



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2007115748/28**, **25.04.2007**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.04.2007

(45) Опубликовано: **27.09.2008** Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 4443107 A**, **17.04.1984**. **RU 2243615 C2**, **27.12.2002**. **RU 2239917 C2**, **10.11.2004**. **RU 2241280 C2**, **27.11.2004**. **JP 2006133105 A**, **25.05.2006**. **US 2005116151 A**, **02.06.2005**. **US 2005051714 A**, **10.03.2005**.

Адрес для переписки:

660036, г.Красноярск, Академгородок, Институт
Физики им. Л.В. Киренского СО РАН, патентный
отдел

(72) Автор(ы):

**Иваненко Александр Анатольевич (RU),
Шестаков Николай Петрович (RU),
Сысоев Анатолий Михайлович (RU),
Шабанов Василий Филиппович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

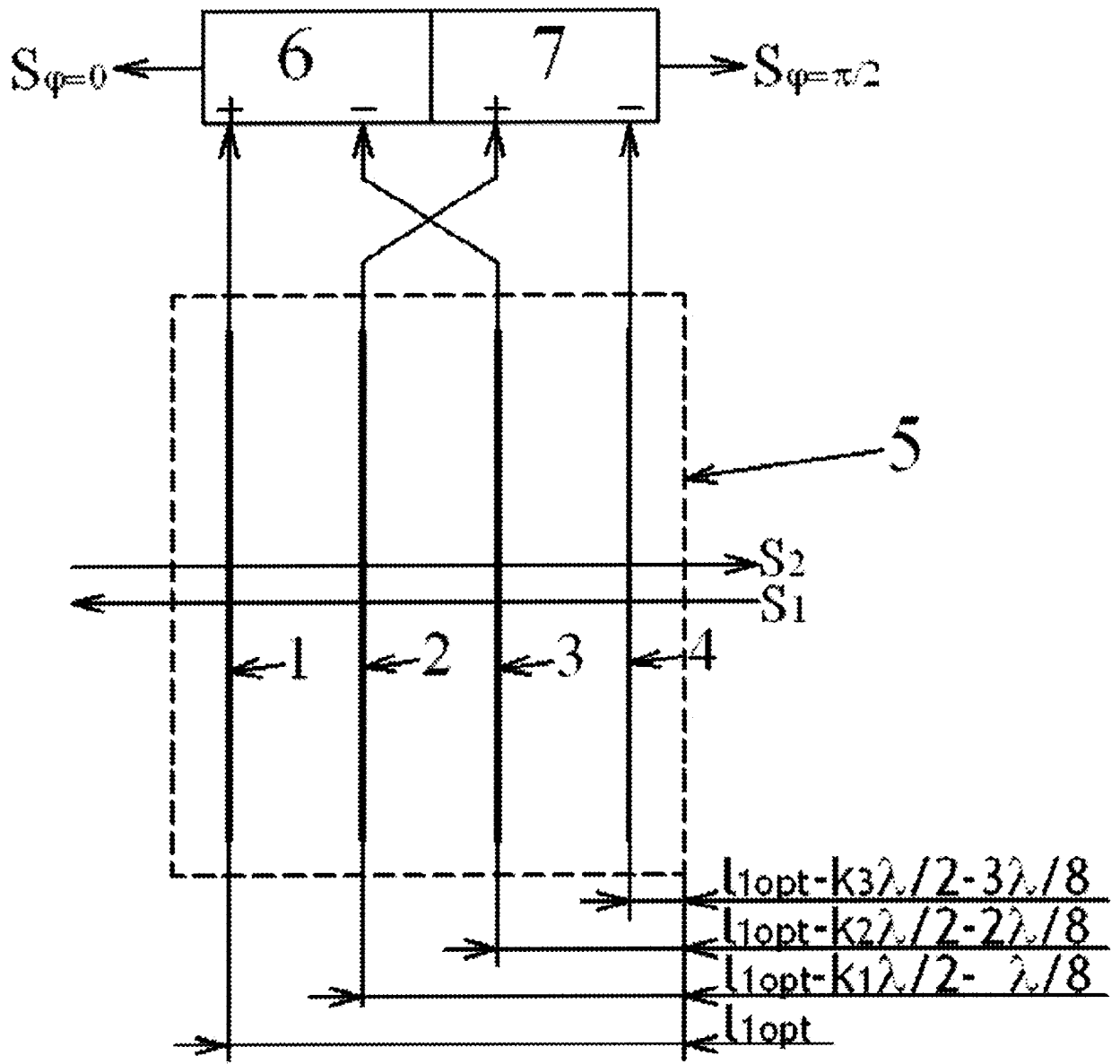
**Институт Физики им. Л.В. Киренского
Сибирского Отделения РАН (RU)**

(54) КВАДРАТУРНОЕ ФОТОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО

(57) Реферат:

Изобретение относится к оптоэлектронике и интерферометрии, предназначено для измерения пространственного распределения интенсивности света в интерференционном поле, образованном встречными световыми потоками. Квадратурное фотоприемное устройство содержит фотоприемник, который включает четыре интерференционно чувствительных фотоэлектрических элемента, два из которых являются опорными, а разность оптических расстояний от первого фотоэлектрического элемента до плоскости, перпендикулярной измеряемому световому потоку и ограничивающей оптически дальнюю для первого фотоэлектрического элемента поверхность фотоприемника, и от *i*-го фотоэлектрического

элемента до этой плоскости вычисляется по предложенной формуле, при этом сигналы с нечетных фотоэлектрических элементов фотоприемника подаются на соответствующие входы первого дифференциального усилителя, а сигналы с четных фотоэлектрических элементов фотоприемника - на соответствующие входы второго дифференциального усилителя. Изобретение обеспечивает увеличение отношения сигнал/шум квадратурного фотоприемника, снижение помехи, вызванной постоянной составляющей светового потока (не интерференционной составляющей), снижение помехи, вызванной интерференционной составляющей светового потока на длинах волн, отличных от длины волны регистрируемого излучения. 5 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
H01L 31/00 (2006.01)
G01B 11/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2007115748/28, 25.04.2007**

(24) Effective date for property rights: **25.04.2007**

(45) Date of publication: **27.09.2008 Bull. 27**

Mail address:

**660036, g.Krasnojarsk, Akademgorodok,
Institut Fiziki im. L.V. Kirenskogo SO RAN,
patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Ivanenko Aleksandr Anatol'evich (RU),
Shestakov Nikolaj Petrovich (RU),
Sysoev Anatolij Mikhajlovich (RU),
Shabanov Vasilij Filippovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Institut Fiziki im. L.V. Kirenskogo
Sibirskogo Otdelenija RAN (RU)**

(54) **QUADRATURE PHOTO-RECEIVING DEVICE**

(57) Abstract:

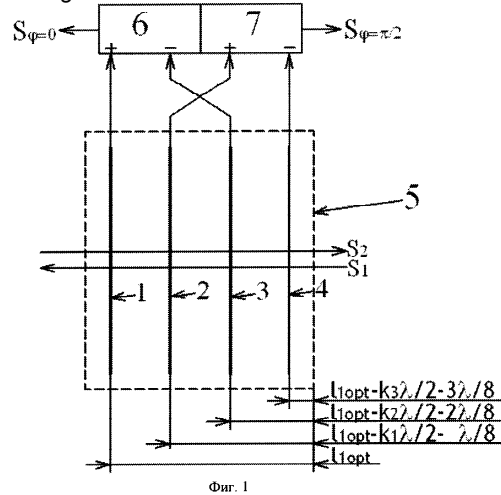
FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention is related to optoelectronics and interferometry and intended for measurement of spatial distribution of light intensity in interference field formed by counter luminous fluxes. Quadrature photo-receiving device contains photodetector including four interferentially sensitive photoelectric element, two of which are reference ones. Difference of optical distances from the first photoelectric element to the plane that is perpendicular to measured luminous flux and that limits optically distant surface of photodetector for the first photoelectric element and from i-photoelectric element to this plane is calculated from the proposed formula, signals from odd photoelectric elements of photodetector being supplied to appropriate inlets of the first differential amplifier, and signals from even photoelectric elements of photodetector to appropriate inlets of the second differential amplifier.

EFFECT: increase in ratio signal/noise of quadrature photodetector, reduction of

interference caused by permanent component of luminous flux (rather than by interferential component), reduction of interference caused by interferential component of luminous flux on lengths of waves that are different from length of registered radiation wave.

5 dwg



RU 2 335 034 C1

RU 2 335 034 C1

Изобретение относится к оптоэлектронике и интерферометрии, предназначено для измерения пространственного распределения интенсивности света в интерференционном поле, образованном встречными световыми волнами.

Известен фотоприемник [RU 2243615]. Однако известный фотоприемник обладает следующими недостатками: в этом фотоприемнике невозможна регистрация квадратурных сигналов в интерференционном поле, образованном встречными световыми потоками.

Известно квадратурное фотоприемное устройство [US 4443107], содержащее фотоприемник, включающий три детектора, два из которых - интерференционно-чувствительные фотоэлектрические элементы, а третий - опорный, два дифференциальных усилителя, на один вход каждого из которых подается сигнал с опорного детектора фотоприемника, а на каждый второй вход усилителей подается сигнал с соответствующего интерференционно-чувствительного элемента фотоприемника [US 4443107 - Фиг.7].

Это устройство является прототипом изобретения.

Однако в этом устройстве имеются следующие недостатки:

а) при вычитании сигналов интерференционно-чувствительного фотоэлемента и опорного детектора происходит снижение отношения сигнал/шум. Опорный детектор служит для компенсации постоянного «темнового» тока. Следовательно, он имеет «темновой» ток, равный «темновому» току интерференционно-чувствительного фотоэлемента. «Темновой» ток является основным источником шума любого детектора. На выходе дифференциального усилителя отношение сигнал/шум уменьшается, поскольку тепловые шумы интерференционно-чувствительного фотоэлемента и опорного детектора являются слабо коррелированными и не вычитаются, а суммируются, а сигнал за счет опорного детектора не добавляется, поскольку он вообще не регистрирует свет.

б) поскольку детектор не регистрирует свет, то не происходит компенсации помехи, вызванной постоянной составляющей светового потока (не интерференционной составляющей).

в) фотоприемник не обладает селективностью по длине волны к интерференционному световому сигналу.

Техническим результатом изобретения является увеличение отношения сигнал/шум квадратурного фотоприемника, снижение помехи, вызванной постоянной составляющей светового потока (не интерференционной составляющей), снижение помехи, вызванной интерференционной составляющей светового потока на длинах волн, не кратных длине волны регистрируемого излучения.

Технический результат достигается тем, что в квадратурном фотоприемном устройстве, содержащем фотоприемник, включающий три детектора, два из которых - интерференционно-чувствительные фотоэлектрические элементы, а третий - опорный, два дифференциальных усилителя, на один вход каждого из которых подается сигнал с опорного детектора фотоприемника, а на каждый второй вход усилителей подается сигнал с соответствующего интерференционно-чувствительного элемента фотоприемника, новым является то, что фотоприемник содержит четыре интерференционно чувствительных фотоэлектрических элемента, два из которых являются опорными, а разность оптических расстояний от первого фотоэлектрического элемента до плоскости, перпендикулярной измеряемому световому потоку и ограничивающей оптически дальнюю для первого фотоэлектрического элемента поверхность фотоприемника, и от i -го фотоэлектрического элемента до этой плоскости равна

$$\Delta l_{(i-1)\text{opt}} = k_{(i-1)} \frac{\lambda}{2} + (i - 1) \frac{\lambda}{8}, \text{ где}$$

λ - длина волны регистрируемого излучения;

$i=2, 3, 4$ - номер фотоэлектрического элемента;

k_i - любые целые неотрицательные числа,

при этом сигналы с нечетных фотоэлектрических элементов фотоприемника подаются на соответствующие входы первого дифференциального усилителя, а сигналы с четных

фотоэлектрических элементов фотоприемника на соответствующие входы второго дифференциального усилителя.

Изобретение поясняется чертежами, где на фиг.1 представлена структурная схема квадратурного фотоприемного устройства. На фиг.2 представлена фотография вакуумного квадратурного фотоприемника, который является примером выполнения квадратурного фотоприемника. На фиг.3 изображен эскизный чертеж катодного окна с катодами вакуумного квадратурного фотоприемника. На фиг.4 изображен интерферометр, в составе которого работает вакуумный квадратурный фотоприемник. На фиг.5 изображены графики зависимостей напряжений от времени, полученные при работе квадратурного фотоприемника в составе интерферометра.

Квадратурное фотоприемное устройство работает следующим образом. Интерференционно-чувствительные фотоэлектрические элементы 1, 2, 3, 4 фотоприемника 5 (фиг.1) находятся в интерференционном поле, образованном встречными когерентными световыми потоками S_1 и S_2 с плоскими волновыми фронтами, параллельными фоточувствительным элементам. Световым потоком S_1 может являться световой поток S_2 , прошедший через фотоприемник 5 и отраженный от плоского зеркала.

Первый фотоэлектрический элемент находится на оптическом расстоянии от плоскости, перпендикулярной измеряемому световому потоку и ограничивающей оптически дальнюю для первого фотоэлектрического элемента поверхность фотоприемника, равном l_{1opt} , а каждый i -й фотоэлектрический элемент находится на оптическом расстоянии от этой плоскости, равном

$$l_{iopt} = l_{1opt} - k_{(i-1)} \frac{\lambda}{2} - (i-1) \frac{\lambda}{8}.$$

Сигналы с нечетных фотоэлектрических элементов поступают на входы дифференциального усилителя 6, а с четных - на входы дифференциального усилителя 7.

Встречные световые потоки S_1 и S_2 образуют интерференционное поле, интенсивность которого меняется вдоль направления распространения по синусоидальному закону с периодом, равном $\lambda/2$.

При равномерном движении относительно друг друга, вдоль направления распространения световых потоков, фотоприемника и интерференционного поля, на выходах фотоприемника формируются четыре синусоидальных сигнала. Если принять фазовый сдвиг сигнала, образованного первым фотоэлектрическим элементом, за нулевой, то оставшиеся три сигнала фотоприемника имеют фазовый сдвиг $\varphi_2=2k_1\pi+\pi/2$, $\varphi_3=2k_2\pi+\pi$, $\varphi_4=2k_3\pi+\pi+\pi/2$.

На выходах дифференциальных усилителей 6 и 7 формируются сигналы $S_{\varphi=0}$ и $S_{\varphi=\pi/2}$, которые имеют взаимный фазовый сдвиг $\pi/2$. На входы дифференциальных усилителей поступают сигналы, в которых интерференционная составляющая на длине волны регистрируемого излучения находится в противофазе, т.е. на выходе дифференциальных усилителей присутствует сигнал, в котором интерференционная составляющая на длине волны регистрируемого излучения складывается, а постоянные составляющие, образованные за счет неинтерференционной составляющей (темновой ток, подсветка) - вычитаются. Поскольку каждый интерференционно-чувствительный фотоэлектрический элемент дает вклад в сигнал пропорционально своему эффективному объему, снижение отношения сигнал/шум не происходит, по сравнению с отношением сигнал/шум, получаемому от одного фотоэлектрического элемента удвоенного эффективного объема. [Alexander A. Ivanenko, Nick P. Shestakov, Anatoly M. Sysoev, Vasily F. Shabanov, "New photodetector - meter of the correlation function of optical signals", Proceeding SCI-2003, V.10, pp.124-129].

Ослабляются и интерференционная составляющая на длинах волн, отличных от длины волны регистрируемого излучения, на которых разность фаз сигналов на входах дифференциальных усилителей отлична от 180° [Alexander A. Ivanenko, Vasily F. Shabanov, Anatoly M. Sysoev, Nikolay P. Shestakov, Interference sensitive selective

photodetector. Proceedings of SPIE/Ukraine Volume 6, No.1-6, p.480-488, 2006.
 (Current Research in Optics and Photonics: Selected Papers from the International
 Conference on Advanced Optoelectronics & Lasers (2005)]. Т.е. удвоения сигналов на
 этих длинах волн не происходит, в отличие от сигналов, на длине волны регистрируемого
 5 излучения.

На этом принципе был разработан вакуумный квадратурный фотоприемник фиг.2 на
 внешнем фотоэффекте. Катодное окно фиг.3 этого фотоприемника содержит: 1, 2, 3, 4 -
 электроды фотокатодов, 5, 6, 7, 8 - фотокатоды, 9 - слой MgF_2 оптической толщиной $\lambda/8$,
 10 - слой MgF_2 оптической толщиной $\lambda/4$, 11 - слой MgF_2 оптической толщиной $3\lambda/8$.

Вакуумный квадратурный фотоприемник испытывался в интерферометре фиг.4. Луч
 гелий-неонового лазера 1 проходит через вакуумный квадратурный фотоприемник 2,
 попадает на зеркало 3, закрепленное на пьезоэлементе 4, а затем отражается и вновь
 проходит через фотоприемник 2. Между зеркалом и лазером образуется стоячая световая
 волна с синусоидальным распределением интенсивности вдоль распространения лучей.

На фиг.5 изображены графики зависимостей напряжений от времени, полученные на
 этой установке. Цифрой 1 обозначена зависимость напряжения на пьезоэлементе от
 времени, которая имеет треугольную форму. Зависимости 2-5 сигналов на входах
 дифференциальных усилителей имеют примерно в 2 раза меньшую амплитуду, чем
 квадратурные сигналы 6, 7 на выходах дифференциальных усилителей.

Квадратурное фотоприемное устройство позволяет выполнять измерения перемещения
 с учетом направления движения, с высоким разрешением. Устройство предназначено для
 интерферометров со встречным направлением лучей в области регистрации.

Работа выполнена при поддержке INTAS Ref. №04-80-6791.

Формула изобретения

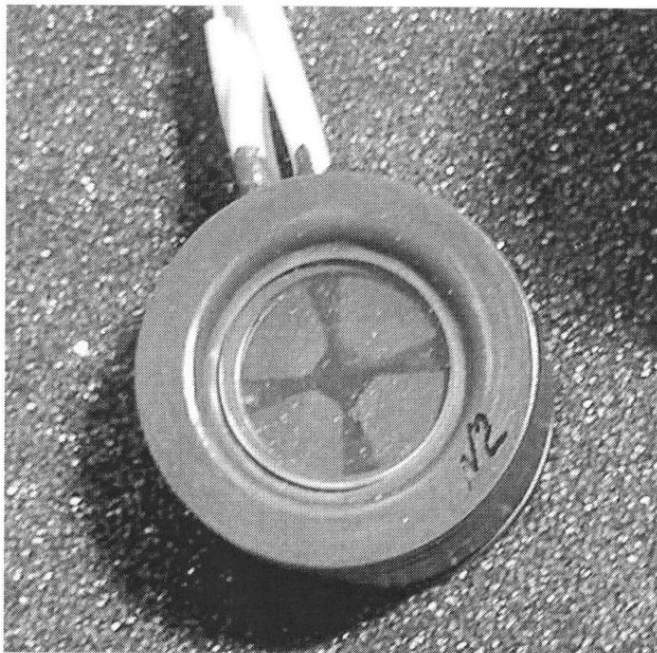
Квадратурное фотоприемное устройство, содержащее фотоприемник, включающий три
 детектора, два из которых - интерференционно-чувствительные фотоэлектрические
 элементы, а третий опорный, два дифференциальных усилителя, на один вход каждого из
 которых подается сигнал с опорного детектора фотоприемника, а на каждый второй вход
 30 усилителей подается сигнал с соответствующего интерференционно-чувствительного
 элемента фотоприемника, отличающееся тем, что фотоприемник содержит четыре
 интерференционно-чувствительных фотоэлектрических элемента, два из которых являются
 опорными, а разность оптических расстояний от первого фотоэлектрического элемента до
 плоскости, перпендикулярной измеряемому световому потоку и ограничивающей оптически
 35 дальнюю для первого фотоэлектрического элемента поверхность фотоприемника и от i-го
 фотоэлектрического элемента до этой плоскости, равна

$$\Delta l_{(i-1)opt} = k_{(i-1)} \frac{\lambda}{2} + (i-1) \frac{\lambda}{8} ,$$

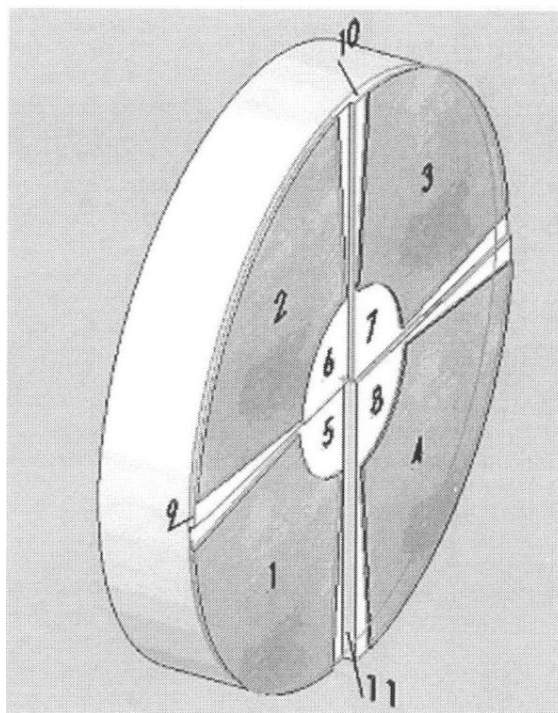
где λ - длина волны регистрируемого излучения;

i=2, 3, 4 - номер фотоэлектрического элемента;

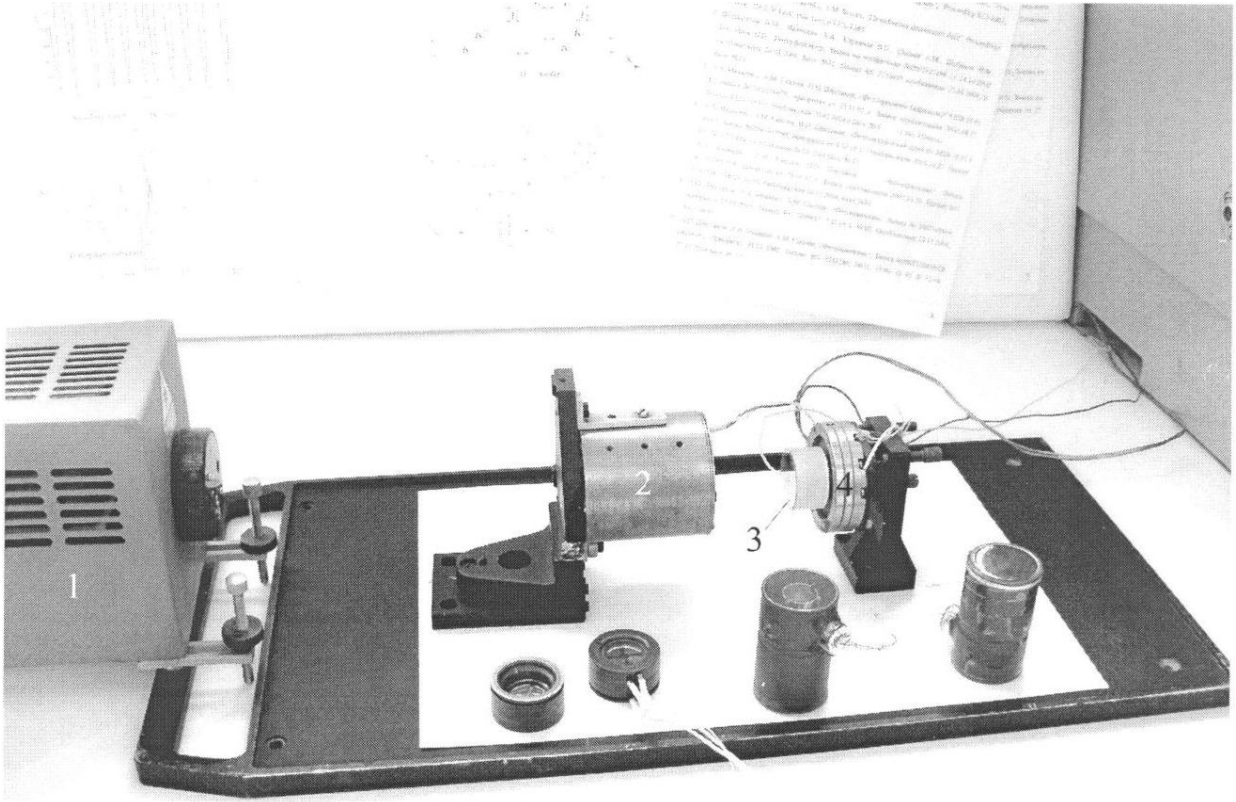
k_i - любые целые неотрицательные числа, при этом сигналы с нечетных
 фотоэлектрических элементов фотоприемника подаются на соответствующие входы
 первого дифференциального усилителя, а сигналы с четных фотоэлектрических элементов
 фотоприемника на соответствующие входы второго дифференциального усилителя.



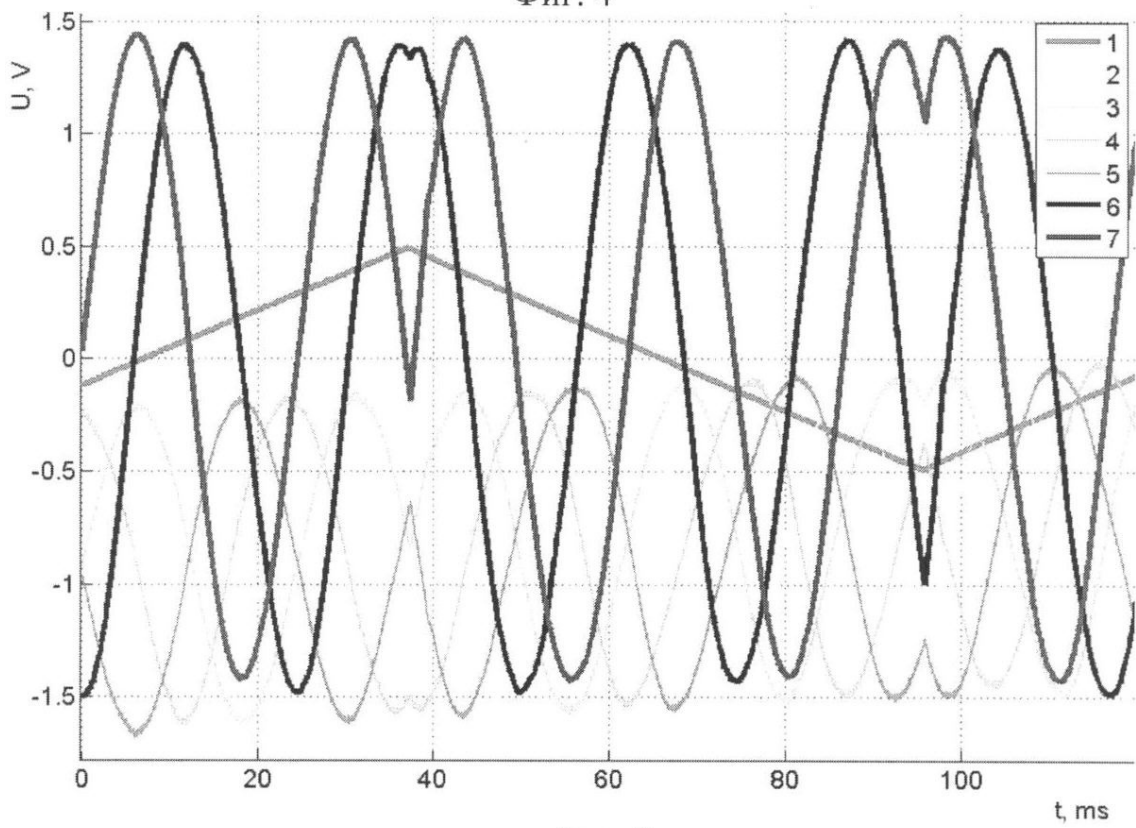
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5