



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014142818/28, 24.10.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.10.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.10.2014

(43) Дата публикации заявки: 20.05.2016 Бюл. № 14

(45) Опубликовано: 10.07.2016 Бюл. № 19

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1679212 A1, 23.091991. RU 66522 U1, 10.09.2007. US 4236069 A1, 25.11.1980. US 7439482 B2, 21.10.2008.

Адрес для переписки:

121170, Москва, Кутузовский пр., 34, Научно-исследовательский институт радиооптики

(72) Автор(ы):

Соколов Александр Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

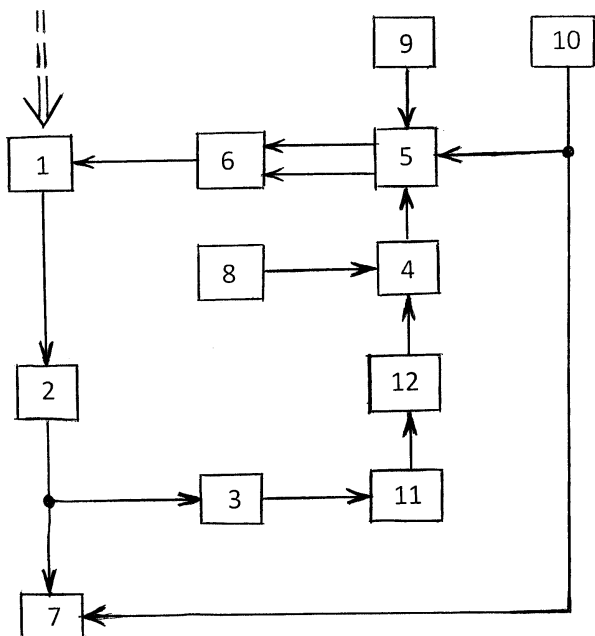
Соколов Александр Евгеньевич (RU)

(54) ФОТОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО

(57) Реферат:

Изобретение относится к области оптических измерений и касается фотоприемного устройства. Фотоприемное устройство содержит последовательно соединенные лавинный фотодиод, усилитель и фильтр, а также компаратор, дискриминатор длительности импульсов, регулируемый источник питания, блок оценки сигналов, источник опорного напряжения, высокочастотный генератор и блок синхронизации. Кроме того, устройство включает в себя последовательно соединенные

дополнительный усилитель и детектор. При этом выход детектора соединен с первым входом компаратора, вход дополнительного усилителя соединен с фильтром. В качестве фильтра используется полосовой фильтр с полосой пропускания около середины рабочей полосы частот усилителя. Технический результат заключается в увеличении отношения сигнал/шум при регулировании коэффициента умножения лавинного фотодиода непосредственно по принимаемому оптическому сигналу. 2 ил., 1 табл.



Фиг. 1

RU 2589747 C2

RU 2589747 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01J 1/44 (2006.01)
H04B 10/69 (2013.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014142818/28, 24.10.2014

(24) Effective date for property rights:
24.10.2014

Priority:

(22) Date of filing: 24.10.2014

(43) Application published: 20.05.2016 Bull. № 14

(45) Date of publication: 10.07.2016 Bull. № 19

Mail address:

121170, Moskva, Kutuzovskij pr., 34, Nauchno-issledovatel'skij institut radiooptiki

(72) Inventor(s):

Sokolov Aleksandr Evgenevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Sokolov Aleksandr Evgenevich (RU)

(54) **PHOTODETECTOR**

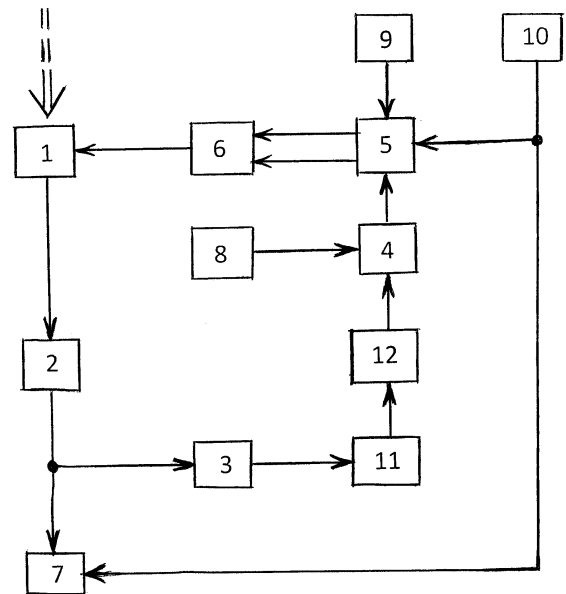
(57) Abstract:

FIELD: optics.

SUBSTANCE: photodetector contains an avalanche photodiode connected in series, an amplifier and a filter, a comparator, a pulse duration discriminator, a controlled power supply, a unit for signals' evaluation, a reference voltage source, a high-frequency generator and a synchronisation unit. Besides, the device also includes a series-connected additional amplifier and a detector. At that, the output of the detector is connected to the first input of the comparator, the input of the additional amplifier is connected to the filter. Used as filter is a band-pass filter with bandwidth around the middle of the operating frequency band of the amplifier frequencies.

EFFECT: increase in signal/noise ratio upon adjustment of the multiplication factor of the avalanche photodiode directly by the received optical signal.

1 cl, 2 dwg, 1 tbl



Фиг. 1

RU 2 589 747 C2

RU 2 589 747 C2

Изобретение относится к быстродействующим измерителям мощности оптического излучения и может быть использовано в системах оптической локации.

Известны фотоприемные устройства на лавинных фотодиодах - патент США 4.015.118 опубл. 29.03.1977, патент РФ 1.679.212 опубл. 23.09.1991, в которых для стабилизации лавинного фотодиода (ЛФД) используют опорное оптическое излучение.

Наиболее близким к заявляемому устройству является фотоприемное устройство на двух лавинных фотодиодах - ж. Радиопромышленность. Вып. 2, 1996 г., в котором стабилизация коэффициента умножения ЛФД осуществляется одновременно со стабилизацией величины выходного видеосигнала, непосредственно по принимаемому оптическому сигналу.

В прототипе осуществляется стабилизация просуммированного сигнала двух каналов на уровне 0,7 В. В диапазоне входных оптических сигналов 0,3 нВт-3 нВт у регулируемых усилителей максимальный коэффициент усиления. Балансировка чувствительности двух каналов (чувствительности двух ЛФД) приводит, по сути, к устройству на одном лавинном фотодиоде.

Данное устройство описано в патенте РФ 1.679.212 при отсутствии опорного источника оптического излучения.

Цель изобретения - увеличение отношения сигнал/шум при использовании регулирования коэффициента умножения ЛФД непосредственно по принимаемому оптическому сигналу.

На фиг. 1 приведена блок-схема фотоприемного устройства, на фиг. 2 - графики зависимости коэффициента лавинного умножения от мощности принимаемого оптического сигнала в заявляемом устройстве и в прототипе.

Устройство, описанное в патенте РФ 1.679.212, состоит из лавинного фотодиода 1, усилителя 2, фильтра 3, компаратора 4, дискриминатора длительности импульсов 5 и регулируемого источника питания 6. Выход регулируемого источника питания 6 соединен с лавинным фотодиодом 1. Выход усилителя 2 также соединен с блоком оценки сигнала 7. Кроме того, в устройстве использованы источник опорного напряжения 8, высокочастотный генератор 9 и блок синхронизации 10, соединенный как с дискриминатором длительности импульсов 5, так и с блоком оценки сигналов 7. Надо отметить, что на регулируемый источник питания 6, после окончания видеосигнала строки, подается с дискриминатора длительности импульсов 5 один из двух импульсов управления - на увеличение или на уменьшение напряжения источника питания лавинного фотодиода. В прототипе отсутствует эталонный источник импульсного оптического излучения, описанный в патенте РФ 1.679.212.

Как описано в патенте РФ 1.679.212 - первый вход дискриминатора длительности импульсов 5 соединен с выходом компаратора 4. Первый и второй выходы дискриминатора длительности импульсов 5 соединены соответственно с первым и вторым входами регулируемого источника питания 6, выход которого соединен с лавинным фотодиодом 1.

В заявляемом устройстве стабилизация коэффициента умножения ЛФД осуществляется по принимаемому сигналу. Введение в устройство дополнительного усилителя 11, детектора 12 и использование в качестве фильтра 3 полосового фильтра позволяет достичь поставленной цели изобретения - увеличить отношение сигнал/шум при использовании регулирования коэффициента лавинного умножения непосредственно по принимаемому оптическому сигналу.

В заявляемом устройстве вход дополнительного усилителя 11 соединен с выходом полосового фильтра 3, вход которого соединен с усилителем 2. Выход дополнительного

усилителя 11 соединен с детектором 12, выход детектора 12 соединен с первым входом компаратора 4.

Устройство содержит последовательно соединенные лавинный фотодиод 1, усилитель 2, полосовой фильтр 3, дополнительный усилитель 11, детектор 12, компаратор 4, дискриминатор длительности импульсов 5 и регулируемый источник питания 6. Выход регулируемого источника питания 6 соединен с лавинным фотодиодом 1. Выход усилителя 2 также соединен с блоком оценки сигнала 7. В устройстве использованы источник опорного напряжения 8, соединенный со вторым входом компаратора 4, высокочастотный генератор 9, соединенный со вторым входом дискриминатора длительности импульсов 5 и блок синхронизации 10, выход которого соединен с третьим входом дискриминатора длительности импульсов 5 и вторым входом блока 7.

В прототипе стабилизация коэффициента умножения ЛФД осуществляется дискриминатором длительности импульсов 5 одновременно со стабилизацией величины (уровня) выходного видеосигнала. В прототипе сигналы от участков местности с максимальными коэффициентами отражения ($\rho = 0,3-0,5$) поддерживаются на уровне 0,7 В. В настоящее время, во многом благодаря переходу к записи цифровой, а не аналоговой информации, стабилизация уровня аналогового выходного видеосигнала фотоприемного устройства менее важна, чем обеспечения максимального отношения сигнал/шум во всем диапазоне мощностей принимаемых лазерных сигналов.

В заявляемом устройстве регулирование коэффициента умножения ЛФД осуществляется по величине шумов усиленного принимаемого оптического сигнала путем стабилизации величины дробовых шумов ЛФД.

Цель изобретения достигается введением в устройство дополнительного усилителя 11, детектора 12, и использованием в качестве фильтра 3 полосового фильтра с полосой пропускания около середины рабочей полосы частот усилителя или немного меньше середины рабочей полосы частот усилителя.

Полосовой фильтр - фильтр, пропускающий электрические сигналы в интервале частот от f_H до f_B . Верхняя частота пропускания f_B примерно на 20-30% больше нижней частоты пропускания f_H . Дробовые шумы ЛФД зависят от мощности принимаемого оптического сигнала - P_c и коэффициента лавинного умножения M . Напряжение шумов ЛФД на выходе дополнительного усилителя 11:

$$U_{\text{вых}} \approx L \cdot M \cdot \sqrt{P_c}$$

где L - постоянная величина, зависящая от схемотехнической реализации устройства, в первую очередь от коэффициента усиления усилителей 2 и 11, а также характеристик фильтра 3.

Это переменное напряжение $U_{\text{вых}}$ поступает в детектор 12, детектируется, фильтруется и в компараторе 4 сравнивается с опорным напряжением источника 8. Более точная формула дробовых шумов ЛФД (2.32) приведена в книге - Основы оптоэлектроники. Пер. с яп. - М.: Мир, 1988.

В устройстве, в зависимости от мощности принимаемого оптического сигнала в диапазоне 0,3 нВт-12 нВт, осуществляется регулирование коэффициента лавинного умножения M . Диапазон входных сигналов 1 нВт-6 нВт наиболее информативен. Это мощность отраженных лазерных сигналов от участков местности с максимальными коэффициентами отражения на типичных высотах полета носителя.

Фотоприемное устройство стабилизируется по максимальным сигналам в течение

строки (точнее - по их уровню шумов). В таблице 1 приведены значения максимального выходного сигнала фотоприемного устройства - U_c , мВ, отношение сигнал/шум - S/N , а также величина уменьшения коэффициента лавинного умножения $K=M_{0,5}/M_{P_c}$ и нормированное значение коэффициента шума ЛФД - F^* (относительно F при $P_c=0,5$ нВт), при различной мощности сигнала P_c , нВт.

Табл. 1

P_c , нВт	U_c , мВ	S/N	K	F^*
1,0	920	15,3	1,35	0,90
1,5	1160	19,3	1,6	0,85
3,0	1690	28,1	2,2	0,80
6,0	2480	41,3	3,0	0,75

Графики зависимости коэффициента лавинного умножения M от мощности принимаемого сигнала P_c в диапазоне от 0,3 нВт до 12 нВт в заявляемом устройстве и в прототипе приведены на фиг. 2

Реперная мощность входного оптического сигнала при стабилизации ЛФД равна 0,5 нВт. На фиг. 2 коэффициент лавинного умножения M у различных фотоприемных устройств одинаков (оптимизирован) при $P_c=0,5$ нВт. Цель такой оптимизации:

получение максимально возможного, не менее 10, отношения сигнал/шум, необходимого для работы инфракрасной лазерной аппаратуры осмотра местности на максимальных высотах. При равенстве дробовых шумов ЛФД и тепловых шумов усилителя имеет место оптимальный коэффициент умножения, при котором отношение сигнал/шум является максимальным. В прототипе суммарный уровень шумового тока двух каналов, приведенный к входу, равен 0,4 нА, шумы сопротивлений обратной связи $R_{oc}=330$ кОм равны шумам полевых транзисторов с р-п переходом. При оптимальном коэффициенте лавинного умножения и характеристиках полосового фильтра, определенных по формуле изобретения, дробовые шумы ЛФД в 1,3-1,4 раза больше тепловых шумов усилителя, так как в этой полосе частот шумы предусилителей фотоприемного устройства в основном определяются шумами сопротивлений обратной связи.

В таблице 1 приведены характеристики ФПУ в диапазоне мощностей принимаемого сигнала 1,0 нВт-6 нВт. В диапазоне мощностей максимального сигнала в течение строки 6 нВт-12 нВт целесообразно использовать регулировку коэффициента лавинного умножения, аналогичную используемой в патенте РФ 1.679.212 (во втором контуре АРУ опорное напряжение равно 2,5 В). Использование двух контуров АРУ возможно при расстановке приоритетов команд управления, так команда второго контура АРУ на уменьшение M является первоочередной. В диапазоне 6 нВт-12 нВт выходной сигнал ФПУ стабилизируется на уровне 2,5 В - при этом отношение сигнал/шум больше 40.

В заявляемом устройстве обеспечивается существенно большее отношение сигнал/шум, чем в прототипе, что позволяет при его использовании в инфракрасной лазерной аппаратуре осмотра местности хорошо распознавать объекты наблюдения в ночных условиях.

Формула изобретения

Устройство, содержащее последовательно соединенные лавинный фотодиод, усилитель и фильтр, а также содержащее компаратор, дискриминатор длительности

импульсов, первый вход которого соединен с компаратором, регулируемый источник
питания, выход которого соединен с лавинным фотодиодом, а первый и второй входы
соединены соответственно с первым и вторым выходами дискриминатора длительности
импульсов, блок оценки сигналов, первый вход которого соединен с выходом усилителя,
5 источник опорного напряжения, соединенный с вторым входом компаратора,
высокочастотный генератор, соединенный с вторым входом дискриминатора
длительности импульсов, и блок синхронизации, выход которого соединен с третьим
входом дискриминатора длительности импульсов и вторым входом блока оценки
сигналов, отличающееся тем, что, с целью увеличения отношения сигнал/шум при
10 использовании регулирования коэффициента умножения лавинного фотодиода
непосредственно по принимаемому оптическому сигналу, в устройство введены
последовательно соединенные дополнительный усилитель и детектор, выход детектора
соединен с первым входом компаратора, вход дополнительного усилителя соединен с
фильтром, а в качестве фильтра используется полосовой фильтр с полосой пропускания
15 около середины рабочей полосы частот усилителя или немного меньше середины
рабочей полосы частот усилителя.

20

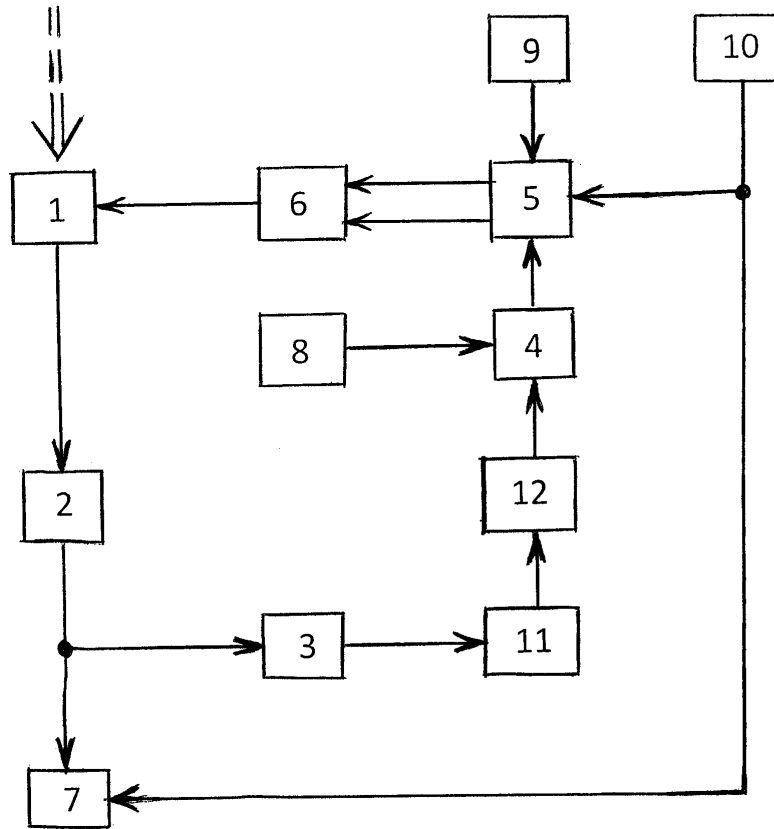
25

30

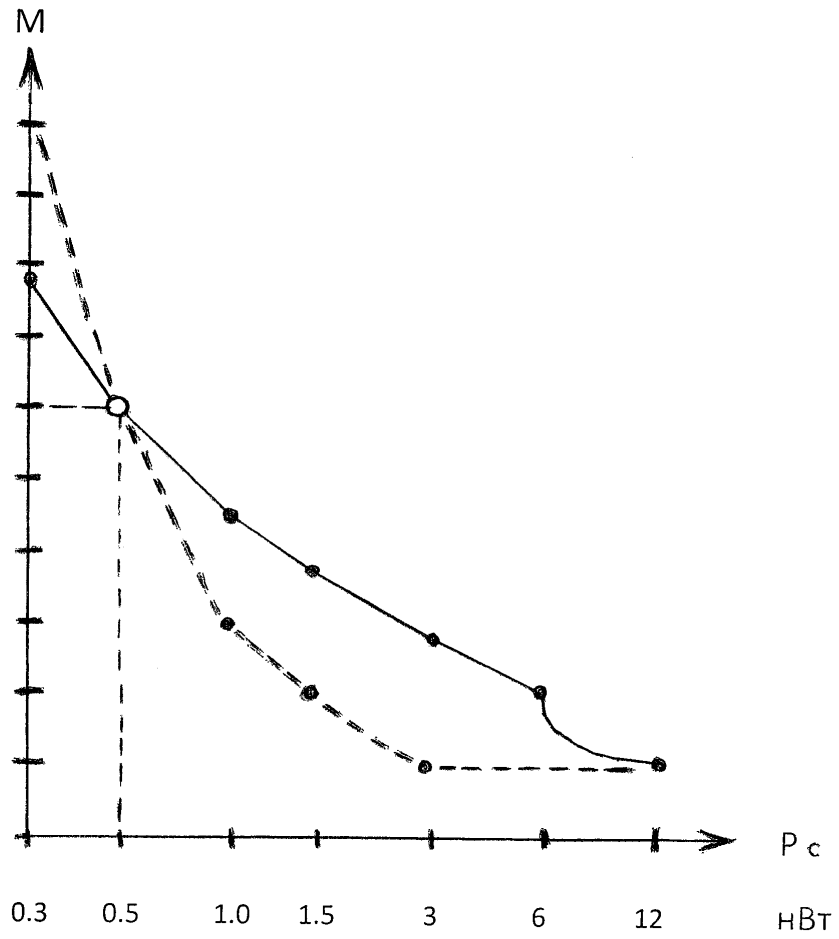
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2