



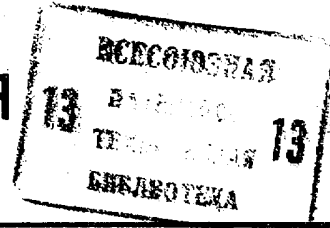
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1384949** **A1**

(5D) 4 G 01 B 21/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 4113700/24-28
(22) 04.09.86
(46) 30.03.88. Бюл. № 12
(71) Институт автоматики и электро-
метрии СО АН СССР
(72) И.Г.Максименко и А.Г.Полещук
(53) 531.7(088.8)
(56) Патент США № 4353650,
кл. G 01 B 11/30, 1983.

(54) ГЕТЕРОДИННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ
ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СТРАВЛИВАЕМЫХ И
НАПЫЛЯЕМЫХ СЛОЕВ
(57) Изобретение относится к измери-
тельной технике. Целью изобретения
является повышение точности измере-
ния за счет устранения влияния накло-
на образца на результаты измерений.
Устройство содержит оптический излу-
чатель 1, светоделительный эле-
мент 2, поляризационную призму 3 и
два приемных канала. Оптический излу-

чатель 1 формирует световой поток,
содержащий две линейные взаимно-орто-
гонально поляризованные компоненты с
разной частотой. Световой поток с по-
мощью светоделительного элемента 2
и поляризационной призмы 3 делится
на четыре пучка, три из которых па-
дают на необрабатываемую поверхность
образца, а четвертый - на обрабаты-
ваемую. Отраженные от образца и вновь
совмещенные поляризационной призмой 3
попарно взаимно-ортогонально поляри-
зованные пучки после прохождения ана-
лизаторов 7, 8 интерферируют в прием-
ных каналах. Сигнал интерференции па-
ры пучков, отраженных от необрабаты-
ваемой поверхности, является опорным,
сигнал интерференции второй пары пуч-
ков - информативным. По разности фаз
сигналов интерференции судят о тол-
щине напыляемого или стравливаемого
слоя. 1 з.п. ф-лы, 2 ил.

(19) **SU** (11) **1384949** **A1**

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано в технологии травления и напыления для измерения толщины стравливаемых и напыляемых слоев.

Цель изобретения — повышение точности измерения за счет устранения влияния наклона образца на результаты измерений.

На фиг. 1 изображена блок-схема предлагаемого гетеродинного устройства; на фиг. 2 — временные диаграммы, поясняющие работу гетеродинного устройства.

Гетеродинное устройство состоит из оптического излучателя 1, установленных по ходу светового потока светоделительного элемента 2, поляризационной призмы 3, первого 4 и второго 5 фокусирующих объективов, исследуемого образца 6, установленных по ходу отраженного от образца светового потока первого 7 и второго 8 анализаторов, первого 9 и второго 10 фотоприемников, коммутатора 11, фазометра 12 и индикатора 13, вход которого соединен с выходом фазометра 12, а первый и второй входы последнего через коммутатор 11 связаны соответственно с первым 9 и вторым 10 фотоприемниками.

Оптический излучатель 1 состоит из лазера 14, установленных последовательно по ходу светового потока первого объектива 15, первого светоделительного поляризационного элемента 16, акустооптического модулятора 17, диафрагмы 18, второго светоделительного поляризационного элемента 19, второго объектива 20, установленного на фокусном расстоянии от выходной поверхности акустооптического модулятора 17, переключателя 21, первого 22 и второго 23 высокочастотных генераторов и генератора 24 тактовых импульсов, выход которого, а также выходы высокочастотных генераторов 22 и 23 соединены со входами переключателя 21, а выход последнего подключен к входу акустооптического модулятора 17. Работу оптического излучателя синхронизируют с работой фазометра 12 сигналом, поступающим с выхода синхронизации оптического излучателя 1 на третий вход коммутатора 11.

Гетеродинное устройство работает следующим образом.

Световой луч, выходящий из оптического излучателя 1, расщепляется светоделительным элементом 2 на два луча I и II, параллельных исходному и приблизительно равной интенсивности. Каждый из световых потоков состоит из двух компонент с взаимно ортогональными линейными поляризациями и близкими частотами ν_1 и ν_2 . При прохождении через поляризационную призму 3 лучи разделяются пространственно по поляризации и соответственно по частоте. Каждая пара лучей, образовавшаяся из одного светового потока, проходит через один из объективов 4 или 5. Лучи распространяются перпендикулярно к исследуемой поверхности и фокусируются на ней в четырех точках. Причем, лучи Ia, Ib и IIb попадают на поверхность, покрытую фоторезистом и не подвергающуюся изменению в процессе травления, а луч IIa попадает на участок поверхности, подвергающийся травлению. После отражения от поверхности лучи совмещаются попарно (Ia с Ib, IIa с IIb) и проходят в обратном направлении через объективы 4 и 5 и поляризационную призму 3. Вновь образовавшиеся два световых потока I и II отражаются от выходной грани светоделительного элемента 2, проходят через анализаторы 7 и 8 и попадают на фотоприемники 9 и 10. Анализаторы 7 и 8 выделяют из обеих компонент светового потока составляющую с одинаковым направлением колебания электрического вектора световой волны, приводя к интерференции разночастотных компонент, с образованием в фотоприемниках 9 и 10 переменных сигналов биений с частотой $\nu_1 - \nu_2$ и фазой, зависящей от оптической разности хода интерферирующих лучей. Лучи Ia и Ib, отражаясь от поверхности образца, не подвергающейся изменению, образуют опорный сигнал. Лучи IIa и IIb образуют измерительный сигнал, так как луч IIa отражается от участка, подвергаемого травлению или напылению, а луч IIb — от неизменного участка. Электрические сигналы с фотоприемников 9 и 10 через коммутатор 11 поступают на фазометр 12, который осуществляет измерение фазы измерительного сигнала посредством сравнения ее с фазой опорного сигнала. Фаза опорного сигнала не меняет-

ся в процессе травления или напыления, а фаза измерительного сигнала пропорциональна глубине $\Delta h = h_1 - h_2$ рельефа поверхности, следовательно, измерение фазы измерительного сигнала относительно фазы опорного сигнала позволяет получить информацию о глубине рельефа Δh поверхности.

Оптический излучатель 1 работает следующим образом. Когерентный световой поток, выходящий из лазера 14, фокусируется первым объективом 15, подвергаясь разделению первым светоделительным поляризационным элементом 16 на два параллельных луча с взаимно ортогональными поляризациями на акустооптическом модуляторе 17. Через акустооптический модулятор 17 проходят импульсы акустических волн, формируемых определенным образом. ВЧ-генераторы 22 и 23, работающие поочередно, подают в электрическую цепь колебания частотой f_1 и f_2 , которые изображены на фиг. 2а и 2б. Функция переключения генераторов представлена на фиг. 2е. Частота переключения генераторов задается генератором 24 тактовых импульсов через переключатель 21. Следовательно, через акустооптический модулятор 17 проходят одинаковые по длительности импульсы ультразвуковых колебаний частотой f_1 и f_2 , изображенных на фиг. 2. Длительность τ импульсов определяется расстоянием l между световыми лучами в акустооптическом модуляторе 17 и скоростью v распространения звуковой волны в материале модулятора:

$$\tau = \frac{l}{v}.$$

Модулятор 17 работает в режиме дифракции Брэгга. Диффрагма 18 выделяет первый порядок дифракции световых волн, частоты которых равны, в случае выполнения указанного уравнения, $\nu_1 = \nu + f_1$, для световой волны А и $\nu_2 = \nu + f_2$ для световой волны В в течение определенного промежутка времени от t до $t + \tau$, а в течение следующего промежутка от $t + \tau$ до $t + 2\tau$, при переключении коммутатором 11 ВЧ-генераторов 22 и 23 частоты световых волн меняются: для световой волны В $\nu_1 = \nu + f_1$. В течение промежутка времени от $t + 2\tau$ до $t + 3\tau$ повторяется ситуация, имеющая место в течение промежутка времени от t до $t + \tau$, а в течение

промежутка времени от $t + 3\tau$ до $t + 4\tau$ повторяется ситуация, аналогичная ситуации в течение времени от $t + \tau$ до $t + 2\tau$ и т.д. Схематически волны А и В изображены на фиг. 2f и 2g. С помощью второго светоделительного поляризационного элемента 19, который, как и элемент 16, представляет собой плоско параллельную пластинку кристалла исландского шпата, вырезанную под углом 45° к оптической оси, световые волны А и В пространственно совмещаются.

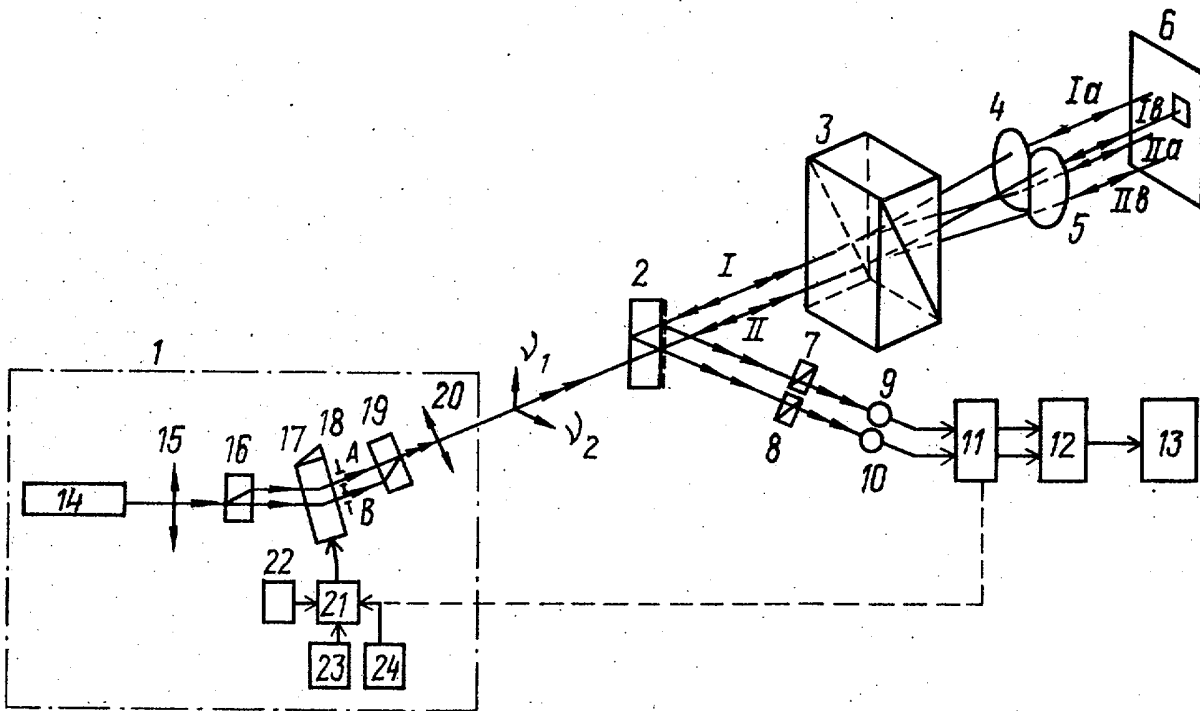
Интерференции в этом случае не наблюдается, так как световые волны имеют взаимно ортогональные поляризации. После второго объектива 20 световые волны из расходящихся становятся параллельными и поступают в интерферометр. Из приведенного описания работы оптического излучателя 1 очевидно, что при сложении световых волн Ia с Ib и IIa с IIb после анализаторов 7 и 8 наблюдается интерференция разночастотных компонент с образованием в фотоприемниках 9 и 10 переменного сигнала биений с частотой $\nu_1 - \nu_2 = f_1 - f_2$, однако в соседние промежутки времени τ будет происходить скачок фазы (фиг. 2к). Чтобы исключить этот скачок (при измерении фазы сигнала) на фазометр 12 необходимо подавать сигналы с фотоприемников 9 и 10 либо в течение промежутков времени от $t + 2k\tau$ до $t + (2k+1)\tau$ ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$), как показано на фиг. 2 для опорного и фиг. 21 для измерительного сигналов, либо в течение промежутков времени от $t + (2k+1)\tau$ до $t + (2k+2)\tau$ ($k = 0, 1, 2, \dots$, что осуществляется коммутатором 11, соединенным цепью синхронизации с блоком оптического излучения.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

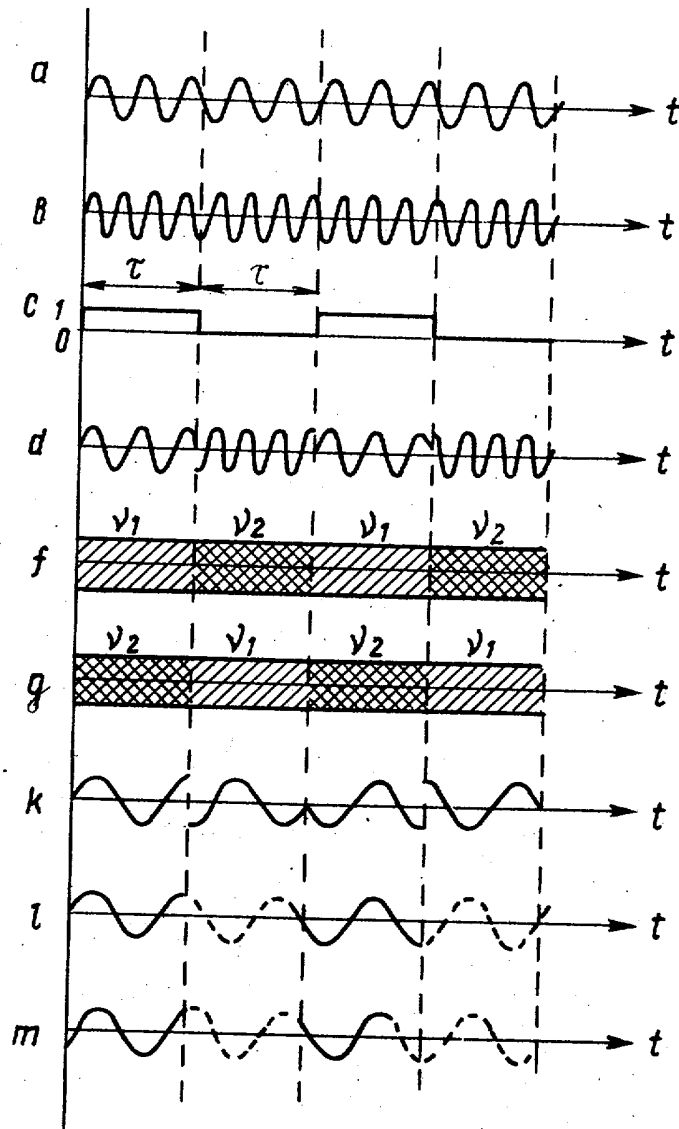
1. Гетеродинное устройство для измерения толщины стравливаемых и напыляемых слоев, содержащее оптический излучатель, предназначенный для формирования светового потока с линейными взаимно-ортогонально поляризованными компонентами различных частот, расположенные по ходу светового потока поляризационную призму и первый фокусирующий объектив, первый и второй приемные каналы, каждый из которых состоит из оптически связанных

анализатора и фотоприемника, последовательно соединенные фазометр и индикатор, отличающиеся тем, что, с целью повышения точности измерений, оно снабжено светоделительным элементом, расположенным на выходе оптического излучателя и предназначенным для разделения светового потока на первый и второй световые пучки. 10 вторым фокусирующим объективом, расположенным по ходу второго светового пучка за поляризационной призмой, коммутатором, первый и второй входы которого связаны с выходами фотоприемников соответственно первого и второго приемных каналов, третий вход — с выходом синхронизации оптического излучателя, первый и второй выходы — с соответствующими входами фазометра, 20 а первый и второй приемные каналы предназначены для размещения в ходе отраженных от объекта световых потоков.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что оптический излучатель выполнен в виде лазера, установленных последовательно по ходу светового потока первого объектива, первого светоделительного поляризационного элемента, акустооптического модулятора, диафрагмы, второго светоделительного поляризационного элемента и второго объектива, расположенного на фокусном расстоянии от акустооптического модулятора, переключателя, первого и второго высокочастотных генераторов и генератора тактовых импульсов, первый, второй и третий входы переключателя связаны соответственно с выходами первого и второго высокочастотных генераторов и выходом генератора тактовых импульсов, а выход подключен к входу акустооптического модулятора, выход генератора тактовых импульсов соединен с входом синхронизации коммутатора.



Фиг. 1



Фиг. 2

Редактор А.Ревин Составитель С.Межнев Техред М.Ходанич Корректор Л.Пилипенко

Заказ 1402/37 Тираж 680 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г.Ужгород, ул.Проектная, 4