

(21), (22) Заявка: **94045553/25, 29.12.1994**

(45) Опубликовано: **10.08.1996**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **Патент СССР N 1831665, кл. G 01 J 5/20, 1993.**

Документ находится в Патентном отделе  
**ОКБ АСТРОН**  
140081, Московская область, г.Лыткарино,  
ул.Парковая, д.1

(54) **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

(57) Реферат:

Использование: изобретение может быть использовано при разработке тепловизионной аппаратуры. Сущность изобретения: способ основан на преобразовании энергии электромагнитного излучения в тепловую приемным элементом, имеющим переход из резистивного в сверхпроводящее состояние, и заключается в том, что предварительно определяют эталонную зависимость интервала времени достижения приемным элементом критической температуры при воздействии на него потоком эталонного электромагнитного излучения ИК-диапазона, затем измеряют аналогичный интервал времени при воздействии на приемный элемент определяемого потока электромагнитного излучения, по которому с помощью эталонной зависимости определяют величину потока. Для определения слабых потоков электромагнитного излучения предварительно создают начальные тепловые условия для возможного перехода приемного элемента в область сверхпроводящего перехода с помощью постоянного потока вспомогательного электромагнитного излучения ИК-диапазона. 3 ил.

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано в устройствах обнаружения электромагнитного излучения, преимущественно, для определения слабых потоков электромагнитного излучения в спектральном интервале от оптического до миллиметрового. Особый интерес представляет использование изобретения при определении слабого ИК-излучения, в частности лазерного, а также излучения малой длительности действия.

Изобретение может найти применение как при проведении научных исследований, так и при разработке измерительной аппаратуры, в том числе тепловизионной.

Известен способ определения пространственного распределения плотности мощности ИК-излучения, с помощью которого можно определить поток ИК-излучения, основанный на преобразовании его энергии в тепловую приемным элементом, выполненным в виде сверхпроводящего болометра, на который воздействуют потоком определяемого ИК-излучения, устанавливая температуру всех участков болометра ниже критической, затем дополнительно воздействуют

на болометр пучком лазерного излучения, устанавливая при этом температуру болометра выше критической, и по изменению сопротивления болометра определяют плотность мощности, по которой может быть определен поток излучения.

Чувствительность данного способа позволяет определять слабые электромагнитные потоки, в том числе ИК-диапазона.

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

Прототипом данного изобретения является способ определения потока электромагнитного излучения, реализованный в устройстве по Патенту СССР 1831665 от 20.05.91 г. МКИ 5 G 01 J 5/20, основанный на преобразовании энергии потока в тепловую энергию приемного элемента, выполненного в виде сверхпроводящей болометрической пленки, размещенной на боковой поверхности световода (СП-болометр), заключающийся в том, что на приемный элемент воздействуют вспомогательным потоком ИК-диапазона путем пропускания его через световод, устанавливая температуру приемного элемента выше критической (в области сверхпроводящего перехода), затем на приемный элемент воздействуют определяемым основным потоком электромагнитного излучения и определяют его величину по измеренному значению изменения сопротивления болометра, находящегося в резистивном состоянии в области сверхпроводящего перехода (при протекании через приемный элемент, преимущественно, постоянного тока).

Однако точность определения потока электромагнитного излучения с помощью способа-прототипа ограничена точностью измерения изменения сопротивления,

так как минимальное значение регистрируемого напряжения  $\Delta U$ , определяющего

минимальный перепад температуры  $\Delta T$  приемного элемента, пропорционально току, протекающему через приемный элемент, значение которого ограничено условием обеспечения тепловой стабильности элемента и не может быть существенно увеличено, что, в свою очередь, ограничивает болометрический отклик приемного элемента. 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  $S_U$

составляет приблизительно  $1,5 \cdot 10^3$  В/Вт.

Кроме того, точность определения потока ограничена наличием избыточного низкочастотного шума, возникающего при прохождении тока через приемный элемент и имеющего максимум в области максимальной крутизны сверхпроводящего 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 ( $U_{ш}$ )

составляет  $\approx 350$  нВ/Гц<sup>1/2</sup>.

Задача изобретения состоит в том, чтобы создать способ определения потока как сильных, так и слабых электромагнитных излучений, в том числе ИК-диапазона, обеспечив при этом достижение необходимого технического результата, заключающегося в повышении чувствительности, точности и стабильности определения за счет снижения погрешности измерений вплоть до уровня,

ограниченного флуктуациями определяемого потока электромагнитного излучения, что дает возможность практически абсолютного определения электромагнитного излучения.

Указанный технический результат достигается в способе по п.1 формулы изобретения определения потока электромагнитного излучения, основанном на преобразовании его энергии в тепловую приемным элементом, имеющим переход из резистивного состояния в сверхпроводящее, заключающемся в воздействии на приемный элемент потоком электромагнитного излучения и определении величины этого потока по изменению параметра приемного элемента благодаря тому, что предварительно определяют эталонную зависимость интервала времени достижения приемным элементом критической температуры при воздействии на него потоком эталонного электромагнитного излучения ИК-диапазона, затем измеряют интервал времени достижения приемным элементом критической температуры при воздействии на него определяемого потока электромагнитного излучения, по которому с помощью эталонной зависимости определяют величину потока.

Достижение указанного выше технического результата обеспечивается благодаря тому, что необходимые измерения согласно изобретению проводят при постоянном нахождении приемного элемента в области сверхпроводимости, где на измерения не оказывают влияние все факторы, присущие болометрическим элементам, находящимся в резистивном состоянии, то есть шумы, нестабильность тока, проходящего через приемный элемент. Кроме того, поскольку в качестве измеряемого параметра используется время, являющееся одной из основных физических величин, точность измерения которого составляет приблизительно  $10^{-13}$ - $10^{-14}$  то точность и чувствительность способа определения ограничивается лишь точностью эталонного излучения и флуктуациями самого определяемого потока. Так в качестве эталонного излучения может быть применено излучение от источника, построенного на использовании тройной точки воды (273,16 К), при этом погрешность определения потока электромагнитного

излучения будет определяться только собственными флуктуациями (порядка  $3 \cdot 10^{-6}$ , основываясь на данных "Современные метрологические проблемы физико-технических измерений" под ред. В.К.Коробова, М. Издательство стандартов, 1988, с. 20-22).

Согласно п. 2 формулы изобретения на приемный элемент воздействуют постоянным потоком вспомогательного электромагнитного излучения ИК-диапазона, устанавливая температуру приемного элемента ниже критической, но выше первоначальной, а затем измеряют интервал времени достижения приемным элементом критической температуры при воздействии на него суммарного потока определяемого основного и вспомогательного электромагнитных излучения и по измеренному интервалу времени с помощью эталонной зависимости определяют величину основного потока.

При этом достижение указанного выше технического результата справедливо и для слабых потоков электромагнитного излучения благодаря тому, что с помощью вспомогательного электромагнитного излучения ИК-диапазона обеспечивается создание начальных тепловых условий для возможного перехода приемного элемента при воздействии на него слабого определяемого потока электромагнитного излучения до критической температуры.

Согласно п. 3 формулы изобретения на приемный элемент воздействуют постоянным потоком вспомогательного электромагнитного излучения ИК-диапазона и измеряют интервал времени достижения приемным элементом критической температуры, затем измеряют интервал времени достижения приемным элементом критической температуры при воздействии на него

суммарного потока определяемого основного и вспомогательного электромагнитных излучений и по измеренным интервалам времени с помощью эталонной зависимости определяют величину основного потока.

При этом достигается тот же технический результат, что и по п.2 формулы изобретения, но при использовании иного варианта определения потока.

Сущность изобретения поясняется представленными графическими материалами, где:

на фиг.1 зависимость сопротивления приемного элемента от его температуры при переходе из сверхпроводящего в резистивное состояние;

на фиг. 2 эталонная зависимость интервала времени  $t_{\Sigma}$  от момента воздействия на приемный элемент потока эталонного электромагнитного излучения ИК-диапазона  $f_{\Sigma}$  до момента достижения приемным элементом критической температуры;

на фиг. 3 поясняется возможность определения основного потока  $\Phi_X$  с помощью зависимостей интервалов времени  $t_{\text{всп}}$ ,  $t_{\Sigma}$  достижения приемным элементом критической температуры от момента воздействия на него соответственно вспомогательного и суммарного потоков,  $f_{\text{всп}}$  и  $\Phi_{\Sigma}$ .

Способ осуществляется следующим образом.

В качестве приемного элемента может быть взят один из известных сверхпроводящих болометров (например, В.Г.Еременко и др. Сверхпроводящий болометр в токовом режиме. Сб. научных трудов "Низкотемпературные процессы и системы". АН УССР, физико-технический институт низких температур, г. Киев, "Наукова думка", 1987, с. 8-13). Заранее необходимо определить эталонную зависимость интервала времени  $t_{\Sigma}$  от момента начала воздействия потока эталонного электромагнитного излучения ИК-диапазона  $f_{\Sigma}$  на приемный элемент до момента достижения приемным элементом критической температуры. В качестве эталонного излучения берут электромагнитное излучение ИК-диапазона с потоком максимально достижимой стабильности, которая, в свою очередь, зависит от стабильности поддержания температуры излучателя. Так, если в качестве эталонного излучения принять излучение из замкнутого объема, в оболочке которого имеется малое отверстие по сравнению с общей поверхностью и которое является абсолютно черным излучением, то по закону Стефана-Больцмана его энергетическая светимость, а следовательно, и поток пропорционален четвертой степени температуры оболочки ( $T_{\text{эт}}^4$ ). В частности, если в качестве эталонного принять излучение из отверстия в оболочке, находящейся при температуре тройной точки воды (273,16 К), то стабильность такого эталонного потока определяется стабильностью поддержания  $T_{\text{эт}}$ , которая в данном случае составляет 0,1 мК.

Указанным эталонным потоком воздействуют на приемный элемент, добиваясь перехода приемного элемента из области сверхпроводимости в область сверхпроводящего перехода (фиг. 1). При этом осуществляют измерения значений интервалов времени достижения приемным элементом критической температуры для различных соответствующих величин эталонного потока, причем сам поток в процессе одного измерения остается постоянным. На основании полученных измерений строят эталонную зависимость (фиг.2). Затем воздействуют на приемный элемент, находящийся в области сверхпроводимости,

определяемым потоком электромагнитного излучения, также добиваясь перехода приемного элемента из области сверхпроводимости в область сверхпроводящего перехода, и измеряют интервал времени, необходимый для достижения приемным элементом критической температуры от момента начала воздействия. Момент достижения приемным элементом критической температуры, как известно, можно определить с помощью сверхпроводящего болометра путем пропускания через него тока и фиксирования момента появления резистивности по появлению падения напряжения на нем, что фактически является моментом окончания измеряемого интервала времени. Величина определяемого потока соответствует величине эталонного потока на эталонной зависимости для интервала времени, равного измеренному, а так как интервал времени, как уже указывалось выше, измеряется с очень высокой точностью, при определении потока погрешность измерения времени не учитывается, а точность определения ограничивается стабильностью эталонного излучения и собственными флуктуациями определяемого электромагнитного излучения.

Однако поскольку при осуществлении способа используется явление перехода приемного элемента в область сверхпроводящего перехода, то для определения слабых потоков электромагнитных излучений необходимо создать дополнительные начальные условия, что осуществляется в соответствии с пп. 2 и 3 формулы изобретения.

Согласно п.2 формулы изобретения сначала на приемный элемент, находящийся в области сверхпроводимости, воздействуют постоянным потоком вспомогательного электромагнитного излучения ИК-диапазона, при этом устанавливая температуру приемного элемента критической, но выше первоначальной, после чего направляют на приемный элемент определяемый поток электромагнитного излучения, таким образом воздействуя на приемный

элемент суммарным основным и вспомогательным потоком  $\Phi_{\Sigma}$ , добиваясь достижения приемным элементом критической температуры. В случае, если приемный элемент не достигает критической температуры, необходимо увеличить поток вспомогательного излучения. Измеряют величину интервала времени, необходимого для достижения приемным элементом критической температуры при воздействии на него суммарным потоком. Величину потока основного (слабого) излучения определяют с помощью измеренного интервала времени и эталонной зависимости следующим образом. По эталонной зависимости определяют величину потока, соответствующего измеряемому интервалу времени, которая, по существу, эквивалентна величине определяемого (слабого) потока.

Описанный способ по п.2 формулы изобретения может быть реализован, например, с помощью известного по Патенту СССР N 1831665 сверхпроводящего болометра, выполненного в виде сверхпроводящего чувствительного элемента, расположенного непосредственно на боковой поверхности световода. Вспомогательное электромагнитное излучение ИК-диапазона направляют в торец световода, а определяемое излучение непосредственно на чувствительный элемент. Начало измеряемого интервала времени соответствует моменту начала одновременного воздействия обоих потоков на приемный элемент.

Согласно п.3 формулы изобретения способ осуществляют аналогично по п.2, но при этом сначала измеряют интервал времени, необходимого для достижения приемным элементом критической температуры при воздействии на него только постоянным потоком вспомогательного электромагнитного излучения ИК-диапазона  $\Phi_{всп}$ , а затем интервал времени достижения приемным элементом

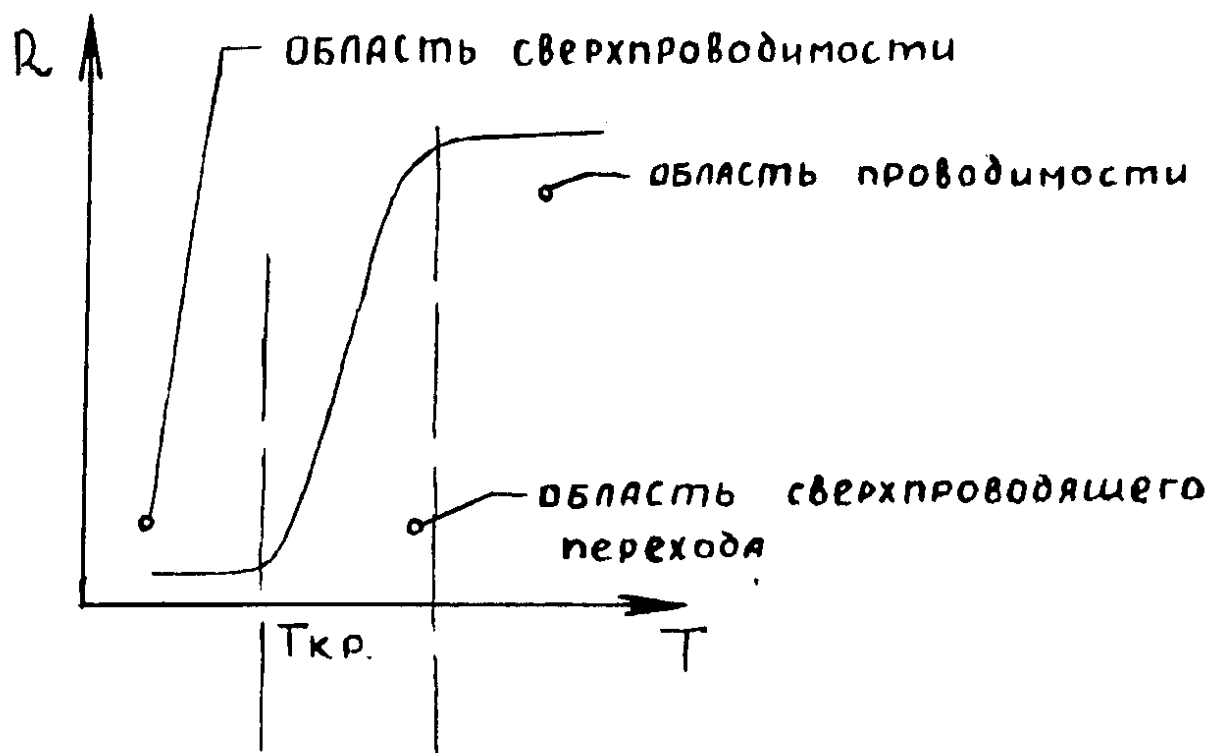


критической температуры при воздействии на него суммарного потока  $\Phi$   $\Sigma$  определяемого основного  $f_x$  и вспомогательного  $\Phi_{всп}$  электромагнитных излучений. С помощью эталонной зависимости, зная измеренные интервалы времени, определяют величину основного потока (фиг.3). Такой вариант способа целесообразно также применять для определения потоков слабых электромагнитных излучений от источников с малой длительностью действия.

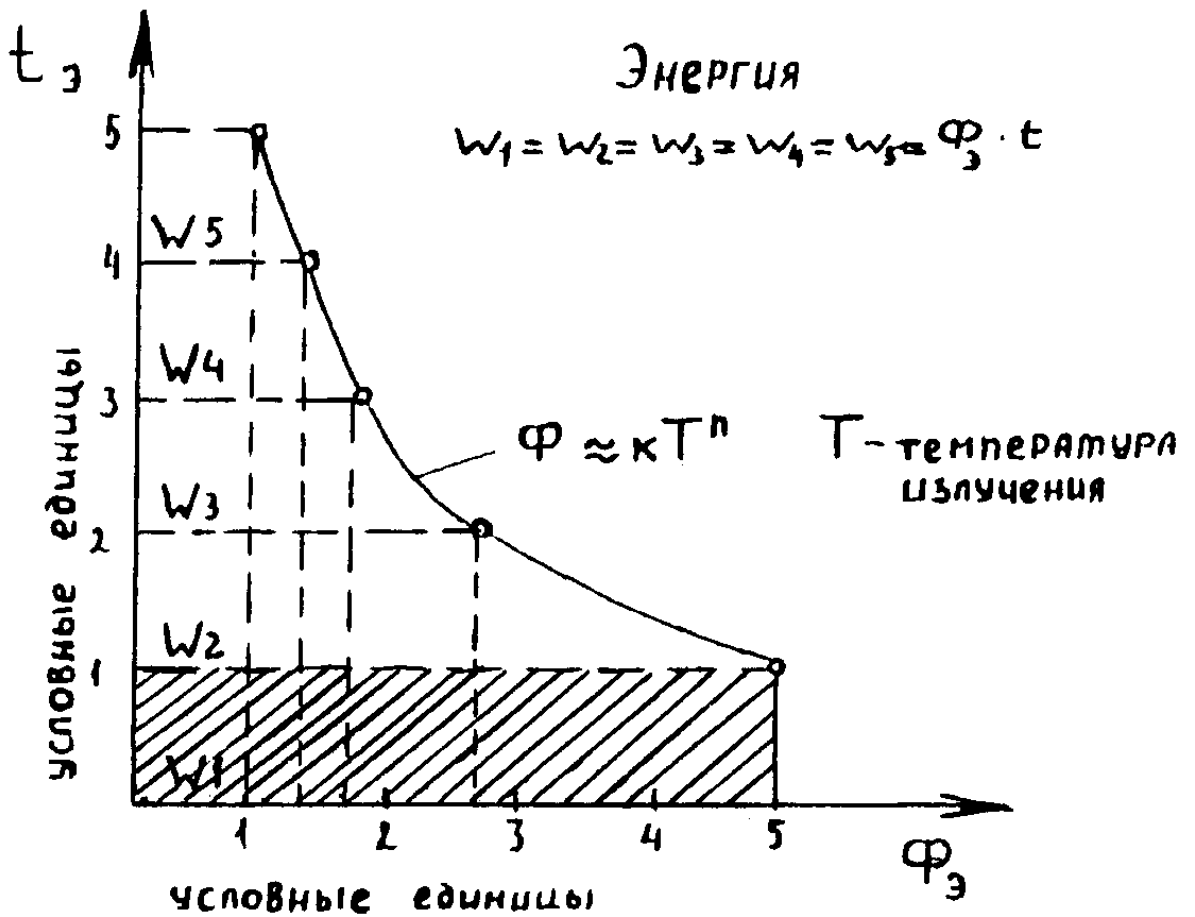
#### Формула изобретения

1. Способ определения потока электромагнитного излучения, основанный на преобразовании его энергии в тепловую приемным элементом, имеющим переход из резистивного состояния в сверхпроводящее, заключающийся в том, что на приемный элемент, находящийся в области сверхпроводимости, воздействуют определенным потоком электромагнитного излучения и регистрируют параметр приемного элемента, отличающийся тем, что при регистрации параметра приемного элемента измеряют интервал времени достижения приемным элементом критической температуры, по величине измеренного интервала времени с привлечением предварительно построенной эталонной зависимости определяют поток электромагнитного излучения.
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что на приемный элемент дополнительно воздействуют постоянным потоком вспомогательного электромагнитного излучения ИК-диапазона, устанавливая температуру приемного элемента ниже критической, но выше первоначальной.
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что на приемный элемент воздействуют постоянным током вспомогательного электромагнитного излучения ИК-диапазона и измеряют при этом интервал времени достижения приемным элементом критической температуры, который используют в качестве дополнительной величины при определении потока.

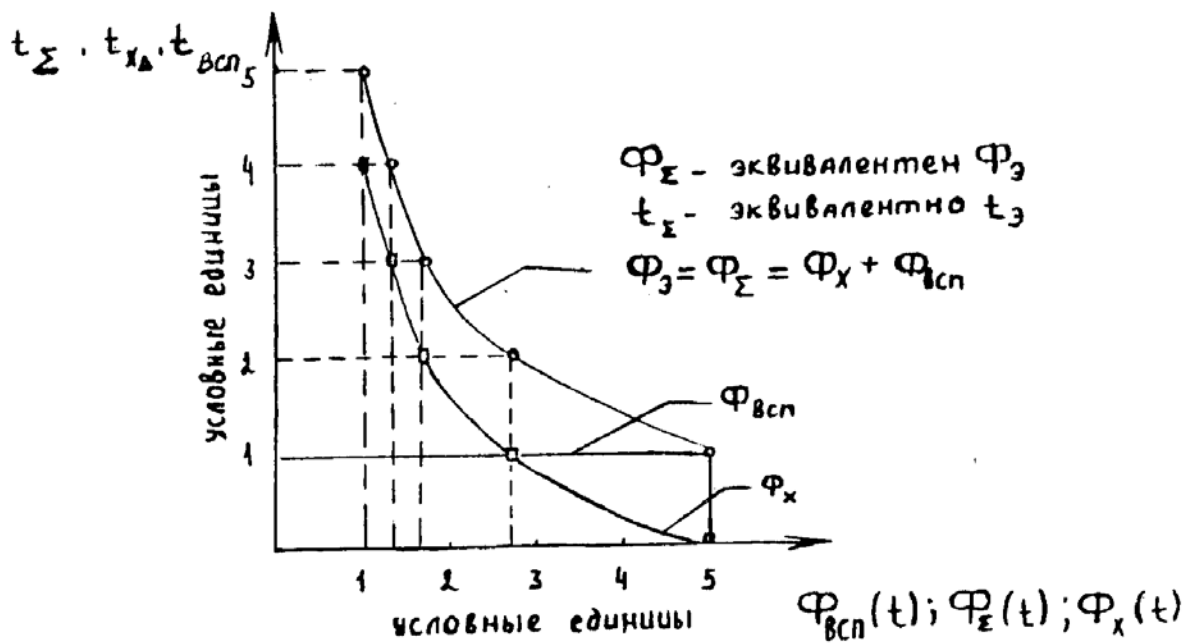
#### РИСУНКИ



Физ.1



Физ.2



Физ.3