

28-13  
23.12.2013

58

**Федеральная служба по интеллектуальной собственности**  
**Федеральное государственное бюджетное учреждение**

**«Федеральный институт промышленной собственности»**  
**(ФИПС)**

Бережковская наб., 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-5, 123995

Телефон (8-499) 240-60-15 Факс (8-495) 531-63-18

**УВЕДОМЛЕНИЕ О ПОСТУПЛЕНИИ ЗАЯВКИ**

<b>26.11.2013</b>	<b>081974</b>	<b>2013152530</b>
<i>Дата поступления</i>	<i>Входящий №</i>	<i>Регистрационный №</i>

<b>ДАТА ПОСТУПЛЕНИЯ</b> <small>оригиналов документов заявки</small> <b>ПОЛУЧЕНО</b> <b>26 НОЯ 2013</b>	<b>(21) РЕГИСТРАЦИОННЫЙ №</b>  <small>(83) ДАТА ПЕРЕВОДА международной заявки на национальную фазу</small>	<b>ВХОДЯЩИЙ №</b>  <small>-4</small>
<b>ФИПС-ОТД № 17</b>		
<input type="checkbox"/> (86) <small>(регистрационный номер международной заявки и дата международной подачи, установленные получившим ведомством)</small>		<b>АДРЕС ДЛЯ ПЕРЕПИСКИ</b> <small>(адрес личного адреса, или иной почтовый адрес)</small> 367000, РД, г. Махачкала, ул. М.Гаджиева, 43-А, ДГУ, УИС  Телефон: (8 8722) 67-61-50; 68-23-26, 67-58-17 Факс: (8 8722) 67-61-50; 68-23-26 E-mail: <b>АДРЕС ДЛЯ СЕКРЕТНОЙ ПЕРЕПИСКИ</b> <small>(значимости при подаче заявки на секретное изобретение)</small>
<b>ЗАЯВЛЕНИЕ</b> <small>о выдаче патента Российской Федерации на изобретение</small>		<b>В Федеральную службу по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам</b> Бережковская наб., 30, корп.1, Москва, Г-59, ГСП-5, 123995
<b>(54) НАЗВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ</b>  <b>Способ фазовой модуляции световой волны</b>		
<b>(71) ЗАЯВИТЕЛЬ</b> <small>(указывается полное имя или наименование (согласно учредительному документу), место жительства или места нахождения, исключая название страны и полный почтовый адрес)</small> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования <b>«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»</b> 367000, РД, г. Махачкала, ул. М.Гаджиева, 43-А, ДГУ		<b>ОГРН</b> 1020502631621  <b>КОД страны по стандарту ВОИС СТ. 3</b> <small>(если он установлен)</small> RU
Указанное лицо является <input type="checkbox"/> государственным заказчиком <input type="checkbox"/> муниципальным заказчиком, исполнитель работ _____ <small>(указать наименование)</small>		
<input type="checkbox"/> исполнителем работ по <input type="checkbox"/> государственному <input type="checkbox"/> муниципальному контракту, заказчик работ _____		
<b>(74) ПРЕДСТАВИТЕЛЬ(И) ЗАЯВИТЕЛЯ</b> Указанные(ые) ниже лицо(а) назначено(назначены) заявителем(заявителями) для ведения дел по получению патента от его(их) имени в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам Фамилия, имя, отчество (если оно имеется) Мугутдинова Хадият-Магомедтагировна, №1069, Начальник Управления интеллектуальной собственности и инновационной деятельности ДГУ, Адрес: 367000, РД, г. Махачкала, ул. М.Гаджиева, 43-А		Является <input checked="" type="checkbox"/> Патентным(и) поверенным(и) <input type="checkbox"/> Иным представителем Телефон: 8 8722 67-61-50  Факс: 8 8722 67-61-50  E-mail:
Срок представительства <small>(заполняется в случае назначения многое представителя без предоставления доверенности)</small>		Регистрационный (с) номер (а) патентного(ых) поверенного(ых) №1069
Бланк заявления ИЗ лист 1		

Количество листов	57	Фамилия лица, принявшего документы
Количество документов, подтверждающих уплату пошлины	1	Сergeeva N.N.
Количество изображений	0	

## Способ фазовой модуляции световой волны

Изобретение относится к области оптической спектроскопии и может быть применено при разработке новых методов нестационарной оптической спектроскопии, позволяющих исследовать свойства неоднородной плазмы в области аномальной дисперсии.

Может быть использовано в физике и технике газовых лазеров, при разработке лазерных методов спектроскопии, в спектральном анализе, спектроскопии плазмы, экспериментальной физике.

Известны классические способы, позволяющие осуществлять фазовую модуляцию оптического излучения с использованием оптических модуляторов на основе электрооптического эффекта (*Мустель Е. Р., Парыгин В. Н., Методы модуляции и сканирования света, М., 1970*). Например, при фазовой модуляции света на основе эффекта Поккельса используют линейное изменение показателя преломления не-центросимметричных кристаллов в зависимости от величины электрического поля  $E$ , в котором находится кристалл:

$$n = n_0 + \frac{1}{2} n_0^2 r E$$

где  $n_0$  - показатель преломления кристалла в отсутствие внешнего поля,  $r$  - электрооптический коэффициент, зависящий от свойств и ориентации кристалла, направления поля  $E$  и поляризации проходящего света.

Световой пучок, прошедший путь  $l$  в кристалле, помещённом в электрическое поле  $E$ , приобретает фазовый сдвиг:

$$\varphi = \frac{2\pi nl}{\lambda} = \varphi_0 + \frac{\pi n_0 r El}{\lambda},$$

где  $l$  - длина волны света в вакууме,  $\varphi_0$  - начальный сдвиг фаз, приобретённый светом при прохождении кристалла в отсутствие поля.

Наличие фазового сдвига, вызванного внешним полем (второй член справа), и означает фазовую модуляцию света.

Такие устройства для фазовой модуляции света, как правило, являются широкополосными.

Известен также способ фазовой модуляции света при его распространении через среду с модулированным показателем оптического преломления, создаваемым двумя встречными волнами внутри оптического резонатора, например при четырехволновом взаимодействии внутри двух скрещенных оптических резонаторов (*А.Ярив. Квантовая электроника. М. 1980*). В результате этого происходит обмен энергиями световых волн в двух скрещенных резонаторах.

Задача данной разработки – расширение арсенала технических средств для осуществления фазовой модуляции вблизи фиксированной частоты световой волны.

Техническим результатом изобретения является получение внутри плазменного волновода регулярной пространственной структуры оптического показателя преломления в спектральной области аномальной дисперсии вблизи длины волны, соответствующей узкой спектральной линии поглощения в плазме высокоскоростных волн ионизации (рис. 2).

Сущностью является то, что способ фазовой модуляции световой волны вблизи фиксированной частоты, включает использование оптических модуляторов, и отличается тем, что лазерное излучение наносекундной длительности пропускают через плазменный волновод под углом к оптической оси волновода, где в узкой спектральной области аномальной дисперсии вблизи фиксированной спектральной линии поглощения плазмы создается распределение оптического показателя преломления с цилиндрическим профилем с максимумом показателя преломления вдоль границы и минимумом вдоль центра трубы.

Для осуществления фазовой модуляции вблизи фиксированной частоты лазерное излучение наносекундной длительности пропускается через цилиндрическую экранированную газоразрядную трубку под углом к оси трубы (плазменного волновода), где вдоль направления распространения лазерного излучения создано регулярное пространственное распределение оптического показателя преломления с использованием высокоскоростных волн ионизации газа (рис.1).

На рис.1 представлена схема плазменного волновода (а) и электродного узла (б). Стеклянная трубка (5), экран (3), электрод (2), кварцевое окошко для вывода излучения (1), выпуск газа (4), изолятор, препятствующий пробою с электрода на экран (6).

Таким образом, в настоящем изобретении цилиндрический плазменный волновод, наполненный атомарным газом, использован для создания неоднородного регулярного распределения оптического показателя преломления вдоль направления распространения света, причем неоднородное распределение показателя преломления создается только в узкой спектральной области аномальной дисперсии вблизи фиксированной спектральной линии поглощения плазмы.

Схема цилиндрического плазменного волновода представлена на рис.1а.

Плазменный волновод представляет из себя стеклянную газоразрядную трубку длиной около 50 см и внутренним диаметром около 1 см, снабженную внутренними электродами. Электроды изготовлены из алюминия в виде полых цилиндров, сквозь которые распространялось лазерное излучение и регистрировалось оптическое излучение разряда вдоль трубы. Разрядная трубка помещалась в металлический экран диаметром 2 см и образовывала вместе с разрядной трубкой плазменный волновод. В такой системе ионизация газа происходит на фронте высокоскоростной волны ионизации, распространяющейся от высоковольтного электрода к заземленному со скоростью  $10^8$ - $10^9$  см/с, создавая, тем самым, вдоль всей

трубки область ионизованного газа. Напуск газа и откачка разрядной камеры производилась через два специальных отвода на электродах, соединенных с вакуумной системой и баллоном с газом (рис.1б).

Для формирования высокоскоростных волн ионизации был разработан специальный генератор высоковольтных импульсов напряжения, собранный по трансформаторной схеме в коаксиальном исполнении, в котором, первичная обмотка состояла из 4 витков, а вторичная обмотка состояла из двух обмоток по 12 витков в каждой. Такой ГИН вырабатывал импульсы напряжения амплитудой до 40 кВ с частотой следования до 100 Гц, с длительностью импульсов напряжения по полувысоте около 70 нс.

На рис. 2. показано схематическое изображение прохождения лазерного луча через плазменный столб в условиях, когда наблюдается фазовая модуляция световой волны.

Выбор такой конструкции плазменного волновода и размеров разрядной трубы позволяет получить такое распределение плотности поглощающих атомов по сечению разрядной трубы, при котором в центре трубы плотность минимальна, а вблизи стенок - максимальна. Это достигается реализацией скользящего по поверхности трубы разряда при формировании и распространении высокоскоростных волн ионизации в плазменном волноводе. Степень неоднородности оптического показателя преломления по сечению трубы можно регулировать путем изменения давления газа и амплитуды импульсов напряжения, создающего ВВИ. В этом случае, при распространении широкополосного лазерного излучения через разрядную трубку под углом к оси трубы (рис.2), вдоль направления распространения света создается определенное пространственное распределение оптического показателя преломления.

На рис. 3. представлены картины оптического свечения и распределение интенсивности излучения в поперечном сечении разрядной трубы в наносекундном разряде в неоне. Давление газа 30 Тор, амплитуда импульсов напряжения 28 кВ (а) и 40 кВ (б).

Пространственный профиль оптического показателя преломления вдоль направления распространения оптического излучения создается следующим образом. Газоразрядная система откачивалась до остаточного давления  $10^{-4}$  Тор и в трубку напускался рабочий газ (инертные газы) в необходимом диапазоне давлений. Затем к плазменному волноводу по коаксиальному кабелю подводятся импульсы высокого напряжения, создаваемые генератором высоковольтных импульсов напряжения с амплитудой до 40 кВ и длительностью по полувысоте 20-70 нс. После перекрытия высокоскоростной волной ионизации всей длины разрядной трубы, за фронтом волны ионизации остается плазменный столб с неоднородным поперечным распределением плотности поглощающих атомов. В инертных газах в роли поглощающих свет атомов выступают метастабильные атомы, создаваемые на фронте ВВИ. В результате внутри разрядной трубы создается распределение поглощающих частиц цилиндрической формы с максимумом вдоль границы трубы, и минимум по центру (рис.3). При наклонном к оси трубы распространении оптического излучения, вдоль направления распространения создается определенный профиль оптического показателя преломления, модулирующий фазу световой волны. В условиях экспериментов данной работы поперечное распределение плотности поглощающих атомов  $N(r)$  приблизительно можно описать следующим соотношением:

$$N(r) = N_{\max} \left( 1 + \frac{N_0}{N_{\max}} \cos^2(\Delta k r + \phi_0) \right),$$

где  $N_{\max}$  – максимальная плотность возбужденных атомов вблизи стенок трубы,  $N_0$  – плотность возбужденных атомов в центре трубы,  $\Delta k$  – пространственный период распределения возбужденных атомов по радиусу трубы (приблизительно эту величину можно оценить как расстояние между двумя максимумами в распределении плотности возбужденных атомов). Экспериментальные исследования методами лазерной абсорбционной спектроскопии показывают, что  $N_{\max}$  в условиях экспериментов данной

работы достигает величины  $10^{14}$  см<sup>-3</sup>, а отношение  $\frac{N_0}{N_{\max}}$  меняется в пределах от 0.1 до 1. В частности, при давлениях газа ниже 1 Тор распределение параметров плазмы по сечению трубы является практически однородным, поэтому указанное отношение близко к 1, в то время как при давлениях газа выше 40 Тор разряд в трубке происходит в скользящем режиме и локализован вблизи внутренней поверхности трубы. Для таких условий поперечные неоднородности разряда велики и отношение

При этом глубину модуляции можно регулировать как путем изменения давления газа в трубке, так и изменением угла между осью трубы и направлением распространения оптического излучения.

Оптический показатель преломления пропорционален плотности поглощающих атомов и в условиях отсутствия насыщения зависимость коэффициента преломления  $n(\omega, r)$  и коэффициента поглощения  $\chi(\omega, r)$  от частоты волны  $\omega$  и расстояния от центра  $r$  задаются следующими формулами:

$$n(\omega, r) = 1 + \frac{\omega_p^2}{\omega_0^2} \frac{(\omega_0 - \omega)}{(\omega_0 - \omega)^2 + \gamma^2},$$

$$\chi(\omega, r) = \frac{\omega_p^2}{4\omega_0} \frac{\gamma}{(\omega_0 - \omega)^2 + \gamma^2},$$

где

$$\omega_p^2 = \frac{4\pi N(r) e^2}{m}.$$

Таким образом, максимальная величина оптического показателя преломления создается только вблизи фиксированной частоты узкой спектральной линии поглощения  $\omega_0$ .

В такой среде при распространении световой волны под углом  $\alpha$  к оси трубы, волна проходя расстояние  $l=r/\sin \alpha$  приобретает фазовый сдвиг

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{2\pi}{\lambda} l (n(\omega, r) - n_0).$$

В данной работе в качестве зондирующего оптического излучения используется широкополосное излучение лазера на красителе с накачкой эксимерным лазером на молекулах  $XeCl$  с длиной волны лазерной генерации 308 нм, длительностью лазерного импульса около 5 нс. Использование перестраиваемого лазера на красителе позволяет настроить спектр оптического излучения на узкий резонанс, связанный с поглощением на спектральных переходах атомов. Лазерное излучение, выходящее из плазменного столба разлагается по спектру с помощью спектрографа, на выходе которого установлена ПЗС-камера с цифровой регистрацией светового потока.

На рис. 4. показаны частотные зависимости оптических показателей преломления и поглощения при плотности возбужденных атомов  $10^{13} \text{ см}^{-3}$  вблизи спектральной линии неона 650.6 нм.

На рис. 5. представлен характерный спектр пропускания плазмы наносекундного разряда в неоне при зондировании плазменного столба лазерным излучением вдоль оси разрядной трубки при отсутствии фазовой модуляции. Задержка между импульсом фронта ВВИ и лазерным импульсом 134 нс. Давление неона 20 Тор, амплитуда импульсов напряжения 36 кВ.

При распространении световой волны параллельно оси разрядной трубки, вдоль направления распространения световой волны показатель преломления остается постоянной и наблюдается обычное поглощение света на спектральном переходе (рис.5).

Рис. 6. Спектр лазера на красителе вблизи спектральной линии поглощения в неоне на выходе из плазменного столба в условиях фазовой модуляции. Задержка между фронтом импульса ВВИ и лазерным импульсом 56 нс. Давление неона 20 Тор. Амплитуда импульсов напряжения 28 кВ.

При распространении световой волны под углом к оси разрядной трубки, фаза световой волны модулируется из-за неоднородного распределения показателя преломления вдоль направления распространения света. В области аномальной дисперсии на частотах левее и правее от

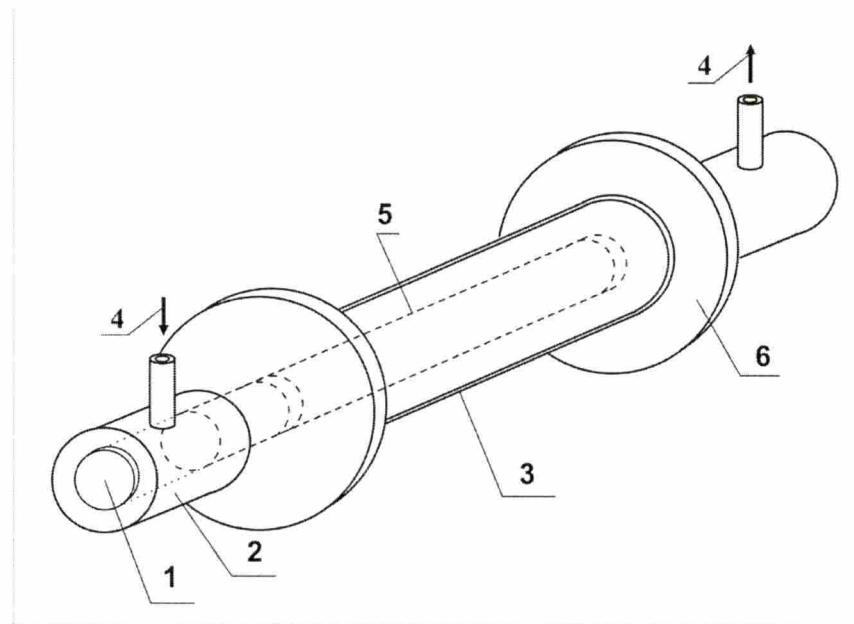
центральной частоты наблюдается максимум и минимум оптического показателя преломления (рис.4). Для этих частот соответственно при распространении через плазменный столб фаза световой волны получает положительный и отрицательный сдвиги. Их взаимодействие может привести к параметрической перекачке световой энергии из одной спектральной области в другую, что проявляется в виде усиления света на крыле спектральной линии поглощения (рис.6).

Новый способ фазовой модуляции световой волны может быть использован в оптических преобразователях частоты для перекачки энергии из одной спектральной области в другую.

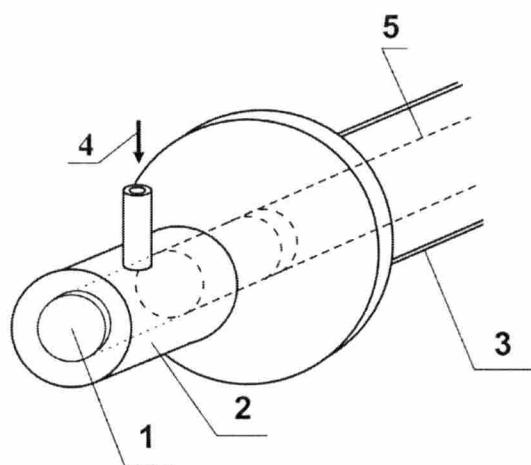
## **Формула изобретения**

Способ фазовой модуляции световой волны вблизи фиксированной частоты, включающий использование оптических модуляторов, отличающийся тем, что лазерное излучение наносекундной длительности пропускают через плазменный волновод под углом к оптической оси волновода, где в узкой спектральной области аномальной дисперсии вблизи фиксированной спектральной линии поглощения плазмы создается распределение оптического показателя преломления с цилиндрическим профилем с максимумом показателя преломления вдоль границы и минимумом вдоль центра трубы.

Способ фазовой модуляции световой волны



a)



б)

Рис. 1.

## Способ фазовой модуляции световой волны

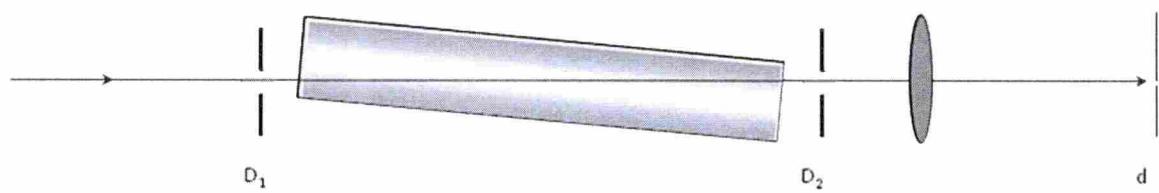
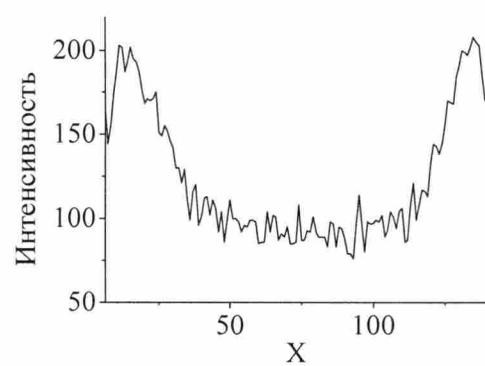
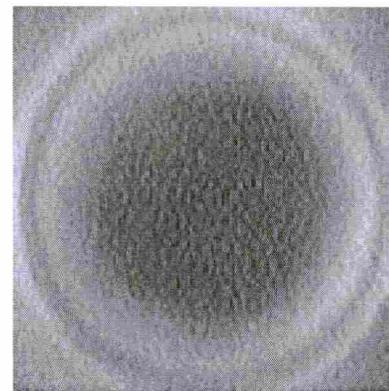
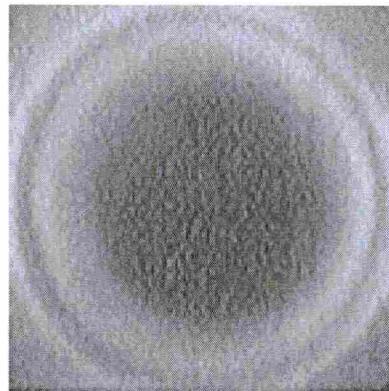
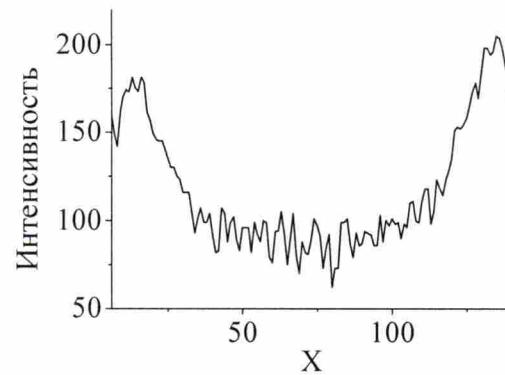


Рис. 2.

## Способ фазовой модуляции световой волны



a)



б)

Рис. 3.

Способ фазовой модуляции световой волны

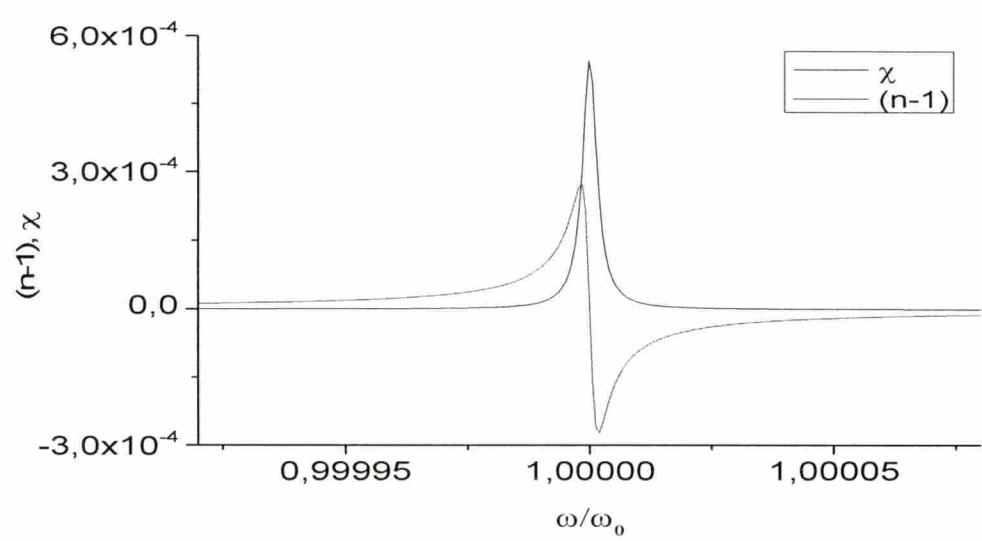


Рис. 4.

Способ фазовой модуляции световой волны

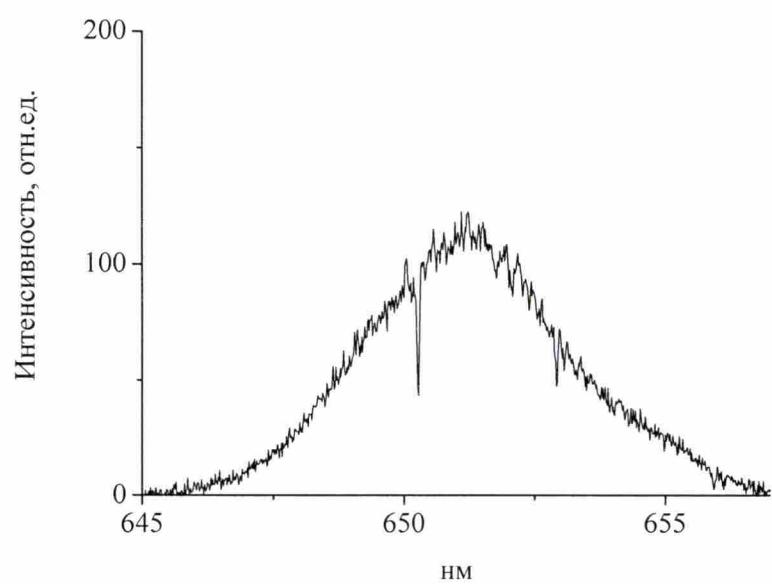


Рис. 5.

## Способ фазовой модуляции световой волны

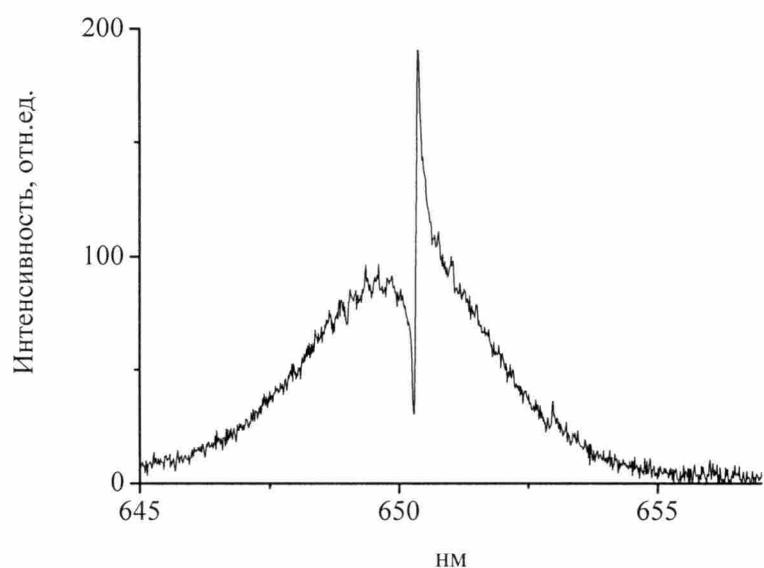


Рис. 6.

## **Реферат**

Изобретение относится к области оптической спектроскопии и может быть применено при разработке новых методов нестационарной оптической спектроскопии, позволяющих исследовать свойства неоднородной плазмы в области аномальной дисперсии.

Задача данной разработки – расширение арсенала технических средств для осуществления фазовой модуляции вблизи фиксированной частоты световой волны.

Техническим результатом изобретения является получение внутри плазменного волновода регулярной пространственной структуры оптического показателя преломления в спектральной области аномальной дисперсии вблизи длины волны, соответствующей узкой спектральной линии поглощения в плазме высокоскоростных волн ионизации.

Новый способ фазовой модуляции световой волны может быть использован в оптических преобразователях частоты для перекачки энергии из одной спектральной области в другую.