



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК
G01C 3/08 (2006.01)
G01S 17/88 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007137273/28, 10.10.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.10.2007

(43) Дата публикации заявки: 20.04.2009

(45) Опубликовано: 27.05.2010 Бюл. № 15

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **ВИЛЬНЕР В.Г. и др. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СВЕТОЛОКАЦИОННОГО ИМПУЛЬСНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ДАЛЬНОСТИ С НАКОПЛЕНИЕМ. - ФОТНИКА, 6/2007, с.22-26. ШИРМАН Я.Д. и др. ТЕОРИЯ И ТЕХНИКА ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ФОНЕ ПОМЕХ. - М.: РАДИО И СВЯЗЬ, 1981, с.81-83. US 2005134832 A1, 23.06.2005. US 6188843 B1, 13.02.2001.**

Адрес для переписки:

117342, Москва, ул. Введенского, 3, ЗАО
"Скат-Р", В.Г. Вильнеру

(72) Автор(ы):

**Вильнер Валерий Григорьевич (RU),
Волобуев Владимир Георгиевич (RU),
Рудь Евгений Леонидович (RU),
Рябокуль Борис Кириллович (RU),
Подставка Маргарита Викторовна (RU),
Седова Надежда Валентиновна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Вильнер Валерий Григорьевич (RU),
Волобуев Владимир Георгиевич (RU),
Рудь Евгений Леонидович (RU),
Рябокуль Борис Кириллович (RU)**

(54) СПОСОБ СВЕТОЛОКАЦИОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к лазерной технике, а именно к лазерной импульсной локационной дальнометрии. Способ светолокационного определения дальности методом некогерентного накопления включает в себя серию циклов зондирования, в каждом из которых на цель посылают лазерный зондирующий импульс. После излучения зондирующего импульса квантуют время на дискрету, принимают отраженный целью импульс и вырабатывают в каждой из дискрет времени гипотезу об отсутствии или наличии сигнала путем порогового преобразования принятой смеси сигнала и шума. Формируют

соответствующее гипотезе число и накапливают формируемые числа в виде сумм для каждой дискрету времени. По завершении накопления выделяют те дискрету времени, где накопленная в течение серии циклов зондирования сумма превышает заданное число, и по этим накопленным суммам судят о дальности до цели. Заявленное техническое решение направлено на увеличение максимальной дальности и точности измерения дальности без увеличения требуемой тактовой частоты и количества независимых каналов накопления с целью создания портативной аппаратуры в высокой дальностью действия. 2 з.п. ф-лы, 2 ил.

RU 2 390 724 C2

RU 2 390 724 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
G01C 3/08 (2006.01)
G01S 17/88 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2007137273/28, 10.10.2007**

(24) Effective date for property rights:
10.10.2007

(43) Application published: **20.04.2009**

(45) Date of publication: **27.05.2010 Bull. 15**

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

(72) Inventor(s):
**Vil'ner Valerij Grigor'evich (RU),
Volobuev Vladimir Georgievich (RU),
Rud' Evgenij Leonidovich (RU),
Rjabokul' Boris Kirillovich (RU),
Podstavkina Margarita Viktorovna (RU),
Sedova Nadezhda Valentinovna (RU)**

(73) Proprietor(s):
**Vil'ner Valerij Grigor'evich (RU),
Volobuev Vladimir Georgievich (RU),
Rud' Evgenij Leonidovich (RU),
Rjabokul' Boris Kirillovich (RU)**

(54) METHOD FOR LIGHT-RANGE FINDING

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: method for light-range finding through non-coherent accumulation involves a series of probing cycles in each of which a laser probing pulse is sent to a target. After emission of the probing pulse, time is quantised into samples, the pulse reflected by the target is received and in each time sample the hypothesis on absence or presence of signal is processed through threshold transformation of the received signal and noise mixture. A number corresponding to the hypothesis is formed and the

formed numbers are accumulated in form of sums for each time sample. At the end of accumulation, time samples where accumulation during a series of probing cycles the sum exceeds a given number are selected and the distance to the target is determined from these accumulated sums.

EFFECT: increased maximum range and accuracy of measuring range without increasing the required clock frequency and number of independent accumulation channels in order to make a portable device with long range of operation.

3 cl, 2 dwg

RU 2 3 9 0 7 2 4 C 2

RU 2 3 9 0 7 2 4 C 2

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

Известен способ светолокационного определения дальности [1]. Указанный способ заключается в том, что посылают на цель лазерный зондирующий импульс, принимают отраженный целью сигнал и определяют временной интервал между зондирующим и отраженным импульсами, по которому судят о дальности до цели. Этот способ не позволяет обеспечить необходимую дальность действия при использовании полупроводниковых лазеров, предпочтительных для портативной аппаратуры.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому способу является способ светолокационного определения дальности методом некогерентного накопления, включающий серию циклов зондирования, в каждом из которых на цель посылают лазерный зондирующий импульс, после излучения зондирующего импульса квантуют время на дискретности, принимают отраженный целью импульс, вырабатывают в каждой из дискретности времени гипотезу об отсутствии или наличии сигнала путем порогового преобразования принятой смеси сигнала и шума, формирования соответствующего гипотезе числа и накопления формируемых чисел в виде сумм для каждой дискретности времени, по завершении накопления выделяют те дискретности времени, где накопленная в течение серии циклов зондирования сумма превышает заданное число, и по этим накопленным суммам судят о дальности до цели [2].

В указанном способе осуществляется процедура цифрового некогерентного накопления [3], реализующая метод статистической проверки гипотез [4].

Недостатком этого способа является необходимость в большом объеме быстродействующей цифровой регистрирующей аппаратуры, требуемой для его реализации. Так, при ширине дискретности времени $\Delta T = 6,667$ нс, что соответствует дискретности по дальности 1 м, тактовая частота дискретизации должна составлять $1/\Delta T = 150$ МГц, а количество статистически независимых каналов накопления $K = 2R_{max}/c\Delta T$, где R_{max} - диапазон измеряемых дальностей; c - скорость света. Например, для приведенного примера при $R_{max} = 5$ км $K = 5000$. Кроме того, в описанном способе длительность сигнала должна соответствовать длительности временной дискретности, что ограничивает энергию зондирующего сигнала, а следовательно, и максимальную измеряемую дальность.

Задачей изобретения является увеличение максимальной измеряемой дальности и точности измерения дальности без увеличения требуемой тактовой частоты и количества независимых каналов накопления с целью создания портативной аппаратуры с высокой дальностью действия.

Поставленная задача решается за счет того, что в известном способе светолокационного определения дальности методом некогерентного накопления, включающем серию циклов зондирования, в каждом из которых на цель посылают лазерный зондирующий импульс, после излучения зондирующего импульса квантуют время на дискретности, принимают отраженный целью импульс, вырабатывают в каждой из дискретности времени гипотезу об отсутствии или наличии сигнала путем порогового преобразования принятой смеси сигнала и шума, формирования соответствующего гипотезе числа и накопления формируемых чисел в виде сумм для каждой дискретности времени, по завершении накопления выделяют те дискретности времени, где накопленная в течение серии циклов зондирования сумма превышает заданное число, и по этим накопленным суммам судят о дальности до цели, в каждом цикле зондирования лазерный зондирующий импульс излучают в течение длительности нескольких дискрет

времени, по окончании накопления выделяют дискрету времени, в которой накопленная сумма максимальна, определяют задержку T отраженного целью сигнала относительно момента посылки зондирующего импульса как первый начальный момент массива накопленных сумм в окрестности выделенной дискрету времени и по этой задержке определяют дальность до цели R по формуле $R=c(T-T_0)/2$, где c - скорость света, T_0 - аппаратная константа.

Количество дискрет времени в окрестности выделенной дискрету слева и справа от нее может соответствовать длительности переднего и заднего фронтов лазерного зондирующего импульса. При этом эффективность накопления, то есть степень улучшения отношения сигнал/шум, близка к максимальному значению.

Длительность дискрету времени устанавливают в пределах от 0,1 до 0,5 от длительности лазерного зондирующего импульса по уровню 0,1. При меньшей длительности дискрету повышаются требования к объему и быстродействию аппаратуры, а при большей утрачиваются преимущества предлагаемого способа.

На фиг.1а и 1б приведены примеры заполнения массива данных после накопления соответственно при отношении сигнал/шум 1 и 10.

На фиг.2 показаны два примера заполнения массива данных при отсутствии сигнала.

Проведен анализ предлагаемого способа для режима двухуровневого накопления при следующих исходных данных.

Объем накопления $N=200$ циклов.

Отношение амплитуды сигнала к величине среднеквадратического отклонения шума от 1 до 200.

Уровни первого и второго аналоговых порогов соответственно равны $+\sigma$ и $-\sigma$.

Длительность сигнала по основанию $t_{\text{и}}=6\Delta T$.

Длительность переднего фронта сигнала $t_{\text{фр}}=2\Delta T$.

Задержку отраженного сигнала T_3 определяют по формуле первого начального момента [5], в общем случае с весовыми коэффициентами при значениях накопленных сумм

$$T_3 = \left\{ (j-p) + \frac{\sum_{l=1}^{q-1} l k_{j-m+1} K_{j-m+1}}{q \sum_{l=1}^q k_{j-m+1} K_{j-m+1}} \right\} \Delta T,$$

где

j - номер временной дискрету, в которой накопленная сумма максимальна;

$K_{(a)}$ - накопленная сумма в (а)-й дискрету;

$k_{(a)}$ - весовой коэффициент (а)-й дискрету;

$m=t_{\text{фр}}/\Delta T$ - количество дискрету, соответствующих длительности переднего фронта лазерного импульса;

$t_{\text{фр}}$ - длительность переднего фронта лазерного импульса;

$q=t_{\text{и}}/\Delta T$ - количество дискрету, соответствующих длительности импульса;

$t_{\text{и}}$ - длительность лазерного импульса;

p - поправочное число, характеризующее точку временной привязки сигнала;

ΔT - длительность дискрету.

В рассмотренном варианте длина анализируемого массива принята равной длительности импульса, то есть 6 дискретам, весовые коэффициенты дискрету $k_{(a)}=1$,

поправочное число $p=3$. Длительность дискретности условно принята равной $\Delta T=1$. Таким образом, оценка задержки импульса проводится в соответствии с алгоритмом

$$T_3 = (j-3) + \frac{\sum_{i=1}^5 K_{j-2+i}}{\sum_{i=1}^6 K_{j-1+i}}.$$

В рассмотренном примере $\Delta T=1$ численно соответствует дискрете дальности 1 м, поэтому оценка задержки $T_3 \equiv R$, где \equiv - знак численного равенства, R - оценка дальности. Оценку дальности формируют по формуле $R=cT_3/2$, где c - скорость света.

Как следует из фиг.1а и 1б, оценка задержки принимаемого сигнала по предлагаемому способу (показана индексом на временной оси) примерно соответствует максимуму сигнала и сохраняет свое положение в широком диапазоне амплитуд принимаемого сигнала (при отношении сигнал/шум от порогового до уровня переполнения сумматоров в каналах накопителя).

На фиг.2 показаны примеры заполнения накопителя в отсутствие сигнала, когда суммы, накопленные в дискретах дальности, не превышают порогового значения 20-25. Учитывая, что при отношении сигнал/шум = 1, максимальная накопленная сумма равна 140, в этом случае имеется запас по амплитуде около 6 раз, т.е. пороговое отношение сигнал/шум на входе накопителя составляет 0,15. При этом, как показало моделирование, среднеквадратическая ошибка оценки задержки не превышает 0,4 дискреты при асинхронном старте (когда момент излучения зондирующего лазерного импульса не привязан к тактовой частоте дискретизации) и не превышает 0,25 дискреты при синхронном старте, когда зондирующий импульс излучают при поступлении очередного тактового импульса. Это позволяет производить измерения при меньшей тактовой частоте по сравнению с известными решениями.

По сравнению со способами светолокационного определения дальности, в которых длительность зондирующего импульса соответствует длительности временной дискретности, предлагаемый способ позволяет в несколько раз увеличить эффективно используемую энергию зондирующего лазерного импульса, увеличивая ее за счет существенного увеличения длительности импульса. В рассмотренном выше примере это позволяет увеличить эффективное отношение сигнал/шум примерно в два раза, благодаря чему реально измеряемая дальность возрастет в 1,3-1,5 раза.

Таким образом, предлагаемый способ светолокационного измерения дальности позволяет увеличить максимальную измеряемую дальность и точность измерения дальности без увеличения требуемой тактовой частоты и количества независимых каналов накопления, что позволяет создать портативную аппаратуру с высокой дальностью действия.

Источники информации

1. В.А.Волохатюк, В.М.Кочетков, Р.Р.Красовский «Вопросы оптической локации». Изд. «Советское радио», М., 1971 г., стр.177.

2. Патент WO 2005/006016 A1 "Laser rangefinder and method thereof - прототип.

3. Я.Д.Ширман, В.Н.Манжос «Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех». Изд. «Радио и связь», М., 1981 г., стр.81-83.

4. В.Е.Гмурман «Теория вероятностей и математическая статистика». Изд. «Высшая школа», М., 1977 г., стр.281.

5. И.Н.Бронштейн, К.А.Семендяев «Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов», Изд. «Наука», М., 1986 г., стр.446.

Формула изобретения

1. Способ светолокационного определения дальности методом некогерентного накопления, включающий серию циклов зондирования, в каждом из которых на цель посылают лазерный зондирующий импульс, после излучения зондирующего импульса квантуют время на дискрет, принимают отраженный целью импульс, вырабатывают в каждой из дискрет времени гипотезу об отсутствии или наличии сигнала путем порогового преобразования принятой смеси сигнала и шума, формирования соответствующего гипотезе числа и накопления формируемых чисел в виде сумм для каждой дискреты времени, по завершении накопления выделяют те дискрет времени, где накопленная в течение серии циклов зондирования сумма превышает заданное число, и по этим накопленным суммам судят о дальности до цели, отличающийся тем, что в каждом цикле зондирования лазерный зондирующий импульс излучают в течение длительности нескольких дискрет времени, по окончании накопления выделяют дискрет времени, в которой накопленная сумма максимальна, определяют задержку T отраженного целью сигнала относительно момента посылки зондирующего импульса как первый начальный момент массива накопленных сумм в окрестности выделенной дискреты времени и по этой задержке определяют дальность до цели R по формуле $R=c(T-T_0)/2$, где c - скорость света; T_0 - аппаратная константа.
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что количество дискрет времени в окрестности выделенной дискреты слева и справа от нее соответствует длительности переднего и заднего фронтов лазерного зондирующего импульса.
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что длительность дискреты времени устанавливают в пределах от 0,1 до 0,5 от длительности лазерного зондирующего импульса по уровню 0,1.

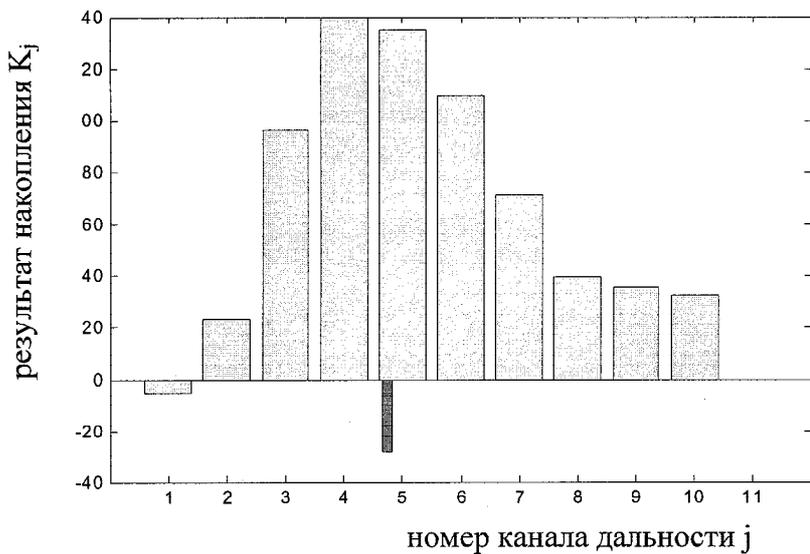
30

35

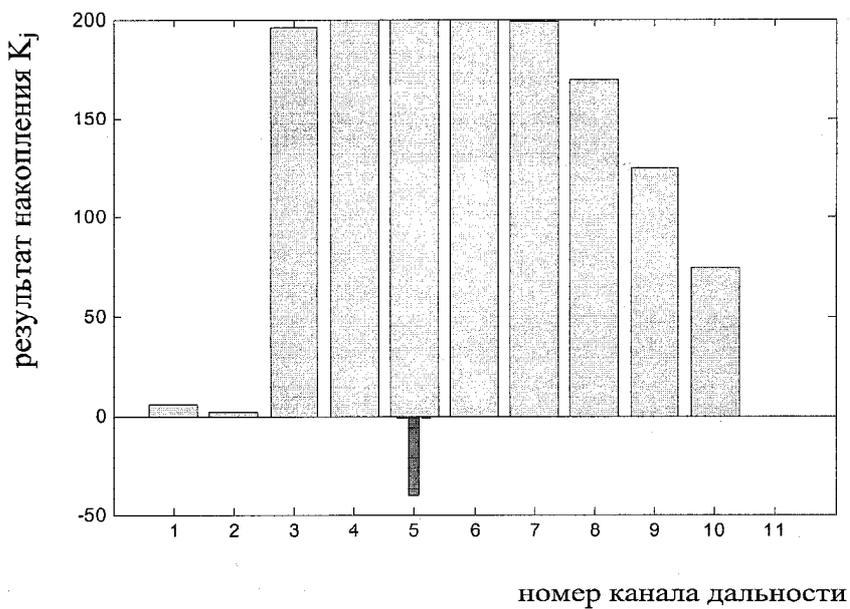
40

45

50

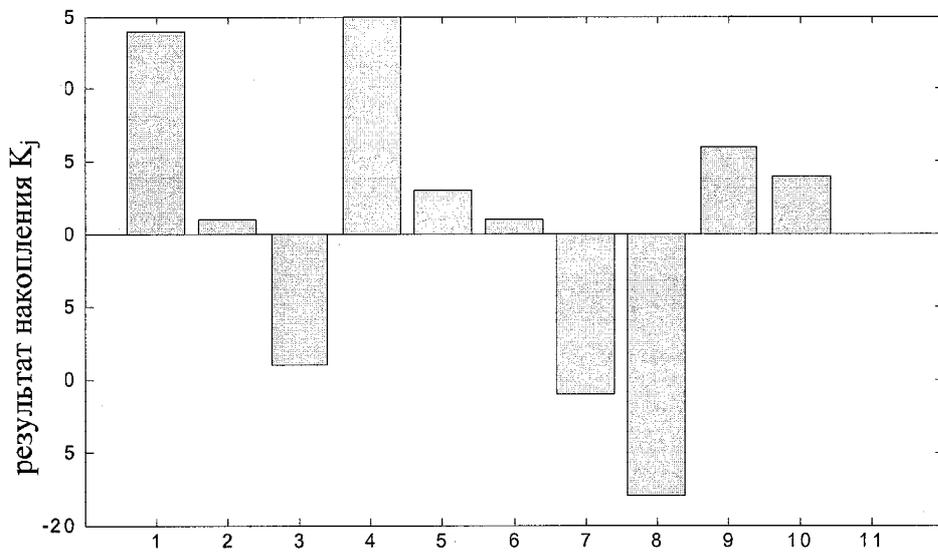
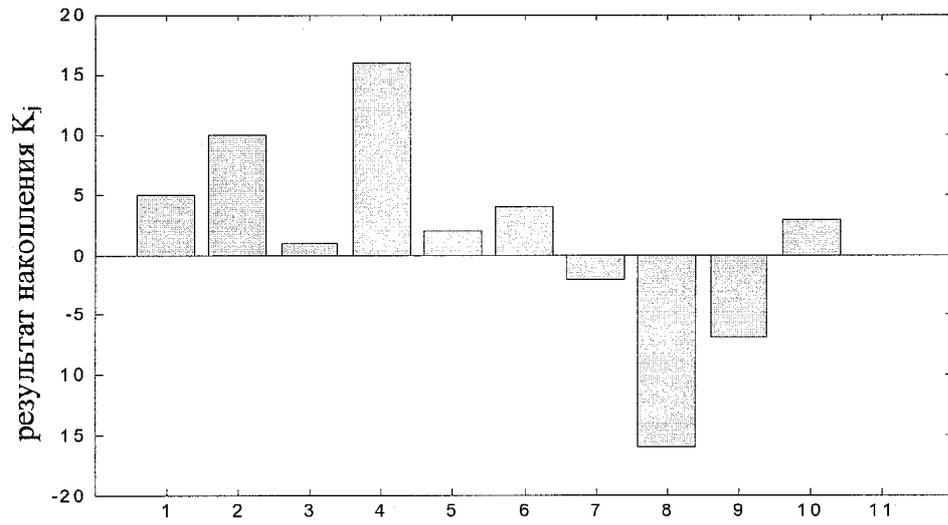


а)



б)

Фиг. 1



номер канала дальности j

Фиг. 2