

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2541051

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОРНОГО РЕЗОНАНСА НА СВЕРХТОНЫХ ПЕРЕХОДАХ ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ АТОМА ЩЕЛОЧНОГО МЕТАЛЛА

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет" (ФГАОУ ВО "СПбПУ") (RU)*

Автор(ы): *Литвинов Андрей Николаевич (RU)*

Заявка № 2013144065

Приоритет изобретения **30 сентября 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **25 декабря 2014 г.**

Срок действия патента истекает **30 сентября 2033 г.**

Врио руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013144065/07, 30.09.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.09.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.09.2013

(45) Опубликовано: 10.02.2015 Бюл. № 4

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2312457 C1, 10.12.2007. Г.А.КАЗАКОВ и др., "Резонанскогерентного пленения населенностей (электромагнитно-индуцированной прозрачности) в ячейках конечного размера", ж.Технической физики, 2008, том.78, выпуск 4, сс.108-113. US 2005062552 A1, 24.03.2005. CN 202998067 U, 12.06.2013. CN 103057004 A, 24.04.2013. JP S63190427 A, 08.08.1988

Адрес для переписки:

195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул.,
29, ФГАОУ ВО "СПбПУ", Отдел
интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Литвинов Андрей Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
государственный политехнический
университет" (ФГАОУ ВО "СПбПУ") (RU)

(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОРНОГО РЕЗОНАНСА НА СВЕРХТОНКИХ ПЕРЕХОДАХ ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ АТОМА ЩЕЛОЧНОГО МЕТАЛЛА

(57) Реферат:

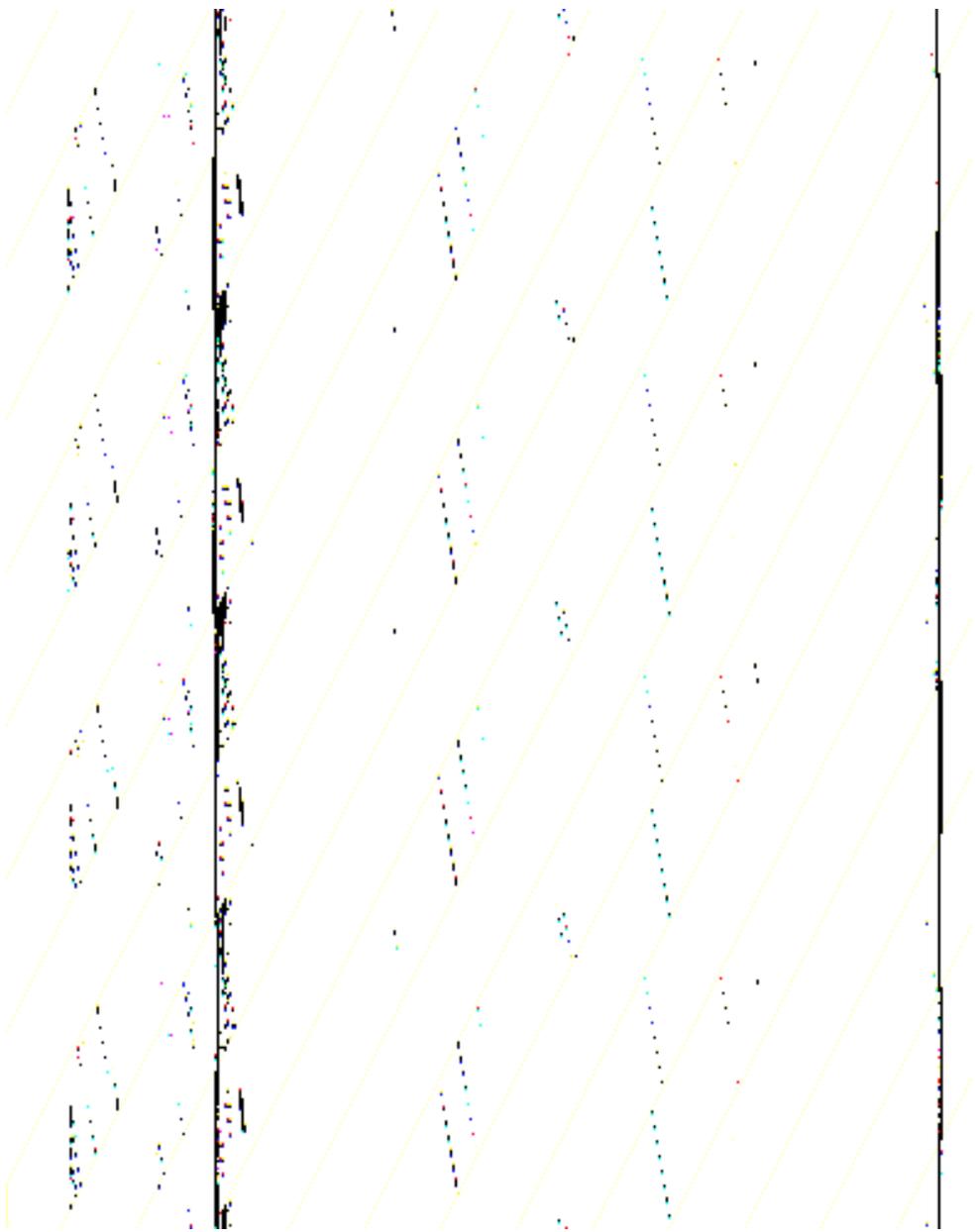
Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в метрологии для определения частоты и времени, а также найти применение в атомных стандартах частоты и атомных часах. Предложенный способ формирования опорного резонанса на сверхтонких переходах основного состояния атома щелочного металла, основанный на использовании эффекта когерентного пленения населенностей в бихроматическом лазерном поле, предусматривает выбор режима возбуждения

лазером, имеющим ширину спектра Γ_L излучения, исходя из условия, при котором $\Gamma_L \leq \gamma$, где γ - величина спонтанного распада возбужденного состояния. Предложенный способ при формировании опорного резонанса позволяет использовать ячейки без антирелаксационного покрытия и без буферного газа, что обеспечивает удешевление способа формирования опорного резонанса на сверхтонких переходах основного состояния атома щелочного металла. 2 ил.

RU 2 541 051 C1

RU 2 541 051 C1

R U 2 5 4 1 0 5 1 C 1



R U 2 5 4 1 0 5 1 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013144065/07, 30.09.2013

(24) Effective date for property rights:
30.09.2013

Priority:

(22) Date of filing: 30.09.2013

(45) Date of publication: 10.02.2015 Bull. № 4

Mail address:

195251, Sankt-Peterburg, Politekhnikeskaja ul., 29,
FGAOU VO "SPbPU", Otdel intellektual'noj
sobstvennosti

(72) Inventor(s):

Litvinov Andrej Nikolaevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij
gosudarstvennyj politekhnicheskij universitet"
(FGAOU VO "SPbPU") (RU)

(54) **METHOD FOR REFERENCE RESONANCE FORMATION AT HYPERFINE TRANSITIONS FROM NORMAL STATE OF ALKALI-METAL ATOM**

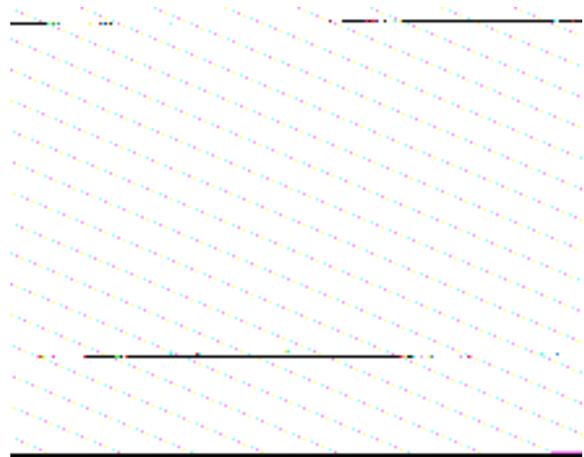
(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: method for reference resonance formation at hyperfine transitions from normal state of alkali-metal atom based on effect of coherent population trapping in bichromatic laser field envisages selection of the excitation mode by laser having emission bandwidth " Γ_L " on the assumption that " $\Gamma_L \leq \gamma$ ", where γ is value of excitation spontaneous decay. The suggested method for reference resonance formation allows using cells without antirelaxation coating and buffer gas.

EFFECT: cheapening of the method for reference resonance formation at hyperfine transitions from normal state of alkali-metal atom.

2 dwg



RU 2 541 051 C 1

RU 2 541 051 C 1

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в метрологии для определения частоты и времени, может найти применение в атомных стандартах частоты и атомных часах.

Известен способ формирования высококонтрастного резонанса на сверхтонких переходах основного состояния атома щелочного металла в бихроматическом поле, в котором частотные компоненты одинаково линейно поляризованы. При этом полные угловые моменты сверхтонких компонент в основном состоянии имеют значения $F=1$ и $F=2$ для атомов ^{87}Rb , а возбуждение осуществляется через сверхтонкую компоненту с полным угловым моментом $F'=1$. Обязательным является условие спектрального разрешения сверхтонкой структуры возбужденного состояния. Среди щелочных металлов перечисленные условия в обычных условиях выполняются для атомов ^{87}Rb . Резонанс когерентного пленения населенностей (КПН) может формироваться как на 0-0 переходе, так и на частотах переходов атомов ^{87}Rb : $F=2, m=1 \leftrightarrow F=1, m=-1$ и $F=2, m=-1 \leftrightarrow F=1, m=1$, где F - квантовое число полного углового момента атома, m - квантовое число проекции полного углового атома на направление магнитного поля [RU патент №2312457]. Недостатком этого способа является его сложная техническая реализация.

Известен способ формирования опорного резонанса на сверхтонких переходах основного состояния атома щелочного металла для стабилизации частоты генератора электромагнитных колебаний, основанный на эффекте когерентного пленения населенностей в бихроматическом лазерном поле, выбранный за прототип. Два сонаправленных лазерных поля с частотами ω_1 и ω_2 , действующие в Л-конфигурации на разрешенные электродипольные переходы $F=3 \leftrightarrow F'=3$ и $F=4 \leftrightarrow F'=3$ (F - квантовое число полного углового момента атома, m - квантовое число проекции полного углового момента атома на направление магнитного поля), создают долгоживущую непоглощающую суперпозицию состояний сверхтонких подуровней атомов ^{133}Cs , находящихся в ячейке с буферным газом [Ж. Кичинг, С. Кнэйп и Л. Холлберг. «Журнал прикладной физики». Том 81, стр. 353, 2002 г.]

Недостатком является необходимость покрывать ячейку антирелаксационным стеночным покрытием или вводить буферный газ, что ведет к удорожанию способа.

Задачей является удешевление способа формирования опорного резонанса.

Для решения задачи предложен способ возбуждения для формирования опорного резонанса на сверхтонких переходах основного состояния атома щелочного металла, основанный на эффекте когерентного пленения населенностей в бихроматическом лазерном поле, в котором резонанс возбуждают лазером, имеющим ширину спектра $\Gamma_L \leq \gamma$, где γ - величина спонтанного распада возбужденного состояния. Ширина лазера является ключевым параметром при формировании резонанса КПН.

Способ может быть реализован как для $\text{lin} \parallel \text{lin}$, так и для $\text{lin}^\perp \text{lin}$ конфигураций бихроматического лазерного поля при возбуждении резонанса КПН.

При возбуждении лазером с «узким» спектром излучения (т.е. когда выполняется условие $\Gamma_L \leq \gamma$) в лазерном поле взаимодействуют только атомы из одной скоростной группы - "медленные" атомы, которые в основном участвуют в формировании резонанса когерентного пленения населенностей. Поэтому уширение резонанса КПН за счет столкновений со стенками ячейки имеет незначительный вклад и зависимость ширины резонанса КПН от размеров ячейки практически отсутствует. Таким образом, если работать только с "медленными" атомами, то столкновительное уширение со стенками ячейки несет незначительный вклад, что позволяет не покрывать ячейку

антирелаксационным стеночным покрытием или вводить буферный газ. Следовательно, отличительный признак является существенным и достаточным для решения задачи.

Способ формирования опорного резонанса на сверхтонких переходах основного состояния атома щелочного металла осуществляют следующим образом. Возьмем ячейку без антирелаксационного стеночного покрытия, в которую помещены атомы цезия ^{133}Cs при температуре 55°C . Поместим ячейку в магнитное поле $0,02$ Гс. На данные атомы направим бихроматическое лазерное поле в Λ -конфигурации, которое резонансно переходам $F=3 \leftrightarrow F'=3$ и $F=4 \leftrightarrow F'=3$ и имеет ширину спектра $4,57$ МГц. Величина спонтанного распада для атомов ^{133}Cs на переходе $F'=3 \leftrightarrow F=3$, $F'=3 \leftrightarrow F=4$ составляет $4,57$ МГц. Следовательно, выполняется условие $\Gamma_L \leq \gamma$. Лазерное поле имеет интенсивность 1 мкВт.

Результаты численного расчета амплитуды ρ резонанса когерентного пленения населенностей в Λ -конфигурации от двухфотонной отстройки Ω для различных длин ячеек для случая ячейки без антирелаксационного стеночного покрытия представлены на фиг.1. Сплошная кривая соответствует ячейке длиной $0,825$ см, точечная $1,65$ см, пунктирная $2,475$ см, штрихпунктирная $3,3$ см. Из фиг.1 видно, что не наблюдается какой-либо существенной зависимости ширины резонанса когерентного пленения населенностей от размеров ячейки.

Возьмем ячейку без антирелаксационного стеночного покрытия, в которую помещены атомы рубидия ^{87}Rb при температуре 55°C . Поместим ячейку в магнитное поле $0,05$ Гс. На данные атомы направим бихроматическое лазерное поле в Λ -конфигурации, которое резонансно переходам $F=1 \leftrightarrow F'=2$ и $F=2 \leftrightarrow F'=2$ и имеет ширину спектра 2 МГц. Величина спонтанного распада для атомов ^{133}Cs на переходе $F'=2 \leftrightarrow F=1$, $F'=2 \leftrightarrow F=2$ составляет $5,74$ МГц. Следовательно, выполняется условие $\Gamma_L \leq \gamma$. Лазерное поле имеет интенсивность 2 мкВт.

Результаты численного расчета амплитуды ρ резонанса когерентного пленения населенностей в Λ -конфигурации от двухфотонной отстройки Ω для различных длин ячеек для случая ячейки без антирелаксационного стеночного покрытия представлены на фиг.2. Сплошная кривая соответствует ячейке длиной $2,2$ см, пунктирная $3,3$ см, точечная $4,4$ см. Из фиг.2 видно, что не наблюдается какой-либо существенной зависимости ширины резонанса когерентного пленения населенностей от размеров ячейки.

Предложенный способ формирования опорного резонанса на сверхтонких переходах основного состояния атома щелочного металла позволяет использовать ячейки без антирелаксационного покрытия, что ведет к удешевлению способа формирования опорного резонанса на сверхтонких переходах основного состояния атома щелочного металла.

Формула изобретения

Способ формирования опорного резонанса на сверхтонких переходах основного состояния атома щелочного металла, основанный на эффекте когерентного пленения населенностей в бихроматическом лазерном поле в ячейке, отличающийся тем, что: резонанс когерентного пленения населенностей возбуждают лазером, имеющим ширину Γ_L спектра излучения $\Gamma_L \leq \gamma$, где γ - величина спонтанного распада возбужденного состояния.

