

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) RU⁽¹¹⁾

2082116⁽¹³⁾ C1

(51) МПК⁶ G01J5/20

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: по данным на 07.05.2013 - прекратил действие

(21), (22) Заявка: 95107069/25, 05.05.1995

(45) Опубликовано: 20.06.1997

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: Патент РФ N 831665, кл. G 01 J 5/20, 1993.

Документ находится в Патентном отделе

ОКБ АСТРОН

140081, Московская область, г.Лыткарино,
ул.Парковая, д.1

(54) БОЛОМЕТРИЧЕСКИЙ ПРИЕМНИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(57) Реферат:

Использование: измерительная техника. Сущность: болометрический приемник содержит оптически связанные и последовательно установленные источник вспомогательного излучения ИК-диапазона, оптическую формирующую систему, приемный элемент в виде световода (линейки из N световодов) с расположенным на участке его боковой поверхности сверхпроводящим чувствительным элементом (ЧЭ) (m чувствительными элементами) и фотоприемник. Показатель преломления материала ЧЭ равен или больше показателя преломления световода. Функциональная схема болометрического приемника обеспечивает определение величины потока регистрируемого ЭМИ посредством измерения интервала времени достижения ЧЭ критической температуры. В случае использования линейки из N световодов с m чувствительными элементами обеспечивается возможность измерения пространственного распределения потока: при m=1 - распределение потока в строке; при m>1 - формирование кадра изображения. 2 з.п. ф-лы, 5 ил.

Изобретение относится к области измерительной техники для обнаружения и измерения электромагнитного излучения (ЭМИ), преимущественно для определения слабых потоков ЭМИ в спектральном интервале от оптического до миллиметрового. Особый интерес представляет использование изобретения для определения слабого ИК-излучения, в частности лазерного, а также излучения малой длительности. Кроме того, изобретение может быть эффективно

применено в научных исследованиях, а также при разработке измерительной аппаратуры, например, тепловизионной. Известны болометрические приемники ЭМИ, основанные на эффекте сверхпроводимости (см. например, М.Н. Марков. Приемники инфракрасного излучения. М. "Наука", 1968, с. 131-136, 146-151), которые содержат чувствительный элемент (ЧЭ) из сверхпроводящего (СП) материала, размещенный на диэлектрической подложке. Низкотемпературные условия работы приемника обеспечиваются путем помещения его в криостат.

Один из таких приемников (см. С.В. Гапонов и др. Фотоприемное устройство на основе ВТСП. Сб. "Тепловые приемники излучения". Тезисы докладов седьмого Всесоюзного семинара по тепловым приемникам излучения. М. 1990, с. 16-17) содержит размещенный в криостате приемный элемент, выполненный в виде ЧЭ из высокотемпературного сверхпроводящего (ВТСП) материала, расположенного на плоской диэлектрической подложке с одной стороны, а на другой ее стороне нанесена токопроводящая пленка. Выбор рабочей точки приемника осуществляется подогревом ЧЭ за счет выделяющегося тепла при пропускании требуемого тока по токопроводящей пленке. ЧЭ подключен к источнику постоянного тока через сопротивление нагрузки. При одновременном протекании постоянного тока через ЧЭ и воздействии на него определяемым потоком ЭМИ определяют величину этого потока по изменению сопротивления болометра, находящегося в резистивном состоянии в области СП перехода, которому соответствует адекватное значение падения напряжения на сопротивлении нагрузки.

Однако из-за необходимости измерения сопротивления болометра, находящегося в резистивном состоянии, приемник не обеспечивает требуемого уровня точности для измерения слабых потоков ЭМИ, особенно при малых лучистых контрастах.

Кроме того, данный приемник характеризуется большой инерционностью, а наличие в области ЧЭ электрического подогревателя, во-первых, создает нежелательные электромагнитные поля, препятствующие поддержанию рабочей точки в требуемой области, что увеличивает погрешность измерения приемника, и, во-вторых, снижает надежность работы приемника из-за вероятности электрического пробоя. Прототипом изобретения является болометрический приемник ЭМИ, содержащий оптическую систему формирования измеряемого ЭМИ и оптически связанные и последовательно установленные на единой оптической оси источник вспомогательного излучения ИК-диапазона, оптическую формирующую систему, приемный элемент и фотоприемник, выход которого подключен к блоку управления рабочей точки, который, в свою очередь, соединен с входом источника вспомогательного излучения ИК-диапазона, при этом приемный элемент выполнен в виде размещенного в криостате одиночного световода, на боковой поверхности которого сформирован участок с расположенной на нем

болометрической пленкой чувствительного элемента из СП материала, показатель преломления которого равен или больше показателя преломления материала световода (см. Патент СССР N 1831665 от 20.05.1991, кл. G01J 5/20).

Рабочая точка ЧЭ устанавливается в области СП перехода путем воздействия на ЧЭ пропускаемым по световоду потоком от управляемого источника вспомогательного излучения ИК-диапазона, а измерение величины потока ЭМИ осуществляется также по изменению сопротивления болометра, находящегося в резистивном состоянии в области СП перехода. Таким образом, в приемнике-прототипе благодаря иному методу установки рабочей точки удается избавиться от нежелательного электромагнитного поля, что существенно уменьшает по сравнению с аналогом погрешность измерения и увеличивает надежность приемника.

Однако точность определения потока ЭМИ в прототипе ограничена применяемым методом измерения, то есть точностью измерения сопротивления болометра, т. к. минимальное значение регистрируемого напряжения, определяющего минимальный перепад температуры ЧЭ, пропорционально току, протекающему через ЧЭ, значение которого ограничено условием обеспечения тепловой стабильности элемента и не может быть существенно увеличено, что, в свою очередь, ограничивает болометрический отклик ЧЭ. Экспериментальные данные (см. Б.Б. Бандурян и др. Пленочный Y-Ba-CuO микроболометр. Физика низких температур. Т.17, N 11 12, 1991, АН УССР, с. 1464 1467) показывают, что значение тепловой проводимости составляет примерно $1 \cdot 10^{-5}$ Вт/К, а оптимальный ток лежит в диапазоне 1 5 мА. При этом максимальное значение вольтовой интегральной чувствительности составляет

примерно $1,5 \cdot 10^3$ В/Вт.

Кроме того, точность определения потока ограничена наличием избыточного низкочастотного шума, возникающего при прохождении тока через ЧЭ и имеющего максимум в области максимальной крутизны СП перехода, то есть в области установления рабочей точки (см. Б.Б. Бандурян и др. Болометрические шумовые свойства ВТСП-структур. Физика низких температур. Т.16, N 1, 1990, АН УССР, с. 70 79). Величина этого шума в точке реализации максимума интегральной чувствительности составляет примерно 350 нВ/Гц^{1/2}.

Задача изобретения заключается в создании болометрического приемника для измерения как сильных, так и слабых ЭМИ, в котором реализуется метод измерения, позволяющий обеспечить достижение необходимого технического результата, заключающегося в повышении чувствительности, точности и стабильности определения за счет снижения погрешности измерений вплоть до уровня, ограниченного лишь флуктуациями измеряемого потока ЭМИ, что дает возможность практически абсолютного определения потока.

Указанный технический результат достигается в болометрическом приемнике ЭМИ в соответствии с п.1 формулы изобретения (ФИ), содержащем оптическую систему формирования измеряемого ЭМИ и оптически связанные и последовательно установленные на единой оптической оси источник вспомогательного излучения ИК-диапазона, оптическую формирующую систему, приемный элемент и фотоприемник, при этом вход источника вспомогательного излучения ИК-диапазона подключен к блоку управления рабочей точкой, а приемный элемент размещен в криостате и выполнен в виде по крайней мере одного световода, на боковой поверхности которого сформирован участок с по крайней мере одним ЧЭ из СП материала, показатель преломления которого равен или больше показателя преломления материала световода, благодаря тому, что приемник дополнительно содержит блок управления началом счета, генератор опорной частоты, счетчик импульсов и блок управления окончанием счета, при этом к выходу фотоприемника последовательно подключены блок управления началом счета, генератор опорной частоты и счетчик импульсов, причем дополнительный вход блока управления началом счета соединен с блоком управления рабочей точкой, а к первому и второму выходам чувствительного элемента подключены входы блока управления окончанием счета, первый выход которого соединен с генератором опорной частоты, а второй с источником вспомогательного излучения ИК-диапазона.

Достижение указанного выше технического результата обеспечивается благодаря тому, что изобретение позволяет реализовать метод определения потока ЭМИ посредством измерения интервала времени достижения чувствительным элементом, находящимся в области сверхпроводимости, критической температуры, то есть, во-первых, измерения производят в области, где на них не оказывают влияние все факторы, присущие болометрическим элементам, находящимся в резистивном состоянии (шумы, нестабильность тока, протекающего через чувствительный элемент). Во-вторых, высокая точность измерения времени (примерно 10^{-13} - 10^{-14} с) как одной из основных физических величин существенно влияет на повышение точности и чувствительности предлагаемого болометрического приемника, которые ограничиваются лишь собственными флуктуациями измеряемого потока ЭМИ и точностью эталонного потока, используемого в процессе измерения (порядка $3 \cdot 10^{-6}$ для температуры тройной точки воды, основываясь на данных "Современные метрологические проблемы физико-технических измерений". Под ред. В.К. Коробова. М. Издательство стандартов, 1988, с. 20-22).

Изобретение по дополнительным пунктам формулы изобретения позволяет решать поставленную задачу с обеспечением возможности измерения пространственного распределения потока.

Так, в соответствии с п. 2 ФИ болометрический приемник позволяет измерить распределение потока ЭМИ в строке (или столбце). В этом

случае приемный элемент выполнен в виде линейки из N изолированных друг от друга световодов, причем ЧЭ размещен на общей боковой поверхности световодов перпендикулярно их оптической оси, а в качестве оптической формирующей системы использован дефлектор, электрический вход которого соединен с третьим выходом блока управления окончанием счета.

В соответствии с п. 3 ФИ болометрический приемник позволяет осуществить измерение распределения потока ЭМИ и в строке и в столбце, тем самым обеспечивая возможность формирования кадра изображения. В этом случае на общей боковой поверхности световодов линейки приемного элемента перпендикулярно их оптической оси размещены m идентичных ЧЭ, подключенных к блоку управления окончанием счета, причем первые выходы чувствительных элементов электрически разделены, а вторые выходы объединены.

Сущность изобретения поясняется графическими материалами, где изображены:

на фиг. 1 функциональная схема болометрического приемника ЭМИ, выполненного согласно п. 1 ФИ;

на фиг. 2 фрагменты функциональной схемы болометрического приемника, поясняющей его выполнение согласно п. 2 ФИ;

на фиг. 3 фрагмент функциональной схемы болометрического приемника, поясняющий его выполнение согласно п. 3 ФИ;

на фиг. 4 возможный вариант функциональной схемы блока управления окончанием счета для приемника по п. 2 ФИ;

на фиг. 5 возможный вариант функциональной схемы блока управления окончанием счета (для $m = 3$) для приемника по п. 3 ФИ.

Болометрический приемник ЭМИ (фиг. 1) содержит приемный элемент, помещенный в криостат 1, обеспечивающий низкотемпературные условия работы. Приемный элемент, по существу, состоит из по крайней мере одного сверхпроводящего чувствительного элемента (ЧЭ) 2 и по крайней мере одного световода 3 с оболочкой 4. ЧЭ 2 располагается на участке боковой поверхности световода 3 и непосредственно контактирует с материалом световода. В качестве ЧЭ может быть использована, например, пленка из ВТСП материала, нанесенная на световод. Показатель преломления материала ЧЭ выбирается равным или большим показателя преломления материала световода. Это необходимо для того, чтобы нарушить на участке световода с ЧЭ эффект полного внутреннего отражения, в то время как на остальных участках световода на границе раздела двух сред (оболочки и тела световода) этот эффект обеспечен.

На единой оптической оси со световодом 3 приемного элемента установлены и оптически с ним связаны источник 5 вспомогательного излучения ИК-диапазона, оптическая формирующая система 6, направляющая вспомогательное излучение на входной торец световода, и фотоприемник 7 излучения с выходного торца световода. К выходу фотоприемника 7 последовательно подключены блок управления началом счета 8, генератор опорной частоты 9 и счетчик импульсов 10. К первому и второму выходам (электрическим выводам) ЧЭ 2 подключены вход блока управления окончанием счета 11, первый выход которого соединен с генератором опорной частоты 9, а второй с источником вспомогательного излучения ИК-диапазона 5. Блок управления рабочей точкой 12 подключен к входу источника вспомогательного излучения ИК-диапазона 5 и к дополнительному входу блока управления началом счета 8. Оптическая система формирования 13 служит для направления измеряемого потока ЭМИ на ЧЭ.

В качестве источника 5 вспомогательного излучения ИК-диапазона может быть использован, например, ИК-светодиод, полупроводниковый лазер; фотоприемника 7 например, кремниевый фотодиод; генератора опорной частоты 9 например, кварцевый генератор; счетчика импульсов 10 например, стандартный частотомер.

Для обеспечения электропитания функциональных блоков схемы необходимо предусмотреть источник питания (на чертеже не показан), например, любой из известных источников питания с отдельными выходами.

В данном описании также не рассматриваются конструктивные средства для установки приемного элемента в криостате 1, в качестве которых могут применяться известные технические решения, например, описанные в прототипе или в книге М.Н. Маркова "Приемники инфракрасного излучения". М. "Наука", 1968, с. 147).

Приемный элемент болометрического приемника по п. 2 ФИ (Фиг. 2) выполнен в виде линейки из N изолированных друг от друга своими оболочками 4 световодов 3. Их оптические оси параллельны единой оптической оси приемника. На общей боковой поверхности световодов линейки перпендикулярно оптической оси размещен единый для всех световодов 3 ЧЭ 2 из СП материала, показатель преломления которого равен или больше показателя преломления материала световода. Таким образом организовано N независимых каналов для пропускания вспомогательного излучения ИК-диапазона и m независимых участков с общим для них ЧЭ 2 для строчного приема определяемого ЭМИ. В этом случае используется дефлектор в качестве оптической формирующей системы 6, электрический вход которого соединен с третьим выходом блока управления окончанием счета 11.

Приемный элемент болометрического приемника по п. 3 ФИ (Фиг. 3) содержит m параллельных друг другу чувствительных элементов 2, размещенных на соответствующих участках общей боковой поверхности световодов 3 линейки. Показатель преломления СП материала ЧЭ 2

выбран равным или большим показателя преломления световодов 3. Таким образом организована матрица из $N \times m$ площадок для приема определяемого ЭМИ. В этом случае приемный элемент болометрического приемника содержит m идентичных чувствительных элементов 2, которые размещены на общей боковой поверхности световодов 3 линейки перпендикулярно их оптической оси. Расстояние между ЧЭ выбирается, исходя из условий обеспечения прочности электрической изоляции. ЧЭ 2 подключены к блоку управления окончанием счета 11. Первые выходы ЧЭ электрически разделены, а вторые их выходы объединены.

Рассмотрим принцип работы предложенного болометрического приемника.

Предварительно на приемный элемент, находящийся в области сверхпроводимости, воздействуют постоянным потоком вспомогательного ЭМИ ИК-диапазона от источника 5, проектируя его посредством оптической формирующей системы 6 на входной торец световода 3. Благодаря эффекту полного внутреннего отражения от границ раздела двух сред (оболочка световода/тело световода) излучение проходит по световоду к его выходному торцу без потерь. В месте же расположения участка световода 3 с ЧЭ 2 эффект полного внутреннего отражения отсутствует, благодаря чему вспомогательное излучение воздействует на ЧЭ, нагревая его. Для установки рабочей точки ЧЭ величина потока вспомогательного излучения выбирается такой, чтобы установить температуру ЧЭ выше первоначальной, но ниже критической. Это осуществляется с помощью блока управления рабочей точкой 12, в качестве которого может быть использован источник напряжения, имеющий не менее двух независимых регулируемых выходов. Блок 12 одновременно устанавливает соответствующее пороговое значение напряжения для блока управления началом счета 8, при котором он пропускает сигнал от фотоприемника 7 на генератор опорной частоты 9. Таким образом, в процессе установки рабочей точки измерительная цепь приемника не срабатывает.

После установки рабочей точки приемника на ЧЭ 2 одновременно с потоком вспомогательного излучения ИК-диапазона воздействуют определяемым потоком ЭМИ, направляя его на ЧЭ посредством формирующей оптической системы 13.

Сигнал фотоприемника поступает в блок управления началом счета 8, выходной сигнал которого поступает на генератор опорной частоты 9, на выходе генератора формируется последовательность импульсов опорной частоты, запускающая счетчик импульсов 10. С этого момента счетчик импульсов 10 начинает считать количество импульсов, поступающих от генератора 9.

ЧЭ 2 под воздействием суммарного потока обоих излучений нагревается и при достижении температурой ЧЭ 2 критической электрический сигнал с его выхода, соответствующий критической температуре, проходит через блок управления окончанием счета 11, который отключает

источник 5 и одновременно отключает генератор опорных импульсов 9, прекращая поступление импульсов опорной частоты в счетчик 10. Таким образом, счетчик 10 подсчитал количество импульсов опорной частоты, соответствующее величине интервала времени, необходимого для достижения ЧЭ 2 критической температуры при воздействии на него суммарным потоком. С помощью измеренного интервала времени определяют величину регистрируемого потока, пользуясь эталонной зависимостью интервала времени (t_3) от момента начала воздействия на ЧЭ потока эталонного ЭМИ ИК-диапазона (Φ_3) до момента достижения ЧЭ критической температуры. По эталонной зависимости определяют величину потока, соответствующего измеренному интервалу времени, которая, по существу, эквивалента величине определяемого потока. Если, в случае определения слабых потоков ЭМИ, ЧЭ не достигает критической температуры, необходимо с помощью блока 12 установить другое положение рабочей точки приемника, более близкое к критической температуре.

Эталонную зависимость болометрического приемника можно легко построить (если она не приложена в комплекте к прибору), воздействуя с помощью источника 5 на ЧЭ эталонным потоком ИК-излучения через оптическую систему формирования 13, добиваясь перехода ЧЭ из области сверхпроводимости в область СП перехода. При этом с помощью счетчика 10 осуществляют измерения значений интервалов времени достижения ЧЭ критической температуры для различных соответствующих значений эталонного потока. На основании полученных измерений строят эталонную зависимость.

Согласно вышеуказанному описанию работы приемника, блок управления началом счета 8 должен обеспечивать блокировку сигнала от фотоприемника 7 в процессе установки рабочей точки ЧЭ и прохождение этого сигнала на генератор опорной частоты 9 в процессе счета. Для обеспечения этих функций блок 8 может быть выполнен, например, в виде последовательно соединенных управляемого вентиля (тиристора) и триггера, причем выходом блока 8 является вход вентиля, управляющий электрод которого соединен с выходом блока 12, а выход триггера является выходом блока 8.

Блок управления окончания счета 11 должен обеспечить прохождение сигнала от ЧЭ для подачи команды на отключение источника 5 и генератора опорной частоты 9 в момент достижения ЧЭ критической температуры. Для этого он может быть выполнен, например, в виде последовательно соединенных триггера и управляемого вентиля, причем вход триггера является входом блока 11, выход триггера подключен к управляющему электроду вентиля, выходы которого являются выходами блока 11.

Болометрический приемник, выполненный в соответствии с п. 2 ФИ, работает аналогично приемнику по п. 1 ФИ, но при этом вспомогательное излучение источника 5 сначала направляется с помощью дефлектора (оптической формирующей системы) 6 на входной торец первого из N

световодов 3 линейки и после окончания счета переводится на входной торец следующего световода и т.д. до последнего световода. Таким образом обеспечивается возможность строчного распределения определяемого потока ЭМИ. Переключение потока вспомогательного излучения поочередно на выходные торцы световодов линейки осуществляется подачей управляющего сигнала на электрический вход дефлектора 6 от блока управления окончанием счета 11. Для этого функциональная схема (фиг. 4) блока 11 (один из возможных вариантов ее выполнения) включает в себя источник питания 14, электрический коммутатор 15, детектор минимального значения 16 (первого световода), детектор максимального значения 17 (последнего световода), вычислительный блок 18, запоминающий блок 19. Входы электронного коммутатора 15 образуют управляемый вход блока 11, а выходы запоминающего блока 19 образуют управляющие выходы блока 11. В соответствии с выбранным вариантом (фиг. 4) блок 11 работает следующим образом. При достижении ЧЭ 2 критической точки перехода от него поступает импульс на вход электронного коммутатора 15, который открывает проход электрического сигнала от источника питания 14 к первому входу вычислительного блока 18, к второму и третьему входам которого подаются соответствующие сигналы от детектора минимального значения напряжения U_n 16, соответствующего попаданию излучения от блока 6 на первый световод, и детектора максимального значения напряжения U_k 17, соответствующего попаданию излучения на последний световод в линейке. Пройдя коммутатор 15, сигнал от источника питания 14 попадает в вычислительный блок 18, где по его величине определяется номер световода в линейке и соответствующее положение точки измерения в строке, которые запоминаются в блоке 19, после чего от блока 19 подается сигнал на отключение источника 5, сигнал на блок 6 для управления положением луча от источника 5 (переключение на следующий световод) и сигнал в блок 6 для отклонения счета импульсов. Вычислительный блок 18 может быть построен на основе известных блоков аналоговых вычислительных машин или на основе цифровых процессоров. В последнем случае вычислительный блок должен содержать входной АЦП. Параметры U_n и U_k , как заранее заданные, устанавливаются в блоках 16 и 17 перед началом работы. Боллометрический приемник, выполненный в соответствии с п. 3 ФИ, работает аналогично приемнику по п. 2 ФИ, но при этом сначала осуществляется счет при прохождении вспомогательного излучения по линейке световодов и включение в измерительную цепь первого из m ЧЭ 2, по окончании счета первый ЧЭ отключается из измерительной цепи и в нее включается следующий ЧЭ и т.д. до окончания счета при включенном в измерительную цепь последнего ЧЭ. Таким образом обеспечивается возможность матричного ($N \times m$) распределения определяемого потока ЭМИ. Поочередное включение чувствительных элементов в измерительную цепь осуществляется

блоком управления окончанием счета 11. Для этого в предлагаемом варианте выполнения функциональной схемы (фиг. 5) блока 11 дополнительно к элементам схемы фиг. 4 введены источник питания 20, электронный коммутатор 21, вычислительный блок 22, запоминающий блок 23 и синхронизатор 24. Входы электронных коммутаторов 15 и 21 образуют управляемые входы блока 11, а выходы запоминающих блоков 19 и 23 образуют управляющие выходы блока 11.

В соответствии с выбранным вариантом (фиг. 5) блок 11 работает аналогично выбранному варианту по фиг. 4, но, при этом, по достижении последнего световода линейки открывается коммутатор 21 по сигналу синхронизатора 24 и сигнал U_k от детектора 17 совместно с сигналом

$U_{оп}$ от источника 20 создают сигнал установленного заранее размера $\Delta U = U_{оп} - U_k$ который подается в вычислительный блок 22, где по его величине определяется номер столбца (подключение второго столбца) и положение точки измерения в столбце, которые запоминаются в блоке 23. Вычислительный блок 22 может быть построен аналогично блоку 18. Полученные в блоках 19 и 23 положения точки измерения в строке и в столбце позволяют автоматически определить ее координаты в кадре. Проверка экспериментального образца болометрического приемника подтвердила возможность определения потока ЭМИ с высокой точностью и чувствительностью. И так как в качестве измеряемого параметра используется время как одна из основных физических величин, точность измерения которого составляет примерно $10^{-13} - 10^{-14}$ с, то точность и чувствительность предложенного приемника ограничиваются лишь точностью эталонного излучения и собственными флуктуациями определяемого потока ЭМИ и примерно на порядок превосходят аналогичные параметры прототипа.

Формула изобретения

1. Болометрический приемник электромагнитного излучения, содержащий оптическую систему формирования измеряемого электромагнитного излучения и оптически связанные и последовательно установленные на единой оптической оси источник вспомогательного излучения ИК-диапазона, оптическую формирующую систему, приемный элемент и фотоприемник, при этом вход источника вспомогательного излучения ИК-диапазона подключен к блоку управления рабочей точкой, а приемный элемент размещен в криостате и выполнен в виде по крайней мере одного световода, на боковой поверхности которого сформирован участок с по крайней мере одним чувствительным элементом из сверхпроводящего материала, показатель преломления которого равен или больше показателя преломления материала световода, отличающийся тем, что приемник дополнительно содержит блок управления началом счета, генератор опорной частоты, счетчик импульсов и блок управления окончанием счета, при этом к выходу фотоприемника последовательно подключены блок управления началом счета, генератор опорной частоты и счетчик импульсов, причем

дополнительный вход блока управления началом счета соединен с блоком управления рабочей точкой, а к первому и второму выходам чувствительного элемента подключены входы блока управления окончанием счета, первый выход которого соединен с генератором опорной частоты, а второй с источником вспомогательного излучения ИК-диапазона.

2. Приемник по п.1, отличающийся тем, что приемный элемент выполнен в виде линейки из N изолированных друг от друга световодов, причем чувствительный элемент размещен на общей боковой поверхности световодов перпендикулярно их оптической оси, а в качестве оптической формирующей системы использован дефлектор, электрический вход которого соединен с третьим выходом блока управления окончанием счета.

3. Приемник по п. 2, отличающийся тем, что на общей боковой поверхности световодов линейки перпендикулярно их оптической оси размещены m идентичных чувствительных элементов, подключенных к блоку управления окончанием счета, причем первые выходы чувствительных элементов электрически разделены, а вторые выходы объединены.





