



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

*На основании пункта 1 статьи 1366 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации патентообладатель обязуется заключить договор об отчуждении патента на условиях, соответствующих установившейся практике, с любым гражданином Российской Федерации или российским юридическим лицом, кто первым изъявил такое желание и уведомил об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.*

(21), (22) Заявка: **2008138733/28, 29.09.2008**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**29.09.2008**

(45) Опубликовано: **20.04.2010** Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **SU 396777 A1, 29.08.1973. RU 2276394 C1, 10.05.2006. JP 9280953 A, 31.10.1997. SU 405081 A1, 22.10.1973.**

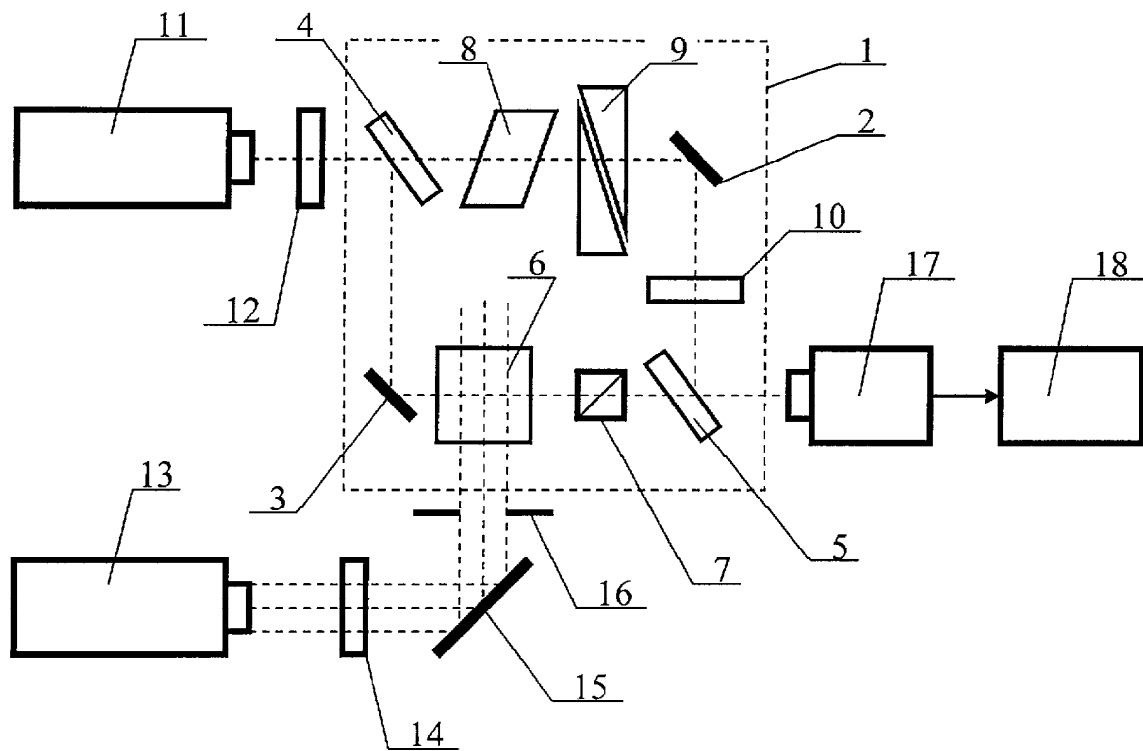
Документ находится в Патентном отделе  
**ОКБ АСТРОН**  
140081, Московская область, г.Лыткарино,  
ул.Парковая, д.1

**(54) ИЗМЕРИТЕЛЬ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ОПТИЧЕСКИХ КВАНТОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ**

(57) Реферат:

Измеритель мощности излучения импульсных оптических квантовых генераторов содержит двухлучевой интерферометр Рождественского с двумя глухими и двумя полупрозрачными зеркалами. В первой его оптической ветви - сигнальной последовательно установлены магнитооптическая ячейка Коттона-Мутона и скрещенный николю, а во второй - опорной последовательно установлены фазовая пластина, фотометрический клин и полуволновая пластина. С входом интерферометра Рождественского через поляризатор связан одночастотный одномодовый оптический квантовый генератор непрерывного действия. Излучение измеряемого импульсного оптического квантового генератора через

четвертьволновую пластину и диафрагму облучает магнитооптическую ячейку Коттона-Мутона в направлении, перпендикулярном распространению в ней лазерного излучения от одночастотного одномодового оптического квантового генератора непрерывного действия. Выход интерферометра Рождественского связан с входом гомодинного фотодетектора на соединении «кадмий-ртуть-теллур», охлаждаемом жидким азотом, электрический выход которого подключен к входу спектроанализатора. Технический результат заключается в обеспечении линейной оценки мощности ультракоротких и мощных импульсов лазерного излучения оптических квантовых генераторов, работающих в режимах с модулируемой добротностью или синхронизации мод. 1 ил.





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
*G01J 1/20* (2006.01)  
*G01J 11/00* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

*According to Art. 1366, par. 1 of the Part IV of the Civil Code of the Russian Federation, the patent holder shall be committed to conclude a contract on alienation of the patent under the terms, corresponding to common practice, with any citizen of the Russian Federation or Russian legal entity who first declared such a willingness and notified this to the patent holder and the Federal Executive Authority for Intellectual Property.*

(21), (22) Application: **2008138733/28, 29.09.2008**  
(24) Effective date for property rights:  
**29.09.2008**  
(45) Date of publication: **20.04.2010 Bull. 11**

Документ находится в Патентном отделе  
**ОКБ АСТРОН**  
140081, Московская область, г.Лыткарино,  
ул.Парковая, д.1

**(54) METRE OF RADIATION INTENSITY IN PULSE OPTICAL QUANTUM OSCILLATOR**

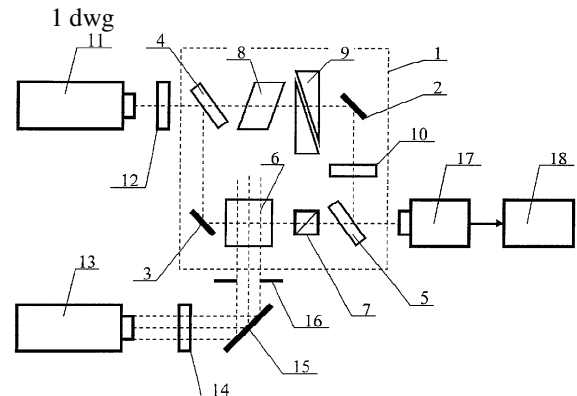
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: metre of radiation intensity in pulse optical quantum oscillators comprises double-beam interferometre by Rozhdestvenskiy with two dead and two semi-transparent mirrors. In its first optical branch - signal one - magneto-optical cell of Cotton-Mouton and crossed nicol are serially installed, and in the second one - reference one - there are the following components serially installed - phase plate, photometric wedge and half-wave plate. To inlet of interferometre by Rozhdestvenskiy via Polaroid there is a single-frequency single-mode optical quantum oscillator of continuous action connected. Radiation of measured pulse optical quantum oscillator via quarter-wave plate and diaphragm radiates magneto-optical cell of Cotton-Mouton in direction perpendicular to distribution of laser radiation in it from single-frequency single-mode optical quantum oscillator of continuous action. Outlet of interferometre by Rozhdestvenskiy is

connected to inlet of homodyne photodetector based on compound "cadmium-mercury-tellurium" cooled by liquid nitrogen, electric outlet of which is connected to inlet of spectrum analyser.

EFFECT: provision of linear assessment of intensity of ultra-short and powerful pulses of laser radiation of optical quantum oscillators that operate in modes with modulated Q value or synchronisation of modes.



RU 2 3 8 6 9 3 3 C 1

RU 2 3 8 6 9 3 3 C 1

Изобретение относится к области физической оптики и квантовой электроники и может быть использовано в измерительной технике, в частности при измерении мощности излучения импульсных ОКГ, работающих в режимах с модулированной добротностью или синхронизации мод.

5 В лазерах на основе веществ, имеющих сравнительно большое время релаксации возбужденных частиц, можно осуществить генерацию короткого одиночного импульса достаточно большой мощности. Лазер в режиме стационарной генерации не может излучать мощность, превышающую мощность накачки. Но если выбрать  
10 вещество с достаточно большим временем релаксации и выключить обратную связь, то, располагая источником накачки сравнительно небольшой мощности, можно на верхнем рабочем уровне накопить большое число возбужденных частиц. Если после окончания процесса накопления быстро включить обратную связь, то за счет  
15 большого числа возбужденных частиц развивается мощный импульс лазерного излучения (режим формирования гигантских импульсов модуляцией добротности резонатора ОКГ). При мощности накачки в десятки кВт импульсная мощность генерируемого излучения может достигать сотен МВт. Режим с модулированной добротностью характерен для твердотельных лазеров - рубиновых, неодимовых  
20 и YAG, газовых - йодных и CO<sub>2</sub> и полупроводниковых лазеров. Модуляция параметров в них может приводить к возникновению хаотических пульсаций мощности, которым в фазовом пространстве соответствует сложный набор траекторий, называемых странным аттрактором.

25 Оптический резонатор лазера имеет набор собственных типов колебаний (мод) - продольных и поперечных. Собственные частоты продольных мод отделены друг от друга интервалом  $\Delta'\Omega = c/2L_{PE3}$ , где  $c$  - скорость света,  $L_{PE3}$  - оптическая длина резонатора с учетом показателя преломления активной среды. Поперечные моды группируются около продольных, являясь их сателлитами. В оптическом диапазоне  
30 обычно ширина спектральной линии спонтанного излучения активного вещества  $\Delta\omega \gg \Delta'\Omega$  (доплеровская ширина), так что в ее пределы попадает большое число мод резонатора. В процессе развития генерации все генерируемые частоты должны были бы быть подавленными, кроме одной, ближайшей к резонансной частоте спектральной линии. Однако это справедливо только в том случае, когда  
35 спектральная линия однородно уширена, если все моды в пространстве полностью перекрываются. В действительности каждая мода имеет свое пространственное распределение поля в резонаторе и полного перекрытия мод не происходит. Конкуренция между ними ослаблена, что приводит к многомодовой генерации.  
40 Неоднородно уширенная спектральная линия означает набор частиц с различной частотой перехода. Для генерации определенной моды используется энергия лишь тех частиц, частоты которых достаточно близки к собственной частоте моды. Энергия удаленных по частоте частиц оказывается неиспользованной и может служить источником излучения, соответствующего моде с другой собственной частотой.

45 Многомодовая генерация может оказаться полезной для генерации мощных импульсов излучения очень короткой длительности. Совокупность  $N$  синусоидальных колебаний со строго фиксированной частотой, набор частот которых представляет собой арифметическую прогрессию, образует последовательность импульсов.  
50 Временной интервал между импульсами  $\tau_C = \Delta'\Omega^{-1}$ , длительность импульса  $\tau_I = (N\Delta'\Omega)^{-1}$ . В реальных системах интервал  $\Delta'\Omega = 10^8 - 10^9$  Гц, и при  $N = \Delta\omega_D / \Delta'\Omega = 10^3$  можно получить импульсы длительностью  $\tau_I = 10^{-11} - 10^{-12}$  с. Поэтому для генерации ультракоротких импульсов применяются активные среды с большой шириной линии  $\Delta\omega_D$  (стекло,

активированное неодимом, иттрий-алюминиевый гранат, красители, полупроводники).

В нормальном режиме генерации каждая мода представляет практически независимый генератор, фаза излучения которого по отношению к фазам волн других мод произвольна, и импульсная структура в этом случае не возникает. Поэтому для генерирования ультракоротких импульсов необходимо согласовать фазы отдельных мод. Этого можно добиться, модулируя, например, накачку лазера с частотой  $f$ , равной межмодовому интервалу, так что  $2\pi f = \Delta\Omega$ , или применяя насыщающиеся фильтры, надлежащий подбор которых и выбор их положения в резонаторе лазера позволяет получить гигантский импульс, состоящий из последовательности ультракоротких импульсов. Из них с помощью оптических затворов может быть выделен одиночный ультракороткий импульс, который может быть подвергнут дальнейшей компрессии во времени специальными методами [1-4]. В результате удается получить импульсы фемтосекундной длительности.

Одной из важных задач техники измерений лазерного излучения является задача измерения мощности сверхкоротких и сверхмощных импульсов когерентного излучения. Известные методы измерения в ряде случаев оказываются неточными и инерционными, дающими лишь представление о среднем значении мощности излучения, например, при использовании болометрических средств. Болометр - тепловой неселективный приемник излучения, основанный на изменении электрического сопротивления термочувствительного элемента из металла, полупроводника или диэлектрика при его нагревании вследствие поглощения потока излучения [5]. Значительно менее инерционными являются фотодиодные приемники [6] - нелинейные преобразователи оптического излучения видимого и инфракрасного диапазонов волн в электрические сигналы, несущие информацию о параметрах оптического излучения (интенсивности, частоте, фазе), к числу которых относятся фоторезисторы, фотодиоды, фотоумножители, имеющие квадратичную зависимость фототока от напряженности электрического поля световой волны. Последнее обстоятельство ограничивает область применения таких детекторов излучения.

Целями заявляемого технического решения являются обеспечение линейной оценки мощности ультракоротких и мощных импульсов лазерного излучения и исследование их тонкой структуры.

Реализация этих целей достигается в измерителе мощности излучения импульсных оптических квантовых генераторов, работающих в режимах с модулируемой добротностью или синхронизации мод, состоящем из двухлучевого интерферометра Рождественского с двумя глухими и двумя полупрозрачными зеркалами, в первой его оптической ветви - сигнальной последовательно установлены магнитооптическая ячейка Коттона-Мутона и скрещенный николь (анализатор поляризации), а во второй - опорной последовательно установлены фазовая пластина, фотометрический клин и полуволновая пластина; с оптическим входом интерферометра Рождественского связан одночастотный одномодовый оптический квантовый генератор непрерывного действия, например  $\text{CO}_2$ -лазер, через поляризатор, излучение измеряемого импульсного оптического квантового генератора через четвертьволновую пластину, глухой отражатель и диафрагму облучает магнитооптическую ячейку Коттона-Мутона в направлении, перпендикулярном распространению в ней лазерного излучения от одночастотного одномодового оптического квантового генератора непрерывного действия; оптический выход интерферометра Рождественского связан с входом гомодинного фотодетектора на

соединении «кадмий-ртуть-теллур», охлаждаемым жидким азотом, электрический выход которого подключен к входу спектроанализатора.

Достижение поставленных целей в заявляемом техническом решении объясняется линейностью преобразования амплитуды вращающегося электрического поля измеряемого излучения в соответствующую ей намагниченность материала в магнитооптической ячейке Коттона-Мутона под действием обратного эффекта Фарадея и линейностью гомодинного преобразования сигнального и опорного взаимно когерентных пучков излучения одночастотного одномодового оптического квантового генератора (ОКГ) в линейном фотодетекторе, на выходе которого возникает электрический широкополосный сигнал, спектр которого, анализируемый в спектроанализаторе, характеризует спектральную плотность сигнала, модулирующего среду магнитооптической ячейки Коттона-Мутона, которая линейно связана со спектральной плотностью мощности измеряемого излучения.

Действие устройства понятно из представленного чертежа.

Устройство включает следующие элементы и узлы:

1 - двухлучевой интерферометр Рождественского,

2 и 3 - глухие зеркала оптических ветвей интерферометра Рождественского,

4 и 5 - полупрозрачные зеркала оптических ветвей интерферометра

Рождественского,

6 - магнитооптическую ячейку Коттона-Мутона,

7 - скрещенный николь (анализатор поляризации),

8 - фазовую пластину с гранями, расположенными под углами Брюстера,

9 - фотометрический клин (для регулировки амплитуды опорной волны),

10 - полуволновую пластину,

11 - одночастотный одномодовый ОКГ непрерывного действия, например CO<sub>2</sub>-лазер,

12 - поляризатор излучения,

13 - измеряемый импульсный ОКГ,

14 - четвертьволновую пластину, преобразующую плоскую волну в волну с круговой поляризацией,

15 - глухой отражатель,

16 - апертурную диафрагму (определяющую длину пути опорного излучения ОКГ непрерывного действия в магнитооптической ячейке Коттона-Мутона),

17 - линейный гомодинный фотодетектор на тройном соединении KdHgI (КРТ), охлаждаемом жидким азотом,

18 - широкополосный спектроанализатор.

Рассмотрим действие заявляемого устройства.

Будем полагать, что импульсный ОКГ создает сверхмощное плоско поляризованное излучение, которое нельзя подавать непосредственно на фотоприемные устройства из-за опасности их ослепления, а также из-за нелинейности фотоэлектрического преобразования, искажающего распределение спектральной плотности излучения в сигнале на выходе спектроанализатора. Спектр этого излучения в устройстве переносится на модулирующую функцию - оператор действия на магнитооптическую ячейку Коттона-Мутона с использованием обратного эффекта Фарадея [7-12]. Этот эффект связан с намагничиванием диэлектрических оптически прозрачных сред при прохождении через них циркулярно поляризованной волны света с большой амплитудой электрической компоненты по закону:

$$H_{\phi} = \chi \sigma v \sin \phi, \quad (1)$$

где  $H_{\phi}$  - напряженность возникающего магнитного поля в объеме диэлектрика, облученного электромагнитной волной с плотностью потока мощности  $\sigma$  (вектор Пойтинга) и частотой  $\nu$ ,  $\chi$  - постоянная обратного эффекта Фарадея,  $\varphi$  - разность фаз между обыкновенной и необыкновенной волнами в составе циркулярно поляризованной волны лазерного излучения. При  $\varphi=0$  излучение является плоско поляризованным, а при  $\varphi=\pi/2$  - с круговой поляризацией. С помощью четвертьволновой пластины 14 для излучения импульсного ОКГ 13 его излучение имеет круговую поляризацию, и значение  $H_{\phi}$  является наибольшим возможным.

Благодаря эффекту Коттона-Мутона, заключающемуся в возникновении линейного двойного лучепреломления в среде, помещенной во внешнее магнитное поле, при распространении света перпендикулярно этому полю [13], в заявляемом устройстве осуществляется амплитудная модуляция излучения одночастотного одномодового ОКГ непрерывного излучения (например,  $\text{CO}_2$ -лазера) 11 с плоской поляризацией, определяемой поляризатором 12 от взаимодействия последнего с магнитооптической ячейкой Коттона-Мутона 6 и с учетом действия скрещенного николя 7 (анализатора), главная плоскость поляризации которого расположена ортогонально главной плоскости поляризации поляризатора 12. Знак индуцированной разности фаз не зависит от направления приложенного магнитного поля и, следовательно, зависимость наведенного двулучепреломления должна определяться лишь четными степенями напряженности магнитного поля  $H_{\phi}$ . В подавляющем большинстве случаев оказывается возможным ограничиться квадратичным по  $H_{\phi}$  членом:

$$\Delta\lambda = L(n_e - n_o) / \lambda = c L H_{\phi}^2, \quad (2)$$

где  $\Delta\lambda$  - разность хода лучей, выраженная в длинах волн,  $L$  - длина пути света в веществе ячейки, охваченном поперечным магнитным полем, определяемая апертурой диафрагмы 15,  $n_e$  и  $n_o$  - показатели преломления материала магнитооптической ячейки на длине волны  $\lambda$  в вакууме необыкновенной и обыкновенной волн в излучении ОКГ 11,  $C$  - константа Коттона-Мутона, зависящая от свойств среды ячейки 6, длины волны излучения ОКГ 11 и температуры.

Таким образом, спектр излучения импульсного ОКГ 13 переносится на спектр оптического излучения, образующегося на выходе сигнальной ветви интерферометра Рождественского 1. Использование в его опорной ветви полуволновой пластины 10 преобразует опорную волну, плоскость поляризации которой совпадает с плоскостью поляризации сигнальной волны на выходе скрещенного николя 7. Это увеличивает эффективность фотосмещения в фотодетекторе 17.

Для обеспечения линейного фотодетектирования модулированного излучения ОКГ 11 следует использовать режим гомодинного (синхронного) фотосмещения сигнальной и опорной взаимно когерентных волн, смешиваемых в полупрозрачном зеркале 5. Взаимная когерентность смешиваемых волн важна для существенного снижения искажений, связанных с фактором кратковременной стабильности частоты излучения ОКГ 11 непрерывного действия [14]. С этой целью необходимо выравнять оптическую разность хода лучей сигнального и опорного пучков при использовании фазовой пластины 8 (соответствующим выбором ее оптической толщины). Подстройка амплитуды опорной волны осуществляется с помощью фотометрического клина 9.

Две коллинеарных плоских волны света - сигнальная с широкой полосой и опорная с частотой, равной центральной частоте спектра сигнальной волны, воздействуют на КРТ фотоприемное малощумящее устройство 17. При этом на его выходе образуется широкополосный видеосигнал, который линейно представляет спектр мощности

излучения импульсного ОКГ 13. Известно, что при гомодинном и гетеродинном режимах фотосмещения реализуется принцип синхронного детектирования, которое является линейной операцией. Эти режимы фотосмещения широко используются в лазерной локации [15-17].

Среди материалов для магнитооптической ячейки Коттона-Мутона перспективными могут оказаться прозрачные ферриты, например, в ферромагнитном кристалле EuSe величина магнитного линейного двулучепреломления  $\Delta n = n_e - n_o$  достигает  $1,5 \cdot 10^{-2}$ .

Заявляемое техническое решение может быть использовано при разработке мощных импульсных ОКГ, например солитоновых лазеров и лазеров для термоядерного синтеза.

#### Литература

1. Справочник по лазерам. Пер. с англ., под ред. А.М.Прохорова, т.1-2, 1978.
2. Звелто О. Принципы лазеров. Пер. с англ., 2-е изд., М., 1984.
3. О'Ши Д., Колен Р., Роде У. Лазерная техника. Пер.с англ., М., 1980.
4. Тарасов Л.В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения. М, 1981.
5. Марков М.Н. Приемники инфракрасного излучения. М., 1988.
6. Росс М. Лазерные приемники. Пер.с англ., М., 1969.
7. Меньших О.Ф. Светомагнитный эффект. Заявка на открытие, рег.№32-ОТ-4540 от 30.06.1965.
8. Першан, Ван-дер-Циль, Мальмстрем. «Обратный эффект Фарадея». Доклад на IV Международной конференции по квантовой электронике в Пуэрто-Рико, 28-30.06.1965 г., опубл. УФН, 88, №1, 177, 1965 г.
9. Physics of Quantum Electronics, ed. Kelley, Lax, Tannenwald, 1966, p.3.
10. Pershan, V.d.Ziel, Malmstrom, Phys. Rev. Lett., 15, 190 (1965).
11. Меньших О.Ф. Устройство для измерения параметров диэлектриков. Авт.свид. СССР №1371223.
12. Меньших О.Ф. Способ генерирования электрических колебаний. Авт.свид. СССР №1380476.
13. Смоленский Г.А., Писарев Р.В., Синий И.Г. Двойное лучепреломление в многоупорядоченных кристаллах. «УФН», 1975, т.116, с.231.
14. Меньших О.Ф. Способ измерения кратковременной стабильности частоты излучения газового лазера. Авт.свид. СССР №1554719 с приоритетом от 06.11.1987.
15. Меньших О.Ф. Лазерный доплеровский локатор. Патент РФ №1829641 с приоритетом от 25.03.1991.
16. Меньших О.Ф. Способ локации. Патент РФ №2296350 с приоритетом от 03.10.2005, опубл. в бюлл. №9 от 27.03.2007.
17. Лазерная локация. Под ред. Н.Д.Устинова. М.: Машиностроение, 1984.

#### Формула изобретения

Измеритель мощности излучения импульсных оптических квантовых генераторов, работающих в режимах с модулируемой добротностью или синхронизации мод, состоящий из двухлучевого интерферометра Рождественского с двумя глухими и двумя полупрозрачными зеркалами, в первой его оптической ветви - сигнальной - последовательно установлены магнитооптическая ячейка Коттона-Мутона и скрещенный николь (анализатор поляризации), а во второй - опорной - последовательно установлены фазовая пластина, фотометрический клин и



полуволновая пластина; с оптическим входом интерферометра Рождественского связан одночастотный одномодовый оптический квантовый генератор непрерывного действия, например СО<sub>2</sub>-лазер, через поляризатор, излучение измеряемого импульсного оптического квантового генератора через четвертьволновую пластину, глухой  
5 отражатель и диафрагму облучает магнитооптическую ячейку Коттона-Мутона в направлении, перпендикулярном распространению в ней лазерного излучения от одночастотного одномодового оптического квантового генератора непрерывного действия; оптический выход интерферометра Рождественского связан с входом  
10 гомодинного фотодетектора на соединении «кадмий-ртуть-теллур», охлаждаемом жидким азотом, электрический выход которого подключен к входу спектроанализатора.

15

20

25

30

35

40

45

50