



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013149036/28, 05.11.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
05.11.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.11.2013

(45) Опубликовано: 27.06.2014 Бюл. № 18

Адрес для переписки:

107045, Москва, Сретенский б-р, 5, а/я 97, для  
Мазур Н.З.

(72) Автор(ы):

Козлов Александр Николаевич (RU),

Шутов Виталий Викторович (RU),

Зибров Сергей Александрович (RU),

Васильев Виталий Валентинович (RU),

Величанский Владимир Леонидович (RU),

Вершовский Антон Константинович (RU),

Пазгалев Анатолий Серафимович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью  
"Энергоцентр" (RU)

## (54) КВАНТОВЫЙ МАГНИТОМЕТР

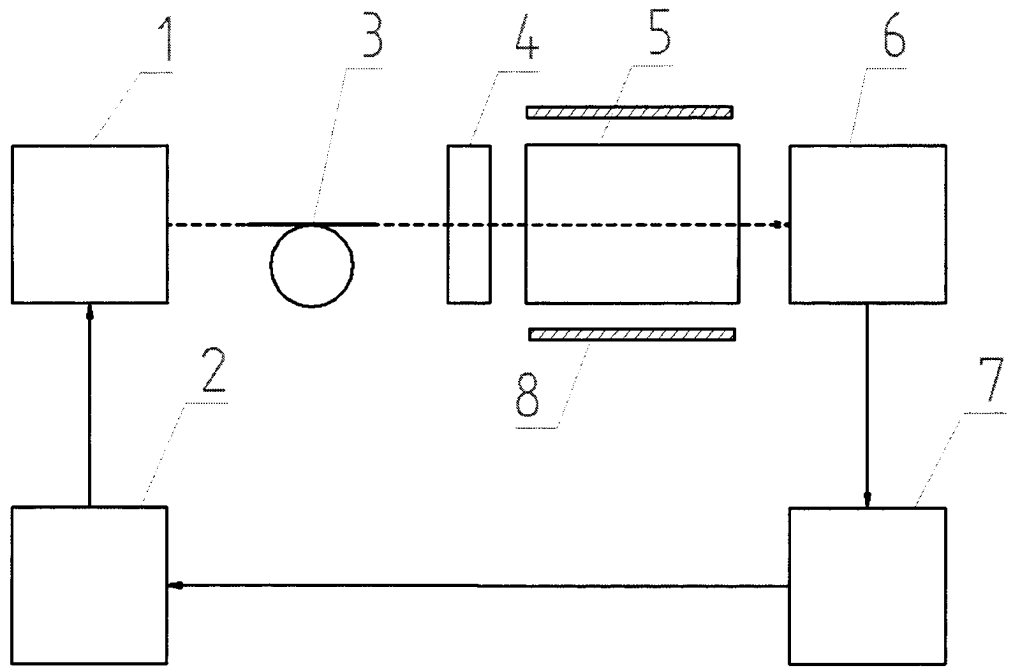
## Формула полезной модели

Квантовый магнитометр с лазерной накачкой, включающий полупроводниковый лазер с системой стабилизации частоты излучения, оптическое волокно, оптическую систему, ячейку с парами щелочного металла, через которую проходит вышедшее из волокна лазерное излучение, приемник лазерного излучения, систему обработки и анализа сигнала, радиочастотную катушку, отличающийся тем, что в качестве лазера используют полупроводниковый лазер с вертикальным резонатором, излучающий с поверхности, в качестве оптического волокна используют полимерное многомодовое волокно с большими числовой и линейной апертурами, а в качестве щелочного металла используют цезий.

RU 142546 U1

RU 142546 U1

RU 142546 U1



RU 142546 U1

Полезная модель относится к измерительной технике и может быть использована в геологоразведке и археологии для локальной магнитометрии.

Наиболее близким аналогом предлагаемому является квантовый магнитометр, включающий диодный лазер, который формирует пучок поляризованного резонансного излучения накачки, ячейку, содержащую атомы щелочного металла калия, магнитный момент которых прецессирует вокруг магнитного поля, и фотодетектор, служащий для измерения флуоресценции ячейки с атомами калия. Атомы возбуждаются резонансным лазерным излучением и при возвращении в основное состояние испускают фотоны, содержащие информацию о магнитном поле [Патент США №6472869].

Недостатками известного устройства являются использование диодного полупроводникового лазера с большим энергопотреблением, одномодового волокна с диаметром сердцевины световода 5 мкм для транспортировки излучения, для введения излучения полупроводникового лазера в подобное волокно необходима фокусирующая оптика, что усложняет конструкцию, а также калия в качестве щелочного металла, для поддержания необходимого давления насыщенных паров которого необходимо обеспечить достаточно высокую температуру ячейки, что также увеличивает энергопотребление.

Технический результат заключается в упрощении конструкции, уменьшении энергопотребления магнитометра и понижении рабочей температуры ячейки.

Указанный технический результат достигается тем, что в квантовом магнитометре с лазерной накачкой, включающем полупроводниковый лазер с системой стабилизации частоты излучения, оптическое волокно, оптическую систему, ячейку с парами щелочного металла, через которую проходит вышедшее из волокна лазерное излучение, приемник лазерного излучения, систему обработки и анализа сигнала, радиочастотную катушку, в качестве лазера используют полупроводниковый лазер с вертикальным резонатором, излучающий с поверхности, в качестве оптического волокна используют полимерное многомодовое волокно с большими числовой и линейной апертурами, а в качестве щелочного металла используют цезий.

Сущность полезной модели поясняется Фиг. 1, на которой изображена блок-схема квантового магнитометра, где: 1 - полупроводниковый лазер, 2 - система стабилизации, 3 - оптическое волокно, 4 - оптическая система, 5 - ячейка с парами щелочного металла, 6 - приемник лазерного излучения, 7 - система обработки и анализа сигнала, 8 - радиочастотные катушки.

Предлагаемый квантовый магнитометр содержит полупроводниковый лазер 1 с вертикальным резонатором, излучающий с поверхности, с системой стабилизации 2 частоты генерации, оптическое волокно 3, оптическую систему 4, ячейку 5 с парами цезия, через которую проходит вышедшее из волокна лазерное излучение, приемник 6 лазерного излучения, систему 7 обработки и анализа сигнала, радиочастотную катушку 8. В качестве оптического волокна используют полимерное многомодовое волокно с большими числовой и линейной апертурами.

Предлагаемый квантовый магнитометр работает следующим образом.

Излучение от лазера 1 через полимерный световод 3 и оптическую систему 4 подается на ячейку с парами цезия 5 соосно с осью ячейки и попадает на приемник лазерного излучения 6. Ось ячейки 5 должна составлять угол около  $45^\circ$  с вектором магнитного поля  $\vec{B}$ . При этом в волоконном световоде 3 происходит частичная потеря мощности, а также деполяризация лазерного излучения. После выхода из световода 3 расходящийся лазерный пучок преобразуется в параллельный лазерный пучок, циркулярно поляризованный оптической системой 4. При прохождении через ячейку 5 с парами

цезия циркулярно поляризованное резонансное излучение лазера 1 приводит к преимущественной ориентации магнитных моментов атомов вдоль направления распространения лазерного пучка. В этом направлении ансамбль атомов приобретает макроскопическую намагниченность. При этом поперечные компоненты магнитного момента каждого атома вращаются вокруг поля с одинаковой ларморовской частотой, но разными независимыми фазами. Из-за разброса по фазам ансамбль атомов не имеет макроскопической поперечной намагниченности. При подаче с помощью радиочастотных катушек 8, охватывающих ячейку с атомами, магнитного поля, осциллирующего на ларморовской частоте и имеющего компоненту перпендикулярную постоянному магнитному полю, вращение поперечных компонент атомов синхронизируется и возникает осциллирующая поперечная намагниченность всего ансамбля. Эта макроскопическая поперечная намагниченность модулирует пропускание лазерного излучения на ларморовской частоте  $\Omega$ , пропорциональной модулю вектора индукции магнитного поля  $\vec{B}$ , и фотоприемник 6 регистрирует переменный сигнал на этой частоте. Полученный сигнал после усиления и надлежащего фазового сдвига в системе 7 поступает на радиочастотные катушки 8, замыкая петлю обратной связи. В начальный момент при включении света радиочастотного поля нет, на катушки поступает только шум усилителя, ширина полосы (50-500 кГц) которого охватывает все возможные в магнитном поле земли ларморовские частоты. Поэтому в шумовом токе на катушках есть Фурье-компонента на ларморовской частоте. Она создает слабое радиочастотное магнитное поле, которое приводит к возникновению слабой осциллирующей поперечной намагниченности ансамбля атомов, соответствующий сигнал фотоприемника усиливается и т.д. Система возбуждается на ларморовской частоте. Система 7, кроме обработки сигнала с частотой выше 50 кГц, пропорционального абсолютной величине магнитного поля, выделяет низкочастотную компоненту сигнала (с частотой менее 50 кГц), необходимую для стабилизации частоты лазера. В системе 7 осуществляется измерение частоты  $\Omega$ , из значения которой вычисляется значение индукции измеряемого магнитного поля.

Благодаря меньшему энергопотреблению полупроводникового лазера с вертикальным резонатором, а также невысокой (около 40°C) рабочей температуре ячейки с парами цезия, поддержание которой обеспечивается при меньшем энергопотреблении, снижается суммарное энергопотребление магнитометра и повышается его экономичность.

Использование полупроводникового лазера с вертикальным резонатором вместе с широкоапертурным полимерным световодом обеспечивает эффективный ввод излучения в световод без дополнительных юстируемых оптических узлов, что существенно упрощает конструкцию магнитометра.

#### (57) Реферат

Полезная модель относится к измерительной технике и может быть использована в геологоразведке и археологии для локальной магнитометрии. Предлагаемый квантовый магнитометр с лазерной накачкой, включающий полупроводниковый лазер с системой стабилизации частоты излучения, оптическое волокно, оптическую систему, ячейку с парами щелочного металла, через которую проходит вышедшее из волокна лазерное излучение, приемник лазерного излучения, систему обработки и анализа сигнала, радиочастотную катушку, в качестве лазера используют полупроводниковый лазер с вертикальным резонатором, излучающий с поверхности, в качестве оптического волокна используют полимерное многомодовое волокно с большими числовой и линейной

апертурами, а в качестве щелочного металла используют цезий. Благодаря меньшему энергопотреблению полупроводникового лазера с вертикальным резонатором, а также невысокой (около 40°C) рабочей температуре ячейки с парами цезия, поддержание которой обеспечивается при меньшем энергопотреблении, снижается суммарное энергопотребление магнитометра и повышается его экономичность. Использование полупроводникового лазера с вертикальным резонатором вместе с широкоапертурным полимерным световодом обеспечивает эффективный ввод излучения в световод без дополнительных юстируемых оптических узлов, что существенно упрощает конструкцию магнитометра.

10

15

20

25

30

35

40

45



## РЕФЕРАТ КВАНТОВЫЙ МАГНИТОМЕТР

Полезная модель относится к измерительной технике и может быть использована в геологоразведке и археологии для локальной магнитометрии.

Предлагаемый квантовый магнитометр с лазерной накачкой, включающий полупроводниковый лазер с системой стабилизации частоты излучения, оптическое волокно, оптическую систему, ячейку с парами щелочного металла, через которую проходит вышедшее из волокна лазерное излучение, приемник лазерного излучения, систему обработки и анализа сигнала, радиочастотную катушку, в качестве лазера используют полупроводниковый лазер с вертикальным резонатором, излучающий с поверхности, в качестве оптического волокна используют полимерное многомодовое волокно с большими числовой и линейной апертурами, а в качестве щелочного металла используют цезий.

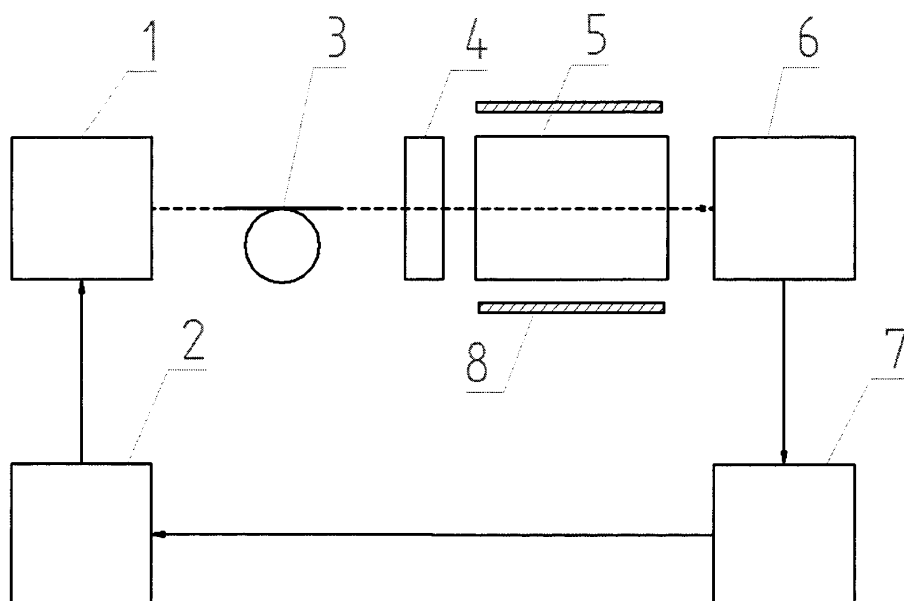
Благодаря меньшему энергопотреблению полупроводникового лазера с вертикальным резонатором, а также невысокой (около  $40^{\circ}\text{C}$ ) рабочей температуре ячейки с парами цезия, поддержание которой обеспечивается при меньшем энергопотреблении, снижается суммарное энергопотребление магнитометра и повышается его экономичность.

Использование полупроводникового лазера с вертикальным резонатором вместе с широкоапертурным полимерным световодом обеспечивает эффективный ввод излучения в световод без дополнительных юстируемых оптических узлов, что существенно упрощает конструкцию магнитометра.

PP



Квантовый магнитометр



Фиг.1