

WO 2012/057653 A1

**(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)**

**(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности**
Международное бюро



(10) Номер международной публикации

WO 2012/057653 A1

**(43) Дата международной публикации
03 мая 2012 (03.05.2012)**

РСТ

(51) Международная патентная классификация:
G01S 17/42 (2006.01) H01S 3/10 (2006.01)

(74) Агент: ОАО "РКК "ЭНЕРГИЯ", ОТДЕЛ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(S.P. KOROLEV ROCKET AND SPACE PUBLIC
CORPORATION ENERGIA); ул. Ленина, 4а,
Королев, Московской обл., 141070, Korolev (RU).

(21) Номер международной заявки: PCT/RU2011/000721

(22) Дата международной подачи:
22 сентября 2011 (22.09.2011)

(25) Язык подачи: Русский

(26) Язык публикации: Русский

(30) Данные о приоритете:
2010143468 26 октября 2010 (26.10.2010) RU

(71) Заявитель (для всех указанных государств, кроме US): **ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ КОРПОРАЦИЯ "ЭНЕРГИЯ" ИМЕНИ С. П. КОРОЛЕВА (S.P. KOROLEV ROCKET AND SPACE PUBLIC CORPORATION ENERGIA)** [RU/RU]; ул. Ленина, 4а, Королев, Московская обл., 141070, Korolev (RU).

(72) Изобретатели; и

(75) Изобретатели/Заявители (только для US):
ЛОПОТА, Виталий Александрович (LOPOTA, Vitaly Aleksandrovich) [RU/RU]; ул. Политехническая, 17/3-17, Санкт-Петербург, 194021, St.Petersburg (RU).
ЛЕГОСТАЕВ, Виктор Павлович (LEGOSTAEV, Victor Pavlovich) [RU/RU]; ул. Кибальчича, 12/2-175, Москва, 127081, Moscow (RU). **РУДОЙ, Игорь Георгиевич** (RUDOV, Igor Georgievich) [RU/RU]; Свободный проспект, 7/2-255, Москва, 111555, Moscow (RU). **СОРОКА, Аркадий Матвеевич** (SOROKA, Arkadiy Matveevich) [RU/RU]; ул. Новаторов, 10/1-291, Москва, 119421, Moscow (RU).
ЗЕЛЕНИЦЫКОВ, Антон Николаевич (ZELENSHCHIKOV, Anton Nikolaevich) [RU/RU]; ул. Октябрьская, 12/2-72, Королёв, Московская обл., 141070, Korolev (RU).

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Декларации в соответствии с правилом 4.17:

— об авторстве изобретения (правило 4.17 (iv))

Опубликована:

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

(54) Title: LASER LOCATION METHOD

(54) Название изобретения: СПОСОБ ЛАЗЕРНОЙ ЛОКАЦИИ

(57) Abstract: The laser location method consists in that, when determining the position of an object, which comprises scanning a space with a sequence of laser signals generated by a laser locator, recording laser signals scattered and/or reflected by the object, determining the distance to the object over the delay time between the emitted and received signals and the angular position of the object on the basis of the direction of the corresponding emitted signal, a train of at least two pulses with a variable time interval between the pulses and/or a variable pulse amplitude ratio in each train is used as the signal generated by the laser locator.

(57) Реферат: Способ лазерной локации заключается в том, что при определении положения объекта, включающем сканирование пространства последовательностью лазерных сигналов, генерируемых лазерным локатором, регистрацию рассеянных и/или отраженных объектом лазерных сигналов, определение расстояния до объекта по времени задержки между излученными и принятыми сигналами, а углового положения объекта по направлению соответствующего излученного сигнала, в качестве генерируемого лазерным локатором сигнала используют цуг из по меньшей мере двух импульсов с изменяемыми промежутком времени между импульсами и/или соотношением амплитуд импульсов в каждом цуге.

СПОСОБ ЛАЗЕРНОЙ ЛОКАЦИИ

Область техники

5 Заявляемое техническое решение относится к способам определения местоположения объектов, точнее к способам лазерной локации, и представляет интерес для лазерной локации космических объектов, поверхности Земли, лазерной геодезии, а также может быть использовано для определения скорости движущегося объекта.

10 Предшествующий уровень техники

Известен способ определения расстояния до удаленного объекта, включающий облучение его лазерным сигналом, прием отраженного или рассеянного объектом сигнала и определения времени задержки ΔT между моментами излучения зондирующего и 15 приема отраженного или рассеянного объектом сигналов, при этом расстояние до объекта L определяется простой формулой $L = c\Delta T/2$, где c - скорость света (Смирнов В.А. «Введение в оптическую радиоэлектронику». М.: Советское радио. 1973-189 с.).

Достоинством известного способа является возможность 20 определять расстояние до удаленных, в том числе на космические расстояния, объектов с высокой точностью, которая фактически определяется быстродействием приемной системы и возможностью локатора генерировать короткие световые импульсы (прежде всего, с коротким передним фронтом). При давно достигнутом уровне 25 быстродействия $\sim 0,1$ нс расстояние может быть определено с точностью несколько сантиметров, именно такая точность достигнута,

например, при лазерной локации Луны.

Недостатком известного способа является невозможность с достаточной точностью определить направление на лоцируемый объект, обычно это направление известно заранее (как в случае, 5 например, лазерной локации Луны было точно известно положение уголковых отражателей, возвращавших сигнал локатора). В другом варианте реализации известного способа генерируется мощный лазерный импульс, которым сразу «засвечивается» значительный участок пространства (значительный телесный угол), в котором 10 лоцируемый объект находится заведомо, то есть расходимость используемого лазерного излучения достаточна велика. Это позволяет определить расстояние до объекта, однако не его положение в пространстве. Необходимость использования высокоэнергетичных лазерных локаторов является значительным недостатком известного 15 способа, поскольку для этого требуется достаточно мощная и относительно громоздкая лазерная установка. Очевидно, что если зондирующее излучение может иметь в 10 раз меньшую расходимость, то энергия лазерного импульса может быть снижена, минимум, в 100 раз (если расстояние до объекта достаточно велико).

20 Наиболее близким техническим решением (прототипом) является способ лазерной локации, включающий сканирование пространства последовательностью лазерных сигналов, генерируемых лазерным локатором, регистрацию рассеянного и/или отраженного объектом лазерного сигнала и определение расстояния до объекта по 25 времени задержки между излученным и принятым сигналами, а углового положения объекта по направлению излученного сигнала (Матвеев И.Н., Протопопов В.В. и др. «Лазерная локация». М.: Машиностроение. 1984-272 с.). В известном способе сканирующее

устройство осуществляет программируемый поворот в пространстве зондирующего лазерного луча со сравнительно малой расходимостью. Использование известного способа позволяет определить не только расстояние до объекта, но и его угловое положение в пространстве, а 5 двукратное применение соответствующей процедуры (то есть, определение положения объекта в два различных момента времени) позволяет найти скорость объекта.

Основным недостатком известного способа является его сравнительно низкая производительность при определении положения 10 объекта с достаточно высокой точностью. В самом деле, следующий лазерный сигнал излучается после того, как зафиксирован «возвращенный объектом» предшествующий сигнал или когда можно гарантировать, что в зондируемой области пространства искомого объекта нет (иначе возможно «перепутать», какому излученному 15 сигналу соответствует зарегистрированный сигнал). Сформулированное условие ограничивает частоту следования лазерных сигналов f на предельном уровне $f_{max} = c/2L$ и, соответственно, время определения положения (поиска) объекта может быть велико. Например, если объект может быть расположен 20 на расстоянии до 300 км, то максимальная частота работы лазерного локатора составит 500 Гц. Если известно, что объект находится в области с поперечным размером 10x10 км, а требуется определить его положение с точностью 100x100 метров (требуемая расходимость лазерного излучения составляет всего лишь ~0,3 мрад и соответствует 25 апертуре телескопа менее 1 см для дифракционного качества излучения и длины волны зондирующего излучения ~ 1 мкм, угловая точность сканирующего устройства может быть на порядок выше), то всего может потребоваться 10.000 лазерных импульсов и,

соответственно, около 20 секунд. Заметим, что за такое время объект может выйти за пределы исследуемой области (для этого достаточно поперечной скорости ~500 м/с).

Указанная причина ограничивает, в том числе, рабочую частоту и производительность лазерных локаторов, применяемых для лазерного зондирования земной поверхности, поскольку каждый следующий зондирующий импульс может быть излучен только после того, как зарегистрирован предыдущий «отраженный» импульс (Данилин И.М., Медведев Е.М., Мельников С.Р. «Лазерная локация Земли и леса»: Учебное пособие. Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. 2005–182 с.). В результате стоимость, например, лазерных геодезии и топографии высокого разрешения оказывается достаточно высокой.

Раскрытие изобретения

Техническим результатом изобретения является увеличение производительности лазерной локации.

Технический результат достигается тем, что в способе лазерной локации, включающем сканирование пространства последовательностью лазерных сигналов, генерируемых лазерным локатором, регистрацию рассеянных и/или отраженных объектом лазерных сигналов, определение расстояния до объекта по времени задержки между излученными и принятыми сигналами, а углового положения объекта - по направлению соответствующего излученного сигнала, в качестве генерируемого лазерным локатором сигнала используют цуг из по меньшей мере двух импульсов с изменяемыми промежутками времени между импульсами и/или соотношением амплитуд импульсов в каждом цуге.

Под амплитудой импульса, в зависимости от соотношения между длительностью отдельного импульса t_i и временным разрешением системы регистрации t_{pr} , подразумевается энергия импульса (если $t_i < t_{pr}$) или его мощность (если $t_i > t_{pr}$).

5 Применение заявляемого технического решения позволяет фактически «промаркировать» излучаемые лазерным локатором сигналы и установить взаимно однозначное соответствие между излученным и принятым сигналами. В результате даже при значительно более высокой, чем в прототипе, частоте следования 10 генерируемых локатором лазерных сигналов возможно определить, какому излученному сигналу соответствует принятый, и, соответственно, используя только быстродействующий фотоприемник, одновременно определить расстояние до объекта (по времени задержки) и угловое положение объекта (по направлению, в 15 котором излучался тот сигнал, который в дальнейшем был принят).

Вариант осуществления изобретения

Реализация заявляемого технического решения для описанного выше примера локализации объекта, находящегося на расстоянии ~300 км, в области с поперечным размером 100x100 метров может 20 быть, например, следующей. Лазерный локатор на частоте 100 кГц генерирует последовательность из цугов парных («сдвоенных») коротких (~1 нс) импульсов с изменяемым промежутком времени между ними, например: в первой паре второй импульс следует через 20 нс после первого, во второй паре — через 40 нс, в сотом цуге 25 импульсов промежуток между импульсами составит 2 мкс и т.д.; после генерации 200 сдвоенных импульсов (промежуток времени между последними импульсами в паре составит 4 мкс) описанная

выше последовательность цугов повторяется. Здесь частота 100 кГц означает, что промежуток времени между первыми лазерными импульсами в последовательно генерируемых цугах составляет 10 мкс. Таким образом, по промежутку времени между импульсами в 5 цуге (при достаточном разрешении системы регистрации) возможно определить «номер» и момент генерации именно этого цуга. Один и тот же промежуток времени между двумя импульсами в цуге повторяется через 2 мс (10 мкс x 200), что как раз соответствует максимальному расстоянию до объекта 300 км. То есть, при 10 регистрации возвращаемого объектом сигнала возможно «перепутать» только расстояние L и $L+300$ (L — расстояние до объекта в километрах), что, очевидно, не произойдет при $L \leq 300$ км, поскольку амплитуда принимаемого сигнала будет отличаться многократно.

При той же самой, как в прототипе, расходимости излучения 15 0,3 мрад (пространственном «разрешении» 100 метров) время просмотра области пространства 10x10 км с расстояния ~300 км составит 0,1 с и уменьшится в 200 раз по сравнению с прототипом. Заметим, что необходимая для работы на указанной частоте 100 кГц 20 угловая скорость поворота луча ~30 рад/с современными сканирующими устройствами обеспечивается с кратным запасом. Кроме того, при предварительной локализации объекта в области, например, 1x1 км время фиксации объекта может быть дополнительно уменьшено в 10 раз (или улучшено пространственное разрешение).

Если объект предположительно находится на большем 25 расстоянии или необходима более высокая частота сканирования (меньшее время просмотра пространства), то период генерируемой последовательности цугов может быть, например, устроен следующим образом: вначале генерируется описанная выше последовательность

цугов с одинаковой амплитудой обоих импульсов в каждом цуге, затем генерируется последовательность из 200 цугов с аналогично изменяемым промежутком времени между импульсами в цуге, но с амплитудой первого импульса, например, втрое большей, чем амплитуда второго импульса, затем генерируется последовательность из 200 цугов с обратным соотношением между амплитудами генерируемых импульсов в цуге. При использовании для «маркировки» излучаемых лазерным локатором сигналов цугов, состоящих, например, из трех импульсов, генерируемая последовательность из неповторяемых цугов может быть еще значительно длиннее.

В заявляемом техническом решении существенно используется тот факт, что в каждом конкретном цуге промежуток времени между входящими в цуг импульсами мал и не превышает несколько микросекунд. Это означает, что при любой реальной скорости лоцируемого объекта, если на него попадает один импульс из цуга, то попадут и все остальные импульсы из этого цуга. Действительно, при максимальном промежутке времени между импульсами в одном цуге 4 мкс и поперечной скорости объекта 8 км/с (первая космическая скорость) перемещение объекта (и приемника сигнала) между импульсами составит всего ~3 см. Это также означает, что все импульсы из одного цуга распространяются фактически по одной и той же траектории и потери при прохождении светом этой траектории с хорошей точностью одинаковы для всех импульсов, составляющих отдельный цуг — следовательно, соотношение амплитуд принятых импульсов в цуге будет соответствовать соотношению амплитуд излученных импульсов в этом цуге.

Аналогично возможно кратное увеличение производительности

при лазерном зондировании Земли не только с «космических» расстояний (со спутников), но и при аэросъемке (с самолетов). Так, при высоте съемки (высоте полета самолета) 1,5 км частота следования зондирующих сигналов не превышает 100 кГц и может 5 быть увеличена до 500-700 кГц (и выше) с использованием заявляемого способа. В этом случае взаимное перемещение объекта и приемника сигнала в рамках одного цуга импульсов не превысит ~0,2 мм (максимальный промежуток времени между импульсами в одном цуге не больше 1 мкс, а относительная скорость объекта и приемника 10 ≤ 200 м/с).

Промышленная применимость

Генерирование лазерным локатором последовательности цугов импульсов согласно заявляемому техническому решению может быть реализовано различными средствами, например, системой генератор-усилитель, когда генератор излучает короткие импульсы на максимальной требуемой частоте (в приведенном выше примере на частоте 50 МГц, соответствующей временному интервалу 20 нс), а система управления «вырезает» требуемые для усиления импульсы, или при использовании двух (или более) соответствующим образом 15 синхронизированных лазеров. Аналогично, пространственное сканирование может быть реализовано различными методами, однако конкретная реализация заявляемого способа лазерной локации не является предметом настоящей заявки на патент.

Таким образом, применение заявляемого технического решения 25 позволяет многократно увеличить производительность лазерной локации и определять не только расстояние до объекта, но и направление на него (то есть угловое положение объекта) с

использованием высокочувствительных и быстродействующих фотоприемников вообще без использования приемников излучения с пространственным разрешением типа ПЗС-матриц – как правило, заметно менее чувствительных и с большим уровнем шумов, а также обладающих сравнительно низким быстродействием (Патент RU 2352959, МПК: G01S17/06, 20.04.2009). Заявляемый способ лазерной локации дает возможность использовать компактные маломощные лазерные локаторы, регистрировать сигнал на дневном фоне. Это позволяет сделать вывод о том, что заявляемое техническое решение удовлетворяет критериям «новизна» и «существенные отличия».

Литература:

1. Смирнов В.А. «Введение в оптическую радиоэлектронику». М.: Советское радио. 1973-189 с.
- 15 2. Матвеев И.Н., Протопопов В.В. и др. «Лазерная локация». М.: Машиностроение. 1984-272 с. (прототип).
3. Данилин И.М., Медведев Е.М., Мельников С.Р. «Лазерная локация Земли и леса»: Учебное пособие. Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. 2005–182 с.
- 20 4. Патент RU 2352959, МПК: G01S17/06, 20.04.2009.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ лазерной локации, включающий сканирование пространства последовательностью лазерных сигналов, генерируемых лазерным локатором, регистрацию рассеянных и/или отраженных 5 объектом лазерных сигналов, определение расстояния до объекта по времени задержки между излученными и принятыми сигналами, а углового положения объекта - по направлению соответствующего излученного сигнала, отличающийся тем, что в качестве генерируемого лазерным локатором сигнала используют цуг из по меньшей мере двух 10 импульсов с изменяемым промежутком времени между импульсами и/или соотношением амплитуд импульсов в каждом цуге.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2011/000721

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S17/42 (2006.01) H01S3/10 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C 3/00, 3/02, 3/06, 3/08, G01S 5/00, 5/16, 17/00-17/66, 17/88, H01S 3/00-3/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PAJ, Esp@cenet, PCT Online, USPTO DB, RUPTO, PatySearch

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4818100 A (EATON CORPORATION) 04.04.1989	1
A	RU 2084925 C1 (UZHAN YURIY VASILEVICH) 20.07.1997	1
A	US 3652161 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 28.03.1972	1
A	RU 2354994 C1 (MENSHIKH OLEG FEDOROVICH) 10.05.2009	1

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 02 February 2012 (02.02.2012)	Date of mailing of the international search report 16 February 2012 (16.02.2012)
Name and mailing address of the ISA/ Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2011/000721

A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ **G01S 17/42 (2006.01)**
H01S 3/10 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации МПК

B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА

Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации)

G01C 3/00, 3/02, 3/06, 3/08, G01S 5/00, 5/16, 17/00-17/66, 17/88, H01S 3/00-3/10

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)

PAJ, Esp@cenet, PCT Online, USPTO DB, RUPTO, PatySearch

C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:

Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	US 4818100 A (EATON CORPORATION) 04.04.1989	1
A	RU 2084925 C1 (ЧЖАН ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ) 20.07.1997	1
A	US 3652161 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 28.03.1972	1
A	RU 2354994 C1 (МЕНЬШИХ ОЛЕГ ФЁДОРОВИЧ) 10.05.2009	1



последующие документы указаны в продолжении графы С.



данные о патентах-аналогах указаны в приложении

* Особые категории ссылочных документов:	“T” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение
“A” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	“X” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности
“E” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“Y” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста
“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)	“&” документ, являющийся патентом-аналогом
“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.	
“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета	

Дата действительного завершения международного поиска

02 февраля 2012 (02.02.2012)

Дата отправки настоящего отчета о международном поиске

16 февраля 2012 (16.02.2012)

Наименование и адрес ISA/RU:

ФИПС,
РФ, 123995, Москва, Г-59, ГСП-5, Бережковская наб., 30-1

Факс: (499) 243-33-37

Уполномоченное лицо:

Гавриков К.

Телефон № 499-240-25-91