



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016108143/28, 09.03.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.03.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.03.2016

(45) Опубликовано: 27.06.2016 Бюл. № 18

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для Дворецкого
Д.А. и Пнёва А.Б. (НОЦ "Фотоника")

(72) Автор(ы):

Дворецкий Дмитрий Алексеевич (RU),
Лазарев Владимир Алексеевич (RU),
Воропаев Василий Сергеевич (RU),
Сазонкин Станислав Григорьевич (RU),
Леонов Станислав Олегович (RU),
Пнев Алексей Борисович (RU),
Карасик Валерий Ефимович (RU),
Гарин Олег Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

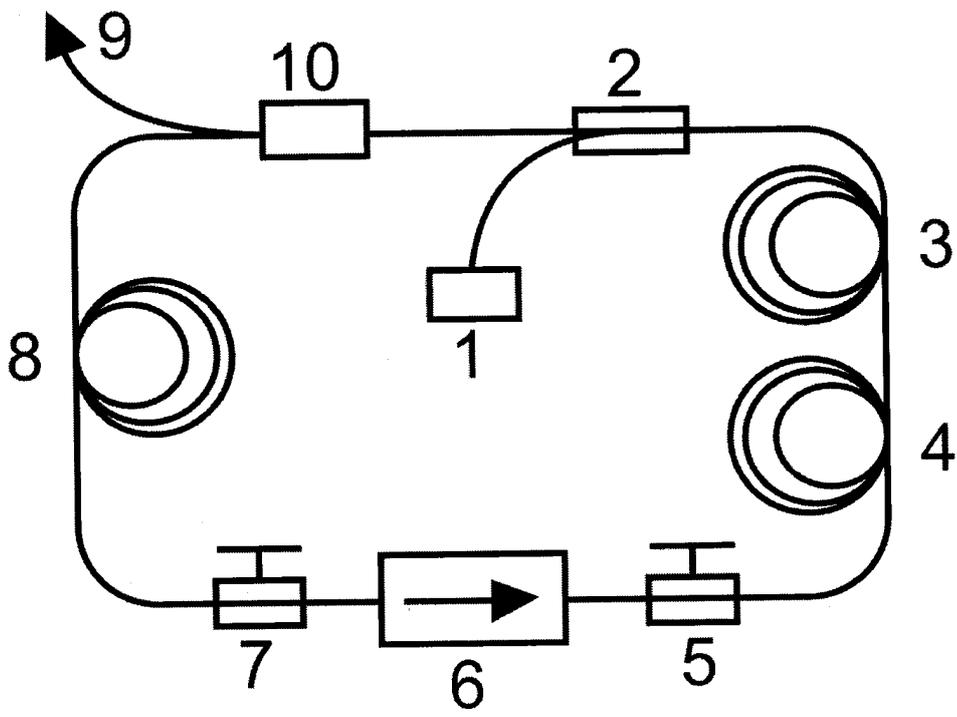
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ
им. Н.Э. Баумана) (RU)

(54) КОМПАКТНЫЙ КОЛЬЦЕВОЙ ЭРБИЕВЫЙ ВОЛОКОННЫЙ ЛАЗЕР С СИНХРОНИЗАЦИЕЙ
МОД НА ОСНОВЕ СВЕТОВОДА С ВЫСОКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

Формула полезной модели

Кольцевой эрбиевый волоконный лазер с синхронизацией мод излучения, содержащий лазерный диод накачки и волоконный кольцевой резонатор с суммарной нормальной дисперсией, близкой к нулю, и состоящий из спектрально селективного волоконного ответвителя оптического излучения, вход накачки которого соединен с выходом лазерного диода источника накачки, сигнальный вход соединен с волоконно-оптический разветвителем излучения, а выход соединен с активным волоконным световодом, легированным ионами эрбия, с нормальной дисперсией, другой конец активного волоконного световода соединен с волоконным световодом с нормальной дисперсией, соединенным с контроллером поляризации оптического излучения, который соединен с изолятором-поляризатором оптического излучения, соединенным, в свою очередь, со вторым контроллером поляризации излучения, который соединен с волоконным световодом с аномальной дисперсией и ступенчатым профилем показателя преломления, выход которого соединен с волоконно-оптическим разветвителем излучения, отличающийся тем, что в качестве волоконного световода с нормальной дисперсией использован высоконелинейный волоконный световод со ступенчатым профилем показателя преломления, а в качестве настраиваемого фильтра ультракоротких импульсов использован компактный изолятор-поляризатор оптического излучения и два контроллера поляризации излучения, установленные с двух сторон от указанного компактного изолятора-поляризатора.

RU 162919 U1



RU 162919 U1

Область техники

Полезная модель относится к лазерной технике, в частности к волоконным лазерам, генерирующим оптическое излучение на длине волны 1,58 мкм в виде сверхкоротких световых импульсов с большой пиковой мощностью. Лазеры подобного типа обладают 5 высокой энергией лазерного импульса, что является необходимым во многих приложениях лазерной техники, например, таких как обработка материалов, передача данных и для медицинских применений.

Уровень техники

Известно множество устройств, предназначенных для получения генерации на длине 10 волны 1,58 мкм и основанных на принципе синхронизации мод излучения в волоконных лазерах (например, патент РФ на полезную модель №138626, опубл. 20.03.2014; патент РФ на полезную модель №119531, опубл. 20.08.2012; патент РФ на полезную модель №119946, опубл. 27.08.2012; патент РФ на полезную модель №124061, опубл. 10.01.2013; патент РФ на полезную модель №137427, опубл. 10.02.2014; патент РФ на полезную 15 модель №139786, опубл. 20.04.2014).

Например, известен волоконный лазер с синхронизации мод излучения за счет эффекта нелинейной эволюции поляризации излучения в оптоволокне (патент РФ на полезную модель №138626, опубл. 20.03.2014). Режим синхронизации мод реализуется настройкой контроллеров поляризации оптического излучения, присутствующих в резонаторе 20 волоконного лазера, с контролем стабильности синхронизации мод на выходе лазерного резонатора с помощью радиочастотного анализатора спектра.

Недостатками данного технического решения является то, что пиковая мощность в лазерном импульсе ограничена из-за значительной длины резонатора, необходимой для эффективной селекции ультракоротких импульсов за счет эффекта нелинейной 25 эволюции поляризации излучения в оптоволокне. Еще одним недостатком подобного решения можно считать громоздкость предложенной лазерной установки из-за необходимости иметь внешний контроль лазерного излучения.

Наиболее близким аналогом (прототипом) предлагаемого устройства можно признать волоконный лазер с синхронизацией мод излучения, описанный в работе: J. Boguslawski, J. Sotor, G. Sobon, and K.M. Abramski, "80 fs passively mode-locked Er-doped fiber laser," Laser Physics 25, 065104 (2015). В схеме прототипа волоконный лазер с синхронизацией мод излучения состоит из источника накачки и волоконного кольцевого резонатора с суммарной нормальной дисперсией, близкой к нулю, включающего волоконный модуль 30 спектрального сведения оптического излучения, вход накачки которого соединен с выходом источником накачки, сигнальный выход соединен с активным волоконным световодом, другой конец активного волоконного световода соединен с модулем волоконно-оптического разветвителя, который соединен с контроллером поляризации, который, в свою очередь, соединен с волоконным световодом с нормальной дисперсией и ступенчатым профилем показателя преломления. Другой конец волоконного световода 35 с нормальной дисперсией и ступенчатым профилем показателя преломления соединен с модулем поляризационного изолятора оптического излучения, состоящего из изолятора и волоконного ответвителя оптического излучения с поддержкой поляризации. Поляризационный контроллер оптического излучения обеспечивает запуск режима синхронизации мод излучения и управление параметрами режима синхронизации мод.

Однако в прототипе неконтролируемая настройка контроллера поляризации может 40 приводить к реализации нестабильных режимов генерации, характеризующихся внутриимпульсными флуктуациями интенсивности и фазы светового поля, а также к генерации групп импульсов. Описанные эффекты приводят к уменьшению энергии

импульсов и их пиковой мощности.

Раскрытие полезной модели

Технический результат, на достижение которого направлена предлагаемая полезная модель, заключается в получении энергетических характеристик и энергии импульсов, выходящих из лазера, значительно превышающих аналогичные характеристики устройства прототипа.

Указанный технический результат достигается тем, что кольцевой эрбиевый волоконный лазер с синхронизацией мод излучения содержит лазерный диод накачки и волоконный кольцевой резонатор с суммарной нормальной дисперсией близкой к нулю и состоит из спектрально селективного волоконного ответвителя оптического излучения, вход накачки которого соединен с выходом лазерного диода источника накачки, сигнальный вход соединен с волоконно-оптический разветвителем излучения, а выход модуля соединен с активным волоконным световодом, легированным ионами эрбия, с нормальной дисперсией. Другой конец активного волоконного световода соединен с волоконным световодом с нормальной дисперсией, соединенным с контроллером поляризации оптического излучения, который соединен с изолятором-поляризатором оптического излучения, соединенным, в свою очередь, со вторым контроллером поляризации излучения, который соединен с волоконным световодом с аномальной дисперсией и ступенчатым профилем показателя преломления, выход которого соединен с волоконно-оптическим разветвителем излучения. При этом в качестве волоконного световода с нормальной дисперсией использован высоконелинейный волоконный световод со ступенчатым профилем показателя преломления. Примененный высоконелинейный волоконный световод со ступенчатым профилем показателя преломления позволяет компенсировать суммарную дисперсию второго и третьего порядка в резонаторе, повысить энергию и пиковую мощность импульсов на выходе лазера за счет эффективной селекции ультракоротких импульсов на меньшей по сравнению с прототипом длине резонатора и, таким образом, достигнуть компактности предлагаемого устройства. В качестве настраиваемого фильтра ультракоротких импульсов использован компактный изолятор-поляризатор оптического излучения и два контроллера поляризации излучения, установленные с двух сторон от указанного компактного изолятора-поляризатора.

На фиг. 1 изображена структура последовательной цепи элементов предлагаемого компактного кольцевого эрбиевого волоконного лазера.

Осуществление полезной модели

На фиг. 1 изображены: 1 - лазерный диод накачки; 2 - спектрально селективный волоконный ответвитель оптического излучения; 3 - активный волоконный световод, легированный ионами эрбия; 4 - высоконелинейный волоконный световод; 5 - поляризационный контроллер оптического излучения; 6 - изолятор-поляризатор оптического излучения; 7 - поляризационный контроллер оптического излучения; 8 - волоконный световод с аномальной дисперсией; 9 - выход лазера; 10 - волоконно-оптический разветвитель оптического излучения.

Предлагаемое устройство работает следующим образом. Механизм действия нелинейной эволюции поляризации для получения синхронизации мод излучения основан на разнице интенсивностей ортогонально поляризованных компонент излучения и их различного поворота при распространении по волоконному световоду вследствие эффекта Керра.

Ключевым элементом является поляризационный фильтр оптического излучения, который вносит потери, зависящие от интенсивности излучения. В данной схеме в

качестве поляризационного фильтра используется изолятор-поляризатор оптического излучения 6, который осуществляет также функцию изолятора для получения однонаправленной генерации импульсов. Два поляризационных контроллера оптического излучения 5 и 7 установлены в кольцевом резонаторе с двух сторон от изолятора-поляризатора 6 и используются для настройки режима генерации волоконного лазера. Накачка активного волоконного световода, легированного ионами эрбия, осуществляется через спектрально селективный волоконный ответвитель оптического излучения 2 лазерным диодом накачки 1 на длине волны 980 нм с одномодовым излучением на выходе с оптической мощностью от 100 мВт до 500 мВт. Выход лазера 9 представляет собой плечо волоконного разветвителя оптического излучения 10. В качестве активного волоконного световода 3 используется волоконный световод, легированный ионами эрбия, с поглощением $\sim 6,5$ дБ/м на длине волны накачки и коэффициентом дисперсии, равным $-17,4$ пс/(нм·км) на длине волны 1550 нм.

Высоконеинейный волоконный световод 4 представляет собой одномодовый германо-силикатный световод с содержанием оксида германия в сердцевине от 50 до 99 мол. %, коэффициентом дисперсии световода равным от -100 до -800 пс/(нм·км) на длине волны 1,58 мкм и высоким коэффициентом нелинейности γ в диапазоне от 10 до 70 (1/(Вт*км)). Суммарное внутррезонаторное значение параметра дисперсии групповых скоростей β_2 в схеме лазера составило $+0,022$ пс² при соответствующей подобранной длине волоконного световода с аномальной дисперсией 8 (использовалась марка SMF-28 Corning Corp. световода такого типа).

Предлагаемое устройство за счет применения высоконеинейного волоконного световода в составе лазера позволяет достигнуть компактности устройства и улучшенных по сравнению с прототипом энергетических характеристик импульсов. С одной стороны, компактность лазера достигается за счет сокращения длины резонатора, необходимой для эффективной селекции сверхкоротких импульсов. С другой стороны, удается достичь энергии выходящих из резонатора импульсов до 3 нДж и пиковой мощности до 35 кВт, что до 5 раз превышает аналогичные характеристики работы прототипного устройства по данным прототипного устройства в опубликованной статье.

Таким образом, предлагаемое лазерное устройство может быть использовано в качестве источника сверхкоротких лазерных импульсов с большой пиковой мощностью с центральной длиной волны излучения 1,58 мкм для решения задач прецизионной спектроскопии, метрологии оптических частот и астрофизики.

(57) Реферат

Полезная модель относится к лазерной технике, в частности к волоконным лазерам, генерирующим оптическое излучение на длине волны 1,58 мкм в виде сверхкоротких световых импульсов с большой пиковой мощностью. Лазеры подобного типа обладают высокой энергией лазерного импульса, что является необходимым во многих приложениях лазерной техники, например, таких как обработка материалов, передача данных и для медицинских применений. Технический результат заключается в получении энергетических характеристик и энергии импульсов, выходящих из лазера, значительно превышающих аналогичные характеристики устройства прототипа. Указанный технический результат достигается тем, что кольцевой эрбиевый волоконный лазер с синхронизацией мод излучения содержит лазерный диод накачки и волоконный кольцевой резонатор с суммарной нормальной дисперсией близкой к нулю и состоит

из спектрально селективного волоконного ответвителя оптического излучения, вход накачки которого соединен с выходом лазерного диода источника накачки, сигнальный вход соединен с волоконно-оптический разветвителем излучения, а выход модуля соединен с активным волоконным световодом, легированным ионами эрбия, с
5 нормальной дисперсией. Другой конец активного волоконного световода соединен с волоконным световодом с нормальной дисперсией, соединенным с контроллером поляризации оптического излучения, который соединен с изолятором-поляризатором оптического излучения, соединенным, в свою очередь, со вторым контроллером поляризации излучения, который соединен с волоконным световодом с аномальной
10 дисперсией и ступенчатым профилем показателя преломления, выход которого соединен с волоконно-оптическим разветвителем излучения. При этом в качестве волоконного световода с нормальной дисперсией использован высоконелинейный волоконный световод со ступенчатым профилем показателя преломления. Примененный
15 высоконелинейный волоконный световод со ступенчатым профилем показателя преломления позволяет компенсировать суммарную дисперсию второго и третьего порядка в резонаторе, повысить энергию и пиковую мощность импульсов на выходе лазера за счет эффективной селекции ультракоротких импульсов на меньшей по сравнению с прототипом длине резонатора и, таким образом, достигнуть компактности предлагаемого устройства. В качестве настраиваемого фильтра ультракоротких
20 импульсов использован компактный изолятор-поляризатор оптического излучения и два контроллера поляризации излучения, установленные с двух сторон от указанного компактного изолятора-поляризатора. 1 ил.

25

30

35

40

45

Реферат

Компактный кольцевой эрбиевый волоконный лазер с синхронизацией мод на основе световода с высокой нелинейностью

Полезная модель относится к лазерной технике, в частности к волоконным лазерам, генерирующим оптическое излучение на длине волны 1,58 мкм в виде сверхкоротких световых импульсов с большой пиковой мощностью. Лазеры подобного типа обладают высокой энергией лазерного импульса, что является необходимым во многих приложениях лазерной техники, например, таких как обработка материалов, передача данных и для медицинских применений. Технический результат заключается в получении энергетических характеристик и энергии импульсов, выходящих из лазера, значительно превышающих аналогичные характеристики устройства прототипа. Указанный технический результат достигается тем, что кольцевой эрбиевый волоконный лазер с синхронизацией мод излучения содержит лазерный диод накачки и волоконный кольцевой резонатор с суммарной нормальной дисперсией близкой к нулю и состоит из спектрально селективного волоконного ответвителя оптического излучения, вход накачки которого соединен с выходом лазерного диода источника накачки, сигнальный вход соединен с волоконно-оптический разветвителем излучения, а выход модуля соединен с активным волоконным световодом, легированным ионами эрбия, с нормальной дисперсией. Другой конец активного волоконного световода соединен с волоконным световодом с нормальной дисперсией, соединённым с контроллером поляризации оптического излучения, который соединён с изолятором-поляризатором оптического излучения, соединённым, в свою очередь, со вторым контроллером поляризации излучения, который соединен с волоконным световодом с аномальной дисперсией и ступенчатым профилем показателя преломления, выход которого соединён с волоконно-оптическим разветвителем излучения. При этом в качестве волоконного световода с нормальной дисперсией использован высоконелинейный волоконный световод со ступенчатым профилем показателя преломления. Примененный высоконелинейный волоконный световод со ступенчатым профилем показателя преломления позволяет компенсировать суммарную дисперсию второго и третьего порядка в резонаторе, повысить энергию и пиковую мощность импульсов на выходе лазера за счет эффективной селекции ультракоротких импульсов на меньшей по сравнению с прототипом длине резонатора и, таким образом, достигнуть компактности предлагаемого устройства. В качестве настраиваемого фильтра ультракоротких импульсов использован компактный изолятор-поляризатор оптического излучения и два контроллера поляризации излучения, установленные с двух сторон от указанного компактного изолятора-поляризатора. 1 ил.

**Компактный кольцевой эрбиевый волоконный лазер с синхронизацией мод
на основе световода с высокой нелинейностью**

Область техники

Полезная модель относится к лазерной технике, в частности к волоконным лазерам, генерирующим оптическое излучение на длине волны 1,58 мкм в виде сверхкоротких световых импульсов с большой пиковой мощностью. Лазеры подобного типа обладают высокой энергией лазерного импульса, что является необходимым во многих приложениях лазерной техники, например, таких как обработка материалов, передача данных и для медицинских применений.

Уровень техники

Известно множество устройств, предназначенных для получения генерации на длине волны 1,58 мкм и основанных на принципе синхронизации мод излучения в волоконных лазерах (например, патент РФ на полезную модель № 138626, опубл. 20.03.2014; патент РФ на полезную модель № 119531, опубл. 20.08.2012; патент РФ на полезную модель № 119946, опубл. 27.08.2012; патент РФ на полезную модель № 124061, опубл. 10.01.2013; патент РФ на полезную модель № 137427, опубл. 10.02.2014; патент РФ на полезную модель № 139786, опубл. 20.04.2014).

Например, известен волоконный лазер с синхронизацией мод излучения за счет эффекта нелинейной эволюции поляризации излучения в оптоволокне (патент РФ на полезную модель № 138626, опубл. 20.03.2014). Режим синхронизации мод реализуется настройкой контроллеров поляризации оптического излучения, присутствующих в резонаторе волоконного лазера, с контролем стабильности синхронизации мод на выходе лазерного резонатора с помощью радиочастотного анализатора спектра.

Недостатками данного технического решения является то, что пиковая мощность в лазерном импульсе ограничена из-за значительной длины резонатора, необходимой для эффективной селекции ультракоротких импульсов за счет эффекта нелинейной эволюции поляризации излучения в оптоволокне. Еще одним недостатком подобного решения можно считать громоздкость предложенной лазерной установки из-за необходимости иметь внешний контроль лазерного излучения.

Наиболее близким аналогом (прототипом) предлагаемого устройства можно признать волоконный лазер с синхронизацией мод излучения, описанный в работе: J. Boguslawski, J. Sotor, G. Sobon, and K. M. Abramski, "80 fs passively mode-locked Er-doped fiber laser," *Laser Physics* 25, 065104 (2015). В схеме прототипа волоконный лазер с синхронизацией мод излучения состоит из источника накачки и волоконного кольцевого резонатора с суммарной нормальной дисперсией, близкой к нулю, включающего волоконный модуль спектрального сведения оптического излучения, вход накачки которого соединен с выходом источником накачки, сигнальный выход соединен с активным волоконным световодом, другой конец активного волоконного световода соединен с модулем волоконно-оптического разветвителя, который соединён с контроллером поляризации, который, в свою очередь, соединён с волоконным световодом с нормальной дисперсией и ступенчатым профилем показателя преломления. Другой конец волоконного световода с нормальной дисперсией и ступенчатым профилем показателя преломления соединён с модулем поляризационного изолятора оптического излуче-

ния, состоящего из изолятора и волоконного ответвителя оптического излучения с поддержкой поляризации. Поляризационный контроллер оптического излучения обеспечивает запуск режима синхронизации мод излучения и управление параметрами режима синхронизации мод.

Однако в прототипе неконтролируемая настройка контроллера поляризации может приводить к реализации нестабильных режимов генерации, характеризующихся внутриимпульсными флуктуациями интенсивности и фазы светового поля, а также к генерации групп импульсов. Описанные эффекты приводят к уменьшению энергии импульсов и их пиковой мощности.

Раскрытие полезной модели

Технический результат, на достижение которого направлена предлагаемая полезная модель, заключается в получении энергетических характеристик и энергии импульсов, выходящих из лазера, значительно превышающих аналогичные характеристики устройства прототипа.

Указанный технический результат достигается тем, что кольцевой эрбиевый волоконный лазер с синхронизацией мод излучения содержит лазерный диод накачки и волоконный кольцевой резонатор с суммарной нормальной дисперсией близкой к нулю и состоит из спектрально селективного волоконного ответвителя оптического излучения, вход накачки которого соединен с выходом лазерного диода источника накачки, сигнальный вход соединен с волоконно-оптическим разветвителем излучения, а выход модуля соединен с активным волоконным световодом, легированным ионами эрбия, с нормальной дисперсией. Другой конец активного волоконного световода соединен с волоконным световодом с нормальной дисперсией, соединённым с контроллером поляризации оптического излучения, который соединён с изолятором-поляризатором оптического излучения, соединённым, в свою очередь, со вторым контроллером поляризации излучения, который соединен с волоконным световодом с аномальной дисперсией и ступенчатым профилем показателя преломления, выход которого соединён с волоконно-оптическим разветвителем излучения. При этом в качестве волоконного световода с нормальной дисперсией использован высоконелинейный волоконный световод со ступенчатым профилем показателя преломления. Примененный высоконелинейный волоконный световод со ступенчатым профилем показателя преломления позволяет компенсировать суммарную дисперсию второго и третьего порядка в резонаторе, повысить энергию и пиковую мощность импульсов на выходе лазера за счет эффективной селекции ультракоротких импульсов на меньшей по сравнению с прототипом длине резонатора и, таким образом, достигнуть компактности предлагаемого устройства. В качестве настраиваемого фильтра ультракоротких импульсов использован компактный изолятор-поляризатор оптического излучения и два контроллера поляризации излучения, установленные с двух сторон от указанного компактного изолятора-поляризатора.

На фиг. 1 изображена структура последовательной цепи элементов предлагаемого компактного кольцевого эрбиевого волоконного лазера.

Осуществление полезной модели

На фиг. 1 изображены: 1 – лазерный диод накачки; 2 – спектрально селективный волоконный ответвитель оптического излучения; 3 – активный волоконный световод, легирован-

ный ионами эрбия; 4 – высоконелинейный волоконный световод; 5 – поляризационный контроллер оптического излучения; 6 – изолятор-поляризатор оптического излучения; 7 – поляризационный контроллер оптического излучения; 8 – волоконный световод с аномальной дисперсией; 9 – выход лазера; 10 – волоконно-оптический разветвитель оптического излучения.

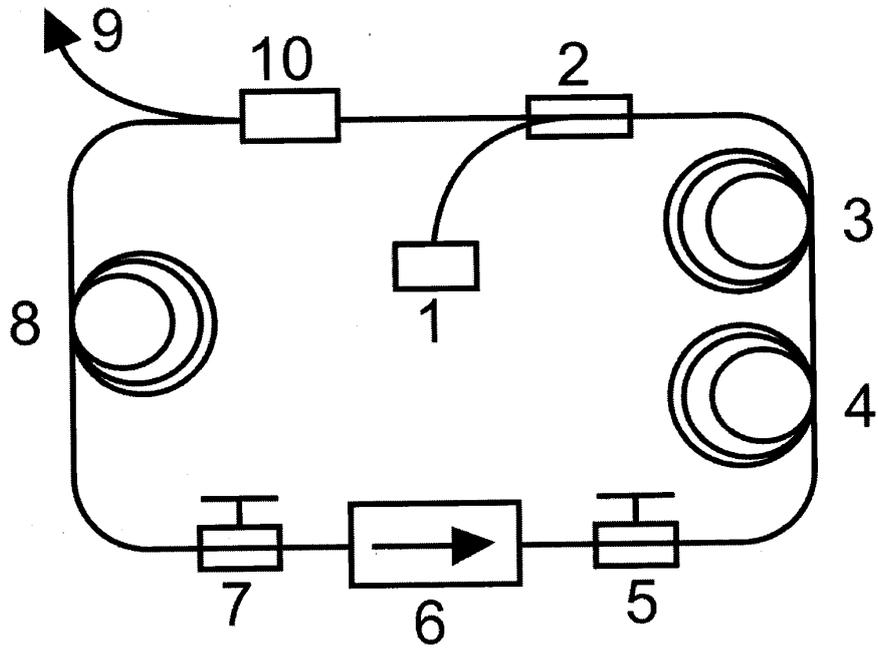
Предлагаемое устройство работает следующим образом. Механизм действия нелинейной эволюции поляризации для получения синхронизации мод излучения основан на разнице интенсивностей ортогонально поляризованных компонент излучения и их различного поворота при распространении по волоконному световоду вследствие эффекта Керра.

Ключевым элементом является поляризационный фильтр оптического излучения, который вносит потери, зависящие от интенсивности излучения. В данной схеме в качестве поляризационного фильтра используется изолятор-поляризатор оптического излучения 6, который осуществляет также функцию изолятора для получения однонаправленной генерации импульсов. Два поляризационных контроллера оптического излучения 5 и 7 установлены в кольцевом резонаторе с двух сторон от изолятора-поляризатора 6 и используются для настройки режима генерации волоконного лазера. Накачка активного волоконного световода, легированного ионами эрбия, осуществляется через спектрально селективный волоконный ответвитель оптического излучения 2 лазерным диодом накачки 1 на длине волны 980 нм с одномодовым излучением на выходе с оптической мощностью от 100 мВт до 500 мВт. Выход лазера 9 представляет собой плечо волоконного разветвителя оптического излучения 10. В качестве активного волоконного световода 3 используется волоконный световод, легированный ионами эрбия, с поглощением $\sim 6,5$ дБ/м на длине волны накачки и коэффициентом дисперсии, равным $-17,4$ пс/(нм·км) на длине волны 1550 нм.

Высоконелинейный волоконный световод 4 представляет собой одномодовый германо-силикатный световод с содержанием оксида германия в сердцевине от 50 до 99 мол. %, коэффициентом дисперсии световода равным от -100 до -800 пс/(нм·км) на длине волны 1,58 мкм и высоким коэффициентом нелинейности γ в диапазоне от 10 до 70 (1/(Вт·км)). Суммарное внутррезонаторное значение параметра дисперсии групповых скоростей β_2 в схеме лазера составило $+0,022$ пс² при соответствующей подобранной длине волоконного световода с аномальной дисперсией 8 (использовалась марка SMF-28 Corning Corp. световода такого типа).

Предлагаемое устройство за счет применения высоконелинейного волоконного световода в составе лазера позволяет достигнуть компактности устройства и улучшенных по сравнению с прототипом энергетических характеристик импульсов. С одной стороны, компактность лазера достигается за счет сокращения длины резонатора, необходимой для эффективной селекции сверхкоротких импульсов. С другой стороны, удается достичь энергии выходящих из резонатора импульсов до 3 нДж и пиковой мощности до 35 кВт, что до 5 раз превышает аналогичные характеристики работы прототипного устройства по данным прототипного устройства в опубликованной статье.

Таким образом, предлагаемое лазерное устройство может быть использовано в качестве источника сверхкоротких лазерных импульсов с большой пиковой мощностью с центральной длиной волны излучения 1,58 мкм для решения задач прецизионной спектроскопии, метрологии оптических частот и астрофизики.



Фиг.1