улучшение спектрального разрешения макета нелинейного ИК спектрометра возможно при использовании в качестве монохроматора для преобразованного излучения прибора с более высоким разрешением, например сканирующего интерферометра Фабри-Перо. При этом необходимо, чтобы полная ширина преобразуемого ИК спектра не превышала области дисперсии эталона. В противном случае следует уменьшать ширину полосы преобразуемого ИК спектра.

С целью сужения спектральной ширины процесса ап-конверсии был произведен отбор оптически однородных кристаллов ниобата лития по генерации второй гармоники Ne-Ne лазера /5/, описанный в § 3. Для дальнейших исследований были ото-

браны два кристалла с единственным пиком кривой зависимости мощности второй гармоники от температуры. Для максимального сужения ширины преобразуемого ИК спектра была также значительно уменьшена расходимость взаимодействующих волн.

Для определения спектральной ширины процесса ап-конверсии нами измерялась ширина аппаратной функции нелинейного ИК спектрометра, использующего отобранные кристаллы. Аппаратная функция нелинейного ИК спектрометра представляет собой свертку аппаратных функций монохроматора ИСП-51 и процесса ап-конверсии. Для определения спектральной ширины процесса ап-конверсии $\Delta\nu$ производилась операция, обратная свертке, в предположении, что искомая функция имеет треугольную форму /6/. Полученные значения для двух кристаллов длиной $14,5 \text{ мм}$ и $10,3 \text{ мм}$ составили $3,6 \text{ см}^{-1}$ и $2,6 \text{ см}^{-1}$ соответственно. Выведены теоретические соотношения, описывающие верхний и нижний пределы для спектральной ширины процесса ап-конверсии излучения широкополосного ИК источника.

Диапазон перестройки ИК спектрометра, использующего отобранные кристаллы, составляет $2,4 \text{ мкм} + 3,4 \text{ мкм}$. Измеренные значения квантовой эффективности процесса ап-конверсии составляют $2,9 \cdot 10^{-4}$ и $1,4 \cdot 10^{-4}$ для двух кристаллов соответственно и согласуются с теоретическими.

Получена оценка пороговой чувствительности нелинейного преобразователя частоты при регистрации преобразованного сигнала с помощью ФЭУ. Показано, что в рассматриваемом случае пороговая чувствительность нелинейного пре-

образователя целиком определяется темновыми шумами ФЭУ, пересчитанными на вход системы. Полученная оценка составляет $6 \cdot 10^{-13}$ Вт/Гц², что на порядок превышает чувствительность лучшего в этой области спектра ИК приемника прямого детектирования на основе *PbS*. Таким образом, проведенные эксперименты показали, что метод ап-конверсии может быть применен для чувствительной регистрации ИК излучения со спектральным разрешением, что важно, например, для ряда задач ИК астрономии.

Другим применением ап-конверсии некогерентного ИК излучения является регистрация спектров комбинационного рассеяния в ИК диапазоне. Как известно, существует обширный круг объектов, непрозрачных в видимой части спектра; вследствие чего исследование их с помощью спектроскопии КР возможно лишь в ИК диапазоне. В § 4 теоретически исследуется метод регистрации спектров КР, возбуждаемых излучением *Nd:YAG* лазера ($\lambda = 1,312$ мкм) с помощью ап-конверсии в видимый диапазон при накачке излучением другого *Nd:YAG* лазера ($\lambda = 1,064$ мкм) в кристалле иодата лития. Расчет проведен для случая минимальной ширины преобразуемого ИК спектра, соответствующей коллинеарному взаимодействию плоских волн. Этим обеспечивается значительное подавление рассеянного излучения на частоте возбуждающей линии в процессе преобразования в видимый диапазон.

Проведенный расчет показал, что при реальных предположениях относительно условий эксперимента отношение сигнала к шуму на выходе системы в случае регистрации спек-

ров КР в азоте составляет $7,5 \cdot 10^2$ за время наблюдения 1 сек. Таким образом, предлагаемый метод может быть с успехом использован для регистрации спектров КР в газах в ИК диапазоне.

Глава II. "Исследование эффективности ап-конверсии излучения CO_2 лазера в прустите"

Данная глава посвящена исследованию эффективности нелинейного преобразования излучения CO_2 лазера в видимый диапазон с целью создания чувствительного приемника лазерного ИК излучения на основе ап-конверсии на область длин волн вблизи 10,6 мкм, где как известно, имеется окно прозрачности атмосферы. Используемые в предыдущих экспериментах нелинейные кристаллы LiNbO_3 и LiIO_3 не могут применяться для ап-конверсии излучения с $\lambda = 10,6$ мкм, ибо они непрозрачны в этой области спектра. Нами для этой цели использовался кристалл прустит Ag_3AsS_3 , прозрачный в области 0,6 мкм + 13 мкм. По сравнению с использованными выше кристаллами LiNbO_3 и LiIO_3 , прустит обладает тем существенным недостатком, что ориентация его оптической оси в кристаллической буле совершенно произвольна, что сильно затрудняет как правильный вырез нелинейного кристалла в направлении синхронизма, так и определение его нелинейности в направлении выреза.

В § I второй главы излагается лазерно-рентгеновский метод ориентации нелинейных одноосных монокристаллов, позволяющий существенно ускорить (в 10-20 раз) процесс ори-

ентации кристаллов прустита. Сущность предлагаемого метода состоит в определении направления оптической оси лазерным методом и последующего нахождения одной из двух других осей рентгеновским методом. Предположенный метод внедрен в производство на Рачинском горно-металлургическом комбинате.

Другим существенным недостатком прустита в рассматриваемом случае является наличие поглощения на длинах волн накачки и ИК сигнала. Это приводит к локальному нагреву нелинейного кристалла и к ограничению эффективности нелинейных процессов за счет эффектов теплового самовоздействия.

В § 2 исследуются эффекты теплового самовоздействия и их влияние на эффективность преобразования в видимый диапазон. Исследования проводились для процесса генерации второй гармоники, являющегося частным случаем процесса генерации суммарной частоты. В случае накачки непрерывным излучением CO_2 лазера наблюдалось насыщение КПД преобразования при мощностях накачки, больших 0,4 Вт, связанное с возникновением тепловой самофокусировкой. Максимально достигнутый КПД преобразования 10^{-6} . В случае импульсной накачки КПД преобразования вначале линейно растет с ростом плотности мощности накачки, потом происходит резкое падение КПД преобразования, КПД насыщается и остается постоянным вплоть до разрушения кристалла. Максимально достигнутый КПД в импульсном режиме - 2,2%. Наблюдаемое поведение КПД преобразования объясняется изменением расходимости лазерного луча из-за теплового самовоздействия (эффект

"наведенной расходимости"). Развита теория, согласующаяся с полученными экспериментальными данными и позволяющая оценить пороги возникновения насыщающих эффектов в случае лазерного излучения на других длинах волн.

§ 3 посвящен экспериментальному исследованию процесса ап-конверсии излучения CO_2 лазера в прустите при накачке излучением криптонового ионного лазера ($\lambda = 0,6764$ мкм). С целью минимизации ширины преобразуемого ИК спектра в эксперименте применялось коллинеарное взаимодействие плоских волн. Измеренное значение спектральной ширины процесса ап-конверсии составляет $11,7 \text{ см}^{-1}$. Полученное значение для квантовой эффективности преобразования, измеренное при мощности накачки, меньшей порога тепловой самофокусировки, составляет $6,6 \cdot 10^{-9}$ и хорошо согласуется с теорией.

В § 4 второй главы описан эксперимент по ап-конверсии излучения CO_2 лазера в прустите в случае мощной накачки пикосекундными импульсами рубинового лазера. Эффект "наведенной расходимости" в этом случае отсутствует, а наблюдаемое насыщение КПД преобразования объясняется двухфотонным поглощением на длине волны накачки. Максимально достигнутое значение квантовой эффективности преобразования в видимый диапазон составляет 10,7%.

Далее с учетом экспериментальных результатов проведена экстраполяция значения квантовой эффективности ап-конверсии, полученного в случае непрерывной накачки на реальном кристалле прустита, на случай оптимальной импульсной накачки. Пиковая мощность накачки при этом выбирается ни-

же пороговой для эффекта "наведенной расходимости", а средняя мощность — меньше критической мощности тепловой самофокусировки. С учетом полученного значения для квантовой эффективности $1,2 \cdot 10^{-2}$ находится пороговая чувствительность нелинейного преобразователя частоты в предположении, что тепловое фоновое излучение делится поровну между фоновым излучением и окружающей среды и тепловыми шумами, возникающими внутри нелинейного кристалла /7/. Полученная оценка для пороговой чувствительности нелинейного преобразователя частоты CO_2 лазера, достижимой на реальном кристалле прустита в случае оптимальной импульсной накачки, составляет $1,4 \cdot 10^{-13}$ Вт/Гц $^{\frac{1}{2}}$, что более чем на два порядка превышает пороговую чувствительность охлаждаемого ИК приемника прямого детектирования на основе $\text{Ge} : \text{Si}$ в области спектра вблизи 10,6 мкм.

Глава III. "Исследование возможности применения ап-конверсии для регистрации ИК излучения с высоким временным разрешением"

Третья глава посвящена исследованию возможности регистрации временной структуры импульса излучения CO_2 лазера с помощью ап-конверсии в прустите. Как известно, быстроедействие процесса ап-конверсии связано со временем релаксации электронной поляризуемости и по порядку величины составляет 10^{-14} — 10^{-15} сек. В случае, когда частота одной из взаимодействующих волн лежит вблизи полосы поглощения кристалла, быстроедействие ограничивается дисперсионным расплыванием импульсов при прохождении через нелинейный

кристалл /8/. Расчеты показывают, что предельное быстроедействие нелинейного преобразователя частоты в случае ап-конверсии излучения CO_2 лазера в прустите длиной 1 см при накачке излучением рубинового лазера составляет примерно $2,6 \cdot 10^{-11}$ сек. Реальное временное разрешение нелинейного преобразователя частоты будет определяться либо этим значением, либо временным разрешением приемника, используемого для регистрации преобразованного излучения.

В § I третьей главы описан эксперимент по регистрации временной структуры импульсов электроионизационного CO_2 лазера высокого давления с помощью ап-конверсии в прустите. В качестве накачки использовалось синхронизованное с исследуемым сигналом излучение рубинового лазера, работающего в режиме с модулированной добротностью. Квантовая эффективность преобразования в видимый диапазон равнялась $7,3 \cdot 10^{-3}$. Преобразованное излучение регистрировалось с помощью коаксиального фотодиода ФЭК-15, усилителя УЗ-11 и осциллографа С1-14. Минимально регистрируемая мощность ИК излучения равнялась 50 квт.

Проведенный эксперимент показал, что импульс CO_2 лазера высокого давления имеет сложную временную структуру, обусловленную взаимодействием многих аксиальных мод. Зарегистрирована периодичность во временной структуре, совпадающая с расчетным значением аксиального периода.

Достигнутое временное разрешение ограничивалось шириной полосы применяемого усилителя и равнялась 3 нсек.

В § 2 изложена другая возможность регистрации лазерного ИК излучения с пикосекундным временным разрешением, не требующая применения приемников с высоким временным разрешением в видимом диапазоне. Особенностью метода является одновременное использование ап-конверсии как для преобразования сигнала по частоте, так и для получения временной развертки с пикосекундным разрешением. Пикосекундная временная развертка образуется при перпендикулярном нелинейном взаимодействии исследуемого ИК излучения и излучения накачки ультракороткой длительности, задифрагмированного в виде полоски. Преобразованный и развернутый сигнал регистрируется на фотопленке. Длительность развертки определяется длиной полоски, временное разрешение метода — длительностью импульса накачки.

Для выяснения возможностей метода развита теория "перпендикулярной" ап-конверсии применительно к предлагаемому методу получения пикосекундных световых разверток. Экспериментально осуществлено перпендикулярное нелинейное взаимодействие в кристалле прустита излучении CO_2 лазера и рубинового лазера, работающего в режиме самосинхронизации мод. Так как мощность ИК сигнала была мала (10^3 Вт), то на фотопленке удалось зарегистрировать развернутый сигнал на суммарной частоте, полученный от всего пути ультракоротких импульсов.

Проведенный эксперимент показал, что для получения временной развертки от отдельного ультракороткого импульса следует либо работать с более мощными импульсами ИК излу-

чения, либо применять электроннооптические усилители яркости изображения. Предельное временное разрешение метода связано с распыливанием импульсов из-за дисперсии при прохождении через нелинейный кристалл.

В заключении сформулированы основные научные результаты, полученные в диссертации.

В приложении приведены результаты машинного расчета на ЭВМ "Найри" перестрочных характеристик нелинейных преобразователей частоты использующих кристаллы LiNbO_3 , LiIO_3 , Ag_3AsS_3 для различных длин волн накачки.

1. Экспериментально реализована и исследована ап-конверсия излучения малоомощного широкополосного некогерентного ИК источника ($\lambda = 2 + 4$ мкм) в кристалле LiNbO_3 при накачке непрерывным излучением аргонового лазера ($\lambda = 4880 \text{ \AA}$). Спектральная ширина процесса ап-конверсии составляет $2,6 \text{ см}^{-1}$. Квантовая эффективность преобразования в видимый диапазон равна $2,9 \cdot 10^{-4}$. Пороговая чувствительность нелинейного преобразователя частоты при регистрации преобразованного излучения с помощью ФЭУ составляет $6 \cdot 10^{-13} \text{ Вт/Гц}^{\frac{1}{2}}$.

2. Предложен и рассчитан метод регистрации спектров КР в ИК диапазоне с помощью ап-конверсии в кристалле при накачке излучением $\text{Nd} : \text{YAG}$ лазера ($\lambda = 1,064$ мкм). Показано, что предлагаемый метод в случае регистрации спектров КР в азоте ($\lambda = 1,3$ мкм) обеспечивает отношение сигнала к шуму $7,5 \cdot 10^2$ за время 1 сек.

3. Разработан комбинированный лазерно-рентгеновский метод ориентации нелинейных одноосных монокристаллов. Предложенный метод внедрен в производство на Рачинском горно-металлургическом комбинате (Груз.ССР).

4. Экспериментально исследована ап-конверсия излучения CO_2 лазера ($\lambda = 10,6$ мкм) в прустите как в непрерывном режиме при накачке излучением криптонового лазера ($\lambda = 0,6764$ мкм), так и в импульсном режиме при накачке излучением рубинового лазера ($\lambda = 0,6943$ мкм), работающего в режиме самосинхронизации мод. Ширина преобразованного ИК спектра составляет $11,7 \text{ см}^{-1}$. В импульсном режиме получена $10,7\%$ квантовая эффективность преобразования в видимый диапазон.

Показано, что эффекты теплового самовоздействия приводят к насыщению эффективности процесса ап-конверсии в прустите как в непрерывном, так и в импульсном режиме. Произведена оценка предельного значения квантовой эффективности преобразования в видимый диапазон достижимой на реальном кристалле прустита в случае оптимальной импульсной накачки. Полученная оценка составляет $1,2 \cdot 10^{-2}$. Соответствующее значение пороговой чувствительности нелинейного преобразователя частоты на прустите составляет $1,4 \cdot 10^{-13} \text{ Вт/Гц}^2$.

5. С помощью ап-конверсии в прустите исследована временная структура импульса CO_2 лазера высокого давления при накачке излучением рубинового лазера. Обнаружено, что импульс CO_2 лазера высокого давления имеет сложную струк-

туру, обусловленную взаимодействием многих аксиальных мод.

Предложен метод регистрации ИК излучения с пикосекундным временным разрешением на основе "перпендикулярной" ап-конверсии в прустите. Экспериментально исследованы спектральные и энергетические характеристики предложенного метода.

Основные результаты диссертации доложены на У Всесоюзной конференции по нелинейной оптике (г. Куйбышев, 1970г.), на XIII Всесоюзном съезде по спектроскопии (г. Минск, 1971г.), на VI Всесоюзной конференции по нелинейной оптике (г. Минск, 1972г.), на IV Международной конференции по спектроскопии комбинационного рассеяния (США, г.Брунсвик, 1974 г.), на IV Вавиловской конференции по нелинейной оптике (г.Новосибирск, 1975 г.), на IV семинаре по химии и техническому применению халькогенидов (г. Ужгород, 1975 г.), на VII конференции по квантовой электронике и нелинейной оптике (ПНР, г.Познань, 1976 г.) и опубликованы в работах:

1. В.П.Клиев, Д.И.Мал., В.В.Морозов, Д.Н.Никогосян, А.Н. Ораевский. Детектирование инфракрасного излучения посредством перевода его в видимый диапазон. Краткие сообщения по физике, № 5, стр. 38, 1970.
2. Е.Н.Антонов, М.А.Большов, В.Г.Колошников, Д.Н.Никогосян. Нелинейное преобразование излучения из ИК диапазона в видимый как новый метод абсорбционного спектрального анализа. Письма ЕЭФ, т.14, стр. 23, 1971.
3. Ю.А.Торохов, Д.П.Кридач, Д.Н.Никогосян, А.П.Сухоруков.



Влияние тепловых самовоздействий на генерацию второй гармоники непрерывного излучения. Квантовая электроника т.1, стр. 679, 1974.

4. Е.Н.Антонов, В.Г.Колошников, Д.Н.Никогосян. Нелинейный преобразователь частоты как инфракрасный спектрометр и приемник. Оптика и Спектроскопия, т.36, стр.768, 1974.
5. А.В.Бобрсв, Д.Н.Никогосян. Регистрация комбинационного рассеяния в инфракрасном диапазоне путем преобразования частоты в видимую область спектра. Квантовая электроника, т.1, стр.1242, 1974.
6. Е.Н.Антонов, В.Р.Мироненко, Д.Н.Никогосян, М.И.Головей. Преобразование излучения лазера на двуокиси углерода в видимое в прустите. Квантовая электроника, т.1, стр. 1742, 1974.
7. Д.Н.Никогосян, А.П.Сухоруков, М.И.Головей. Насыщение генерации второй гармоники излучения лазера на двуокиси углерода с поперечным разрядом в прустите. Квантовая электроника, т.2; стр. 609, 1975.
8. П.Г.Крыков, Ю.А.Матвеец, Д.Н.Никогосян. Метод регистрации ИК излучения с пикосекундным временным разрешением на основе перпендикулярной ап-конверсии. Квантовая электроника, т.2, стр. 2269, 1975.
9. Д.Н.Никогосян. Эффективность ап-конверсии излучения CO_2 лазера в прустите при накачке ультракороткими импульсами. Квантовая электроника, т.2, стр. 2524, 1975.
10. Ю.В.Ворошилов, Д.Н.Никогосян. Метод ориентации одноосных нелинейных монокристаллов. Квантовая электроника,

т.3, стр. 608, 1976.

11. В.В.Лобко, Ю.А.Матвеец, Д.Н.Никогосян. Исследование временной структуры импульсов CO_2 -лазера высокого давления с помощью ап-конверсии. Квантовая электроника, т.3, стр. 1253, 1976.
12. Ю.В.Ворошилов, Д.Н.Никогосян. Способ ориентации монокристаллов. Авторское свидетельство № 521819 по заявке № 2033965/26-25 с приоритетом от 23.У.74.

Л и т е р а т у р а

1. J. Warner. Optoelectr. 3, 37, 1971.
2. A.F. Milton. Appl. Opt. 11, 2311, 1972.
3. С.А.Ахманов, Р.В.Хохлов. "Проблемы нелинейной оптики", Москва, 1964.
4. Н.Бломберген. "Нелинейная оптика", Изд-во "Мир", Москва, 1966.
5. R.L. Byer, Y.F. Young, R.S. Feigelson. J. Appl. Phys. 41, 2320, 1970.
6. С.Раутиан. УФН, 66, 475, 1958.
7. L.E. Bates, R.F. Lucy, J. Gunter, K. Duval. J. Opt. Soc. Amer. 64, 295, 1974.
8. В.И.Кабелка, А.С.Пискарскас, А.Ю.Стабинис. Сб. Квантовая электроника под ред. Н.Г.Басова, № 5(17), 135, 1973.

Подл. к печати 25/11-76г. Л-101915 Ф.
Физ. п. л. 1,25 Уч.-изд. л. 1,0 Заказ 2799
Тираж 200.

Изд-во Московского университета, Москва, К-9,
ул. Герцена, 5/7.

Типография Изд-ва МГУ, Москва, Ленгоры