



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК
G01C 3/08 (2006.01)
G01S 17/02 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007122010/28, 15.06.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.06.2007

(45) Опубликовано: 20.04.2009 Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2269804 C1, 10.02.2006. US 5013917 A,
07.05.1991. US 5822047 A, 13.10.1998. US
5381222 A, 10.01.1995.

Адрес для переписки:
117342, Москва, ул. Введенского, 3, ЗАО
"Скат-Р", В.Г. Вильнеру

(72) Автор(ы):

Вильнер Валерий Григорьевич (RU),
Вильнер Ирина Вольфовна (RU),
Волобуев Владимир Георгиевич (RU),
Дубинин Владимир Иванович (RU),
Значко Константин Витальевич (RU),
Рудь Евгений Леонидович (RU),
Рябокуль Борис Кириллович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Вильнер Валерий Григорьевич (RU),
Вильнер Ирина Вольфовна (RU),
Волобуев Владимир Георгиевич (RU),
Дубинин Владимир Иванович (RU),
Значко Константин Витальевич (RU),
Рудь Евгений Леонидович (RU),
Рябокуль Борис Кириллович (RU)

(54) СПОСОБ ЛАЗЕРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ УДАЛЕННОГО ОБЪЕКТА

(57) Реферат:

Способ лазерного зондирования удаленного объекта, включающий посылку на объект лазерного импульса с помощью лазера в режиме модулированной добротности, регистрацию момента посылки T_1 , прием отраженного удаленным объектом излучения, регистрацию момента приема T_2 и определение временного интервала $T=T_2-T_1$, по которому судят о дальности до объекта, отличающийся тем, что после момента T_2 посылают на объект второй лазерный импульс, регистрируют момент его посылки T_3 , формируют временной

интервал $T'=T-\Delta T$ и, начиная с момента времени $T_4=T_3+T'$, регистрируют форму принимаемого сигнала в течение времени $t_s=2r/c+\Delta T$, где r - максимально возможная протяженность объекта вдоль трассы зондирования; c - скорость света; $\Delta T=2\Delta r/c$; Δr - протяженность отрезка трассы перед объектом, подлежащая анализу. Технический результат заключается в одновременном, максимально точном определении пространственной структуры зондируемого объекта и дальности до него при минимальном объеме аппаратуры. 3 з.п. ф-лы, 1 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
G01C 3/08 (2006.01)
G01S 17/02 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2007122010/28, 15.06.2007**

(24) Effective date for property rights:
15.06.2007

(45) Date of publication: **20.04.2009 Bull. 11**

Mail address:
117342, Moskva, ul. Vvedenskogo, 3, ZAO "Skat-R", V.G. Vil'neru

(72) Inventor(s):

**Vil'ner Valerij Grigor'evich (RU),
Vil'ner Irina Vol'fovna (RU),
Volobuev Vladimir Georgievich (RU),
Dubinin Vladimir Ivanovich (RU),
Znachko Konstantin Vital'evich (RU),
Rud' Evgenij Leonidovich (RU),
Rjabokul' Boris Kirillovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Vil'ner Valerij Grigor'evich (RU),
Vil'ner Irina Vol'fovna (RU),
Volobuev Vladimir Georgievich (RU),
Dubinin Vladimir Ivanovich (RU),
Znachko Konstantin Vital'evich (RU),
Rud' Evgenij Leonidovich (RU),
Rjabokul' Boris Kirillovich (RU)**

(54) METHOD OF LASER PROBING OF REMOTE OBJECT

(57) Abstract:

FIELD: physics, measurement.

SUBSTANCE: method of remote object laser probing that includes sending of laser pulse to object with the help of laser in mode of modulated quality factor, registration of sending moment T1, reception of radiation reflected by remote object, registration of reception moment T2 and determination of time interval $T=T_2-T_1$, which is used to identify remoteness of object, which differs by the fact that after moment T2 the second laser pulse is sent to object, moment of its sending T3 is

registered, time interval $T'=T-\Delta T$ is formed and, starting from the moment of time $T_4=T_3+T'$, form of received signal is registered for the time $t_s=2r/c+\Delta T$, where r is maximum possible length of object along probing route; c is light velocity; $\Delta T=2\Delta r/c$; Δr is length of route section in front of object that is subject to analysis.

EFFECT: provision of simultaneous, maximum accurate definition of spatial structure of probed object and distance to it at minimum volume of equipment.

4 cl, 1 dwg

Изобретение относится к лазерной технике, а именно к лазерной дальнометрии.

Известны способы лазерного зондирования удаленных объектов для получения информации об их дальности и других характеристиках. Известен способ лазерного зондирования удаленного объекта, включающий посылку на объект лазерного импульса, регистрацию момента посылки T_1 , прием отраженного удаленным объектом излучения, регистрацию момента приема T_2 и определение временного интервала $T=T_2-T_1$, по которому судят о дальности до объекта [1]. Этот способ позволяет, в частности, определять высоту летательного аппарата над подстилающей поверхностью, а при достаточно высокой частоте зондирований - снимать профиль подстилающей поверхности. Данный способ реализуется, например, лазерным высоотомером-дальномером ДЛ-1 с помощью полупроводникового импульсного лазера [2]. Указанный прибор предназначен для измерения расстояния до естественных объектов и определения профиля подстилающей поверхности с высокой точностью и разрешающей способностью. Однако низкая мощность полупроводникового лазера не позволяет обеспечить дальность действия более 1000 м.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому способу является способ лазерного зондирования удаленного объекта, включающий посылку на объект лазерного импульса с помощью лазера в режиме модулированной добротности, регистрацию момента посылки T_1 , прием отраженного удаленным объектом излучения, регистрацию момента приема T_2 и определение временного интервала $T=T_2-T_1$, по которому судят о дальности до объекта [3]. Дальность лазерного зондирования при этом может достигать 20000 м и более.

Недостатком указанного способа является его практическая непригодность для регистрации формы отраженного объектом сигнала, которая может нести важную информацию о протяженности объекта вдоль трассы зондирования (так, при съемке профиля подстилающей поверхности форма отраженного сигнала характеризует высоту растительности). Этот недостаток вызывается двумя причинами. Первая из них - необходимость регистрации структуры принимаемого сигнала практически на протяжении всей трассы зондирования от прибора до зондируемого объекта или, в лучшем случае, на ограниченном отрезке трассы, на котором по априорным данным находится объект. Эта величина может достигать нескольких десятков и сотен метров, что требует большого объема памяти при регистрации сигнала. Вторая причина - необходимость осуществлять одновременное измерение дальности и регистрации формы сигнала. В этом случае электрические наводки, неизбежные в процессе измерения дальности, искажают принимаемый сигнал и не позволяют регистрировать его форму с достаточной точностью.

Задачей изобретения является одновременное определение с максимальной точностью пространственной структуры зондируемого объекта и дальности до него при минимальном объеме аппаратуры.

Указанная задача решается за счет того, что в известном способе лазерного зондирования удаленного объекта, включающем посылку на объект лазерного импульса с помощью лазера в режиме модулированной добротности, регистрацию момента посылки T_1 , прием отраженного удаленным объектом излучения, регистрацию момента приема T_2 и определение временного интервала $T=T_2-T_1$, по которому судят о дальности до объекта, после момента T_2 посылают на объект второй лазерный импульс, регистрируют момент его посылки T_3 , формируют временной интервал $T'=T-\Delta T$ и, начиная с момента времени $T_4=T_3+T'$, регистрируют форму принимаемого сигнала в течение времени $t_s=2r/c+\Delta T$, где r - максимально

возможная протяженность объекта вдоль трассы зондирования; c - скорость света; $\Delta T = 2\Delta r/c$; Δr - протяженность отрезка трассы перед объектом, подлежащая анализу.

Для регистрации формы принимаемого сигнала в течение времени t_s можно регистрировать выборочные значения принимаемого сигнала с периодом выборки $\delta t < 2\delta r/c$, где δr - минимально разрешаемый элемент зондируемого объекта.

Для формирования первого и второго лазерных зондирующих импульсов можно подавать на лазер избыточную энергию накачки, обеспечивающую возможность излучения двух лазерных импульсов за один цикл накачки, и включать добротность дважды в течение одного цикла накачки с интервалом $T_{изл} = T_3 - T_1$.

При использовании лазера с пассивной модуляцией добротности накачку производят с такой интенсивностью, чтобы после самопроизвольного излучения первого лазерного импульса дальнейшая активизация лазера, достаточная для его повторного срабатывания, продолжалась не менее времени $T_{изл} = 2R_{макс}/c$, где $R_{макс}$ - верхнее значение диапазона измеряемых дальностей.

На чертеже представлена временная диаграмма процесса зонирования.

В направлении объекта посылают первый лазерный зондирующий импульс 1, принимают первый отраженный объектом импульс 2, затем посылают второй зондирующий импульс 3 и принимают второй отраженный импульс 4. При превышении первым 1 и вторым 3 зондирующими импульсами порога 5 формируют соответственно первый 6 и второй 7 стартовые сигналы. При превышении первым отраженным импульсом 2 порога 8 формируют стоповый импульс 9. Регистрируют моменты формирования первого и второго стартовых сигналов T_1 и T_3 и момент формирования первого стопового сигнала T_2 . Определяют интервал времени T между моментами T_1 и T_2 . Затем, начиная с момента T_3 , формируют временной интервал T' и по его окончании в момент времени T_4 регистрируют отрезок 10 реализации принятого сигнала длительностью t_s . Например, при определении структуры нижней границы облаков глубина подлежащей регистрации облачной структуры $r = 50$ м, а протяженность подоблачного слоя, влияющего на результаты анализа, $\Delta r = 20$ м. Тогда $\Delta T = 2\Delta r/c = 133$ нс, а величина исследуемого интервала $t_s = 2r/c + \Delta T = 467$ нс.

Сигнал на временном отрезке t_s можно представить последовательностью выборок с аналого-цифровым преобразованием каждой выборки. Например, при дискретности 10 нс для приведенного примера с величиной $t_s = 467$ нс объем полученного массива данных составляет 47 выборок.

При реализации способа с помощью твердотельного импульсного лазера с модулированной добротностью возможно излучение двух зондирующих импульсов за один цикл накачки лазера. Для этого подают на лазерный излучатель энергию накачки, достаточную для излучения двух лазерных импульсов за один цикл накачки, и дважды включают добротность с интервалом $T_{изл} = T_3 - T_1$. При использовании управляемых затворов (например, электрооптического затвора) управляющий сигнал на открывание затвора подают дважды с интервалом $T_{изл}$.

Возможно также излучение двух зондирующих импульсов за один цикл накачки при использовании лазера с фототропным затвором. Для этого накачку производят с такой интенсивностью, чтобы после самопроизвольного излучения первого лазерного импульса дальнейшая активизация лазера, достаточная для его повторного срабатывания, продолжалась не менее времени $T_{изл} = 2R_{макс}/c$, где $R_{макс}$ - верхнее значение диапазона измеряемых дальностей, а c - скорость света.

Данный способ позволяет максимально сократить длительность регистрируемой реализации принимаемого сигнала за счет синхронизации начала процесса регистрации с началом сигнала. Способ позволяет также начинать регистрацию сигнала с некоторым опережением ΔT , необходимым, если представляет интерес характер возникновения и нарастания сигнала. Поскольку при повторном зондировании пороговая обработка принимаемого сигнала может не проводиться, процесс регистрации сигнала не сопровождается помехами, возникающими при пороговой обработке и формировании стопового импульса. Это повышает качество регистрации сигнала. Благодаря минимизации интервала дискретизации и точной его привязке к регистрируемому сигналу предельно упрощается регистрирующая аппаратура и необходимый объем памяти.

Использование для зондирования импульсного лазера с модулированной добротностью позволяет предельно сократить интервал между первым и вторым зондированиями, что повышает достоверность регистрации данных. Так при зондировании лесного массива с летательного аппарата при максимальной высоте полета $R_{\text{макс}}=3000$ м интервал между излучениями может составлять $T_{\text{изл}}=20$ мкс. При скорости летательного аппарата 200 км/ч за это время он переместится на 1 мм, то есть результаты измерения дальности до объекта и регистрации его профиля получаются практически из одной точки. При одноимпульсном зондировании это было бы невозможно.

Предлагаемый способ лазерного зондирования удаленного объекта обеспечивает одновременное определение пространственной структуры зондируемого объекта и дальности до него при минимальном объеме аппаратуры и максимальной точности.

Источники информации

1. В.А. Смирнов «Введение в оптическую радиоэлектронику». Изд. «Советское радио», М., 1973 г., с.189.
2. "Техномир" №1 (31), 2009 г., с.48.
3. В.А. Волохатюк, В.М. Кочетков, Р.Р. Красовский "Вопросы оптической локации" Изд. "Советское радио", М., 1971 г., с.177, 196 - прототип.

Формула изобретения

1. Способ лазерного зондирования удаленного объекта, включающий посылку на объект лазерного импульса с помощью лазера в режиме модулированной добротности, регистрацию момента посылки T_1 , прием отраженного удаленным объектом излучения, регистрацию момента приема T_2 и определение временного интервала $T=T_2-T_1$, по которому судят о дальности до объекта, отличающийся тем, что после момента T_2 посылают на объект второй лазерный импульс, регистрируют момент его посылки T_3 , формируют временной интервал $T'=T-\Delta T$ и, начиная с момента времени $T_4=T_3+T'$, регистрируют форму принимаемого сигнала в течение времени $t_s=2r/c+\Delta T$, где r - максимально возможная протяженность объекта вдоль трассы зондирования; c - скорость света; $\Delta T=2\Delta r/c$; Δr - протяженность отрезка трассы перед объектом, подлежащая анализу.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в течение времени t_s регистрируют выборочные значения принимаемого сигнала с периодом выборки $\Delta t < 2\delta r/c$, где δr - минимально разрешаемый элемент зондируемого объекта.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что на лазер подают избыточную энергию накачки, обеспечивающую возможность излучения двух лазерных импульсов за один цикл накачки, и включают добротность дважды в течение одного цикла накачки с

интервалом $T_{\text{изл}} = T_3 - T_1$.

5 4. Способ по п.3, отличающийся тем, что накачку лазера производят с такой интенсивностью, чтобы после самопроизвольного излучения первого лазерного импульса дальнейшая активизация лазера, достаточная для его повторного срабатывания, продолжалась не менее времени $T_{\text{изл}} = 2R_{\text{макс}}/c$, где $R_{\text{макс}}$ - верхнее значение диапазона измеряемых дальностей.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

