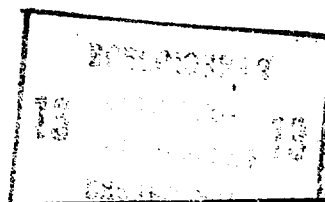




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3629091/24-24
(22) 27.07.83
(46) 15.11.84. Бюл. № 42
(72) В.А. Лабунев, В.А. Сокол,
А.А. Маев, А.А. Радионов, А.П. Ере-
мин, А.Ф. Гусев и Е.А. Чмель
(53) 621.396(088.8)
(56) 1. "Вакуумная техника", 1972,
№ 19, с. 8.

2. Авторское свидетельство СССР
№ 607470, кл. G 01 R 33/12, 1978
(прототип).

(54) (57) УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ
И УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ОСАЖДЕНИЯ
И ТОЛЩИНОЙ ТОНКИХ ПЛЕНОК ПРИ НАПЫ-
ЛЕНИИ, содержащее датчик веса, под-
ключенный выходом к входу кварце-
вого генератора, соединенного вы-
ходом с информационными входами пер-
вого и второго ключей, подключен-
ных выходами к счетным входам соот-
ветственно первого и второго счетчи-
ков импульсов, связанных соответст-
венно выходом и установочным входом
с информационным входом и выходом
третьего ключа, соединенного управ-
ляющим входом с входом первого эле-
мента задержки и с выходом второго
элемента задержки, подключенного
входом к первому управляющему входу
четвертого ключа, связанного инфор-
мационным входом с выходом регист-
ра скорости напыления, подключенно-
го вторым информационным входом к
информационному входу регистра ско-
рости напыления и к выходу пятого
ключа, соединенного информационным
входом с выходом второго счетчика
импульсов, и с первым входом блока
сравнения, подключенного вторым вхо-

дом к выходу задатчика скорости
напыления, первый триггер, связан-
ный выходом с управляющими входами
первого и второго ключей, первым
входом - со сбросовым входом перво-
го счетчика импульсов и с выходом
первого элемента задержки, а вторым
входом - с первым выходом формиро-
вателя эталонных временных интерва-
лов и с входом второго элемента за-
держки, отличающееся
тем, что, с целью повышения помехо-
устойчивости и точности измерения
устройства, в него введены регуля-
тор мощности испарителя и анализа-
тор сбоев, содержащий первый инвер-
тор, подключенный входом к первому
выходу формирователя эталонных вре-
менных интервалов, а выходом через
третий элемент задержки - к первому
входу элемента И-НЕ, соединенного
вторым входом с прямым выходом
второго триггера и с управляющим вхо-
дом регулятора мощности испарителя,
а выходом через второй инвертор и
фильтр частот - с управляющим вхо-
дом шестого ключа и со счетным вхо-
дом третьего счетчика импульсов, под-
ключенного выходом к информационному
входу регулятора мощности испарите-
ля, а сбросовым входом через третий
инвертор - к управляющему входу
пятого ключа и к выходу седьмого клю-
ча, соединенного управляющим входом
с выходом формирователя импульсов и
с первым входом второго триггера,
а информационным входом - с третьим
входом элемента И-НЕ, с информацион-
ным входом шестого ключа и с выходом
усилителя тока, подключенного вхо-
дом к выходу выпрямителя, связан-

ного входом с выходом четвертого инвертора, соединенного входом с выходом кварцевого генератора, причем выход шестого ключа подключен к второму управляющему входу четвертого

ключа, второй вход второго триггера - к второму выходу формирователя эталонных временных интервалов, а вход формирователя импульсов - к выходу блока сравнения.

1

Изобретение относится к микроэлектронике, в частности к устройствам для контроля и управления скоростью осаждения и толщиной тонких пленок при напылении, и может быть использовано в технологии изготовления интегральных и гибридных микросхем, а также при нанесении оптических покрытий.

Известно устройство для измерения скорости и толщины напыления тонких пленок содержащее кварцевый генератор, кварцевый датчик которого размещен в камере напыления, смеситель и фильтр с частотой первого вспомогательного (эталонного) генератора. Разностную частоту этих генераторов выделяют, смешивают с частотой второго вспомогательного (эталонного) генератора, фильтруют. Частоту второго вспомогательного генератора в начале процесса напыления устанавливают на нулевые биения. Выходную частоту, получаемую во втором смесителе, в конверторе преобразуют в напряжение, пропорциональное частоте, дифференцируют с помощью усилителя, выходной сигнал которого подают на измеритель скорости осаждения и блок управления [1].

Недостатки, ограничивающие применение известного устройства, заключаются в том, что двойной преобразование частоты основного кварцевого генератора приводит к зависимости результатов измерения от температуры, причем вторичное смешение частот значительно сужает диапазон измерений толщины напыляемых пленок из-за сложности создания высокостабильного опорного генератора, работающего в широком диапазоне частот. Низкая точность измерения толщины пленок является также результатом фиксации толщиномером скачкооб-

2

разных изменений частоты основного кварцевого генератора при случайном попадании капель напыляемого вещества на кварцевый датчик в камере напыления, так как в этом устройстве отсутствует система защиты от помех.

Наиболее близким техническим решением к изобретению является устройство для измерения скорости напыления и толщины тонких пленок, содержащее кварцевый генератор, кварцевый датчик которого размещен в камере напыления, пять ключей, два счетчика, первые входы которых соединены с выходами первого и второго ключей соответственно, блок сравнения, задатчик скорости напыления и ее допуска, непосредственно соединенный с первым входом блока сравнения, второй вход которого соединен с выходом первого счетчика и с первым входом четвертого ключа, выход блока сравнения соединен со вторым входом четвертого ключа и с первым входом пятого ключа, триггер, выход которого соединен со вторыми входами первого и второго ключей, а первые входы ключей - с выходом кварцевого генератора, две линии задержки, выход первой из которых соединен со вторым входом третьего ключа и входом второй линии задержки, выход второй линии задержки соединен со вторым входом второго счетчика и первым входом триггера, выход второго счетчика соединен с первым входом третьего ключа, а выход третьего ключа - со вторым входом первого счетчика, формирователь эталонных интервалов времени, выход которого соединен с третьим входом четвертого ключа, входом первой линии задержки, вторым входом пятого ключа и вторым входом триггера, регистр скорости, регистр

толщины, второй вход которого соединен с выходом четвертого ключа и входом регистра скорости, выход регистра скорости соединен с третьим входом пятого ключа, выход которого соединен с первым входом регистра толщины [2].

Недостаток известного устройства для измерения скорости напыления и толщины тонких пленок заключается в том, что при отказе кварцевого датчика в процессе технологического цикла в результате перегрева или перегрузки напыляемым веществом происходит срыв колебаний кварцевого генератора и прекращение процесса напыления, что приводит к браку.

Низкая помехозащищенность устройства приводит (при истощении испарителя, при частых сбоях по скорости напыления) к регистрации этих изменений скорости, к изменению управляющего сигнала и срыву напыления или уменьшению точности измерения толщины пленки.

Целью изобретения является повышение помехоустойчивости и точности измерения устройства.

Поставленная цель достигается тем, что в устройство для контроля и управления скоростью осаждения и толщиной тонких пленок при напылении, содержащее датчик веса, подключенный выходом ко входу кварцевого генератора, соединенного выходом с информационными входами первого и второго ключей, подключенных выходами к счетным входам соответственно первого и второго счетчиков импульсов, связанных соответственно выходом и установочным входом с информационным входом и выходом третьего ключа, соединенного управляющим входом со входом первого элемента задержки и с выходом второго элемента задержки, подключенного входом к первому управляющему входу четвертого ключа, связанного информационным входом с выходом регистра скорости напыления, а выходом - с первым информационным входом регистра толщины напыления, подключенного вторым информационным входом к информационному входу регистра скорости напыления и к выходу пятого ключа, соединенного информационным входом с

выходом второго счетчика импульсов и с первым входом блока сравнения, подключенного вторым входом к выходу задатчика скорости напыления, первый триггер, связанный выходом с управляющими входами первого и второго ключей, первым входом - сбросовым входом первого счетчика импульсов и с выходом первого элемента задержки, а вторым входом - с первым выходом формирователя эталонных временных интервалов и со входом второго элемента задержки, введены регулятор мощности и анализатор сбоев, содержащий первый инвертор, подключенный входом к первому выходу формирователя эталонных временных интервалов, а выходом через третий элемент задержки - к первому входу элемента И-НЕ, соединенного вторым входом с прямым выходом второго триггера и с управляющим входом регулятора мощности испарителя, а выходом через второй инвертор и фильтр частот - с управляющим входом шестого ключа и со счетным входом третьего счетчика импульсов, подключенного выходом к информационному входу регулятора мощности испарителя, а сбросовым входом через третий инвертор - к управляющему входу пятого ключа и к выходу седьмого ключа, соединенного управляющим входом с выходом формирователя импульсов и с первым входом второго триггера, а информационным входом - с третьим входом элемента И-НЕ, с информационным входом шестого ключа и с выходом усилителя тока, подключенного входом к выходу выпрямителя, связанного входом с выходом четвертого инвертора, соединенного входом с выходом кварцевого генератора, причем выход шестого ключа подключен ко второму управляющему входу четвертого ключа, второй вход второго триггера - ко второму выходу формирователя эталонных временных интервалов, а вход формирователя импульсов - к выходу блока сравнения.

На фиг. 1 дана блок-схема устройства; на фиг. 2 - функциональная схема анализатора сбоев; на фиг. 3-5 - временные диаграммы работы устройства при исправном кварцевом датчике и отсутствии сбоев по цепи последнего, при сбоях его по

цепи, при отказе кварцевого датчика в процессе напыления.

Устройство содержит датчик веса 1, кварцевый генератор 2, первый ключ 3, первый счетчик импульсов 4, второй ключ 5, второй счетчик импульсов 6, первый элемент задержки 7, первый триггер 8, второй элемент задержки 9, третий ключ 10, формирователь эталонных временных интервалов 11, пятый ключ 12, четвертый ключ 13, задатчик скорости напыления 14, блок сравнения 15, регистр скорости напыления 16, регистр толщины напыления 17, регулятор мощности испарителя 18, анализатор сбоев 19, содержащий первый инвертор 20, третий элемент задержки 21, элемент И-НЕ 22, второй инвертор 23, фильтр частот 24, третий счетчик импульсов 25, шестой ключ 26, второй триггер 27, четвертый инвертор 28, выпрямитель 29, усилитель тока 30, седьмой ключ 31, третий инвертор 32, формирователь импульсов 33.

Кварцевый генератор 2 служит для возбуждения и усиления высокочастотных колебаний датчика веса, реализованного на кварцевом датчике 1, и может быть собран по схеме емкостной трехточки. Ключи 3 и 5 выполнены в виде элементов 2 И-НЕ и предназначены для прерывания последовательности импульсов, поступающих с выхода кварцевого генератора 2 на входы счетчиков 4 и 6 на время, необходимое для перезаписи информации из счетчика 6 в блок 15 сравнения, из счетчика 4 в счетчик 6 через ключ 10 и сброса в нуль счетчика 4. Счетчик 4 выполнен в виде сумматора и предназначен для подсчета количества импульсов, поступающих на его вход с выхода кварцевого генератора 2, за калиброванные промежутки времени, например 1 сек, и выдачи этой информации в параллельном коде. Счетчик 6 выполнен в виде вычитателя и предназначен для подсчета разности импульсов между каждым предыдущим и последующим промежутками времени счета и представления этой информации в параллельном коде. Линии 7 и 9 задержки, выполненные в виде последовательно соединенных элементов НЕ обеспечивают временную задержку импульсов переноса для надежной перезаписи информации из счетчика 6 в блок 15 сравнения,

из счетчика 4 в счетчик 6 и установку счетчика 4 в нулевое состояние. Триггер 8 служит для блокировки входных ключей 3 и 5 на время перезаписи информации. Формирователь 11 временных интервалов времени обеспечивает синхронизацию всего устройства и вырабатывает импульсы переноса (выход 1) и импульсы предварительной установки (выход 2). Входы 1 и 2 ключа 13 являются управляющими, а вход 3 - информационным. Задатчик 14 скорости осаждения (напыления) и ее допуска служит для задания требуемой скорости осаждения и ее допуска и представления этой информации в параллельном коде и выполнен на запоминающих элементах, например кодовых переключателях, со схемой управления. Блок 19 анализатора сбоев осуществляет контроль за работоспособностью кварцевого датчика, производит подсчет количества сбоев по скорости напыления, вырабатывает сигналы блокировки и прерывания, управляющие работой регулятора 18 регулирования мощностью испарителя, управляет работой ключей 12 и 13. Элемент задержки 21 обеспечивает задержку импульса переноса, поступающего на его вход через инвертор 20 с первого выхода формирователя 11 эталонных временных интервалов (см. фиг. 1), на время, большее времени распространения сигнала с входа счетчика 6 до его выходов, и выполнен на последовательно соединенных элементах И. Фильтр частот 24 служит для подавления коротких (например $\tau \approx 40$ нс) импульсов, которые могут возникнуть на выходе элемента И-НЕ 22 в результате временных смещений, поступающих на его вход импульсов, под воздействием температуры окружающей среды или изменении питающих устройство напряжений и представляет собой RC-цепочку с постоянной времени $\tau \approx 40$ нс. При работающем кварцевом датчике на выходе усилителя 30 устанавливается уровень логической "1", в противном случае - логический "0". Формирователь 33 импульсов предназначен для формирования положительного импульса при скачке потенциала на его входе с "0" в "1" и выполнен на логических элементах 2И-НЕ.

Устройство работает следующим образом.

При включении питания начинает работать формирователь 11 эталонных временных интервалов (см. фиг. 1), на первом выходе которого через равные промежутки времени, например $\tau_{\text{счета}} = 1$ сек, формируется импульс переноса (см. фиг. 3), устанавливающий триггер 8 в такое положение, при котором его выходной сигнал запрещает прохождение импульсов от генератора 2 через ключи 3 и 5 на входы счетчиков 4 и 6.

Одновременно этот же импульс через элемент 9 задержки поступает на управляющий вход ключа 10, через который осуществляется запись информации в вычитающий счетчик импульсов 6 с выходов суммирующего счетчика 4, и через элемент 7 задержки устанавливает в нулевое состояние суммирующий счетчик импульсов 4 и возвращает триггер 8 в исходное состояние. При напылении частота кварцевого генератора 2 уменьшается под воздействием массы вещества растущей пленки, осаждаемой на кварцевый датчик веса 1. В конце каждого цикла счета в суммирующем счетчике 4 фиксируется код, соответствующий частоте кварцевого генератора 2, измеренной за предыдущий период, а в вычитающем счетчике 6 - код, соответствующий разности частот, измеренных за предыдущий и последующий циклы счета. Если, например, напыление на кварцевый датчик веса 1 не производится, то на выходах вычитающего счетчика 6 к концу каждого цикла счета устанавливаются нулевые состояния, так как то количество импульсов, которое в него записывается всякий раз перед началом счета за предыдущий цикл измерения, полностью вычитается за последующий цикл измерения. Таким образом, в конце каждого цикла счета устройства на входах блока 15 сравнения, непосредственно соединенных с выходами вычитающего счетчика 6, устанавливается код, пропорциональный скорости напыления.

В случае, если скорость напыления равна заданной (находится в пределах заданного допуска, например, +25%), то на выходе блока сравнения 15 формируется скачок потенциала с "0" в "1" (см. фиг. 3), который поступает на вход формирователя импульсов

33 анализатора 19 сбоев. На первый вход триггера 27 за некоторое время до окончания цикла счета (например, $\tau_{\text{пред.уст}} = 1$ мкс) поступает импульс предварительной установки со второго выхода формирователя 11 эталонных интервалов времени (см. временную диаграмму на фиг. 3), который устанавливает триггер 27 (см. фиг. 2) в состояние, открывающее элемент И-НЕ 22. На второй вход триггера 27 поступает импульс сброса, сформированный в формирователе 33 импульсов из перепада потенциала на его входе с "0" в "1". Триггер 27 возвращается в исходное состояние и блокирует элемент И-НЕ 22. Основной импульс переноса, поступающий на первый вход ключа через инвертор 20 и линию 21 задержки, запаздывает относительно сигнала на другом его входе, поступающем с выхода триггера 27. Поэтому на счетный вход счетчика импульсов 25 и вход ключа 26 импульсов переноса не поступает и ключ 13 (см. фиг. 1) остается закрытым. Одновременно импульс с выхода формирователя 33 импульсов через открытый ключ 31 (на первом входе присутствует сигнал разрешения, т.е. логическая "1") устанавливает счетчик 25 в нулевое состояние (или подтверждает это состояние) и через инвертор 32 и ключ 12 (см. фиг. 1) осуществляет перезапись информации о скорости с выходов счетчика 6 на входы регистров 16 скорости и 17 толщины.

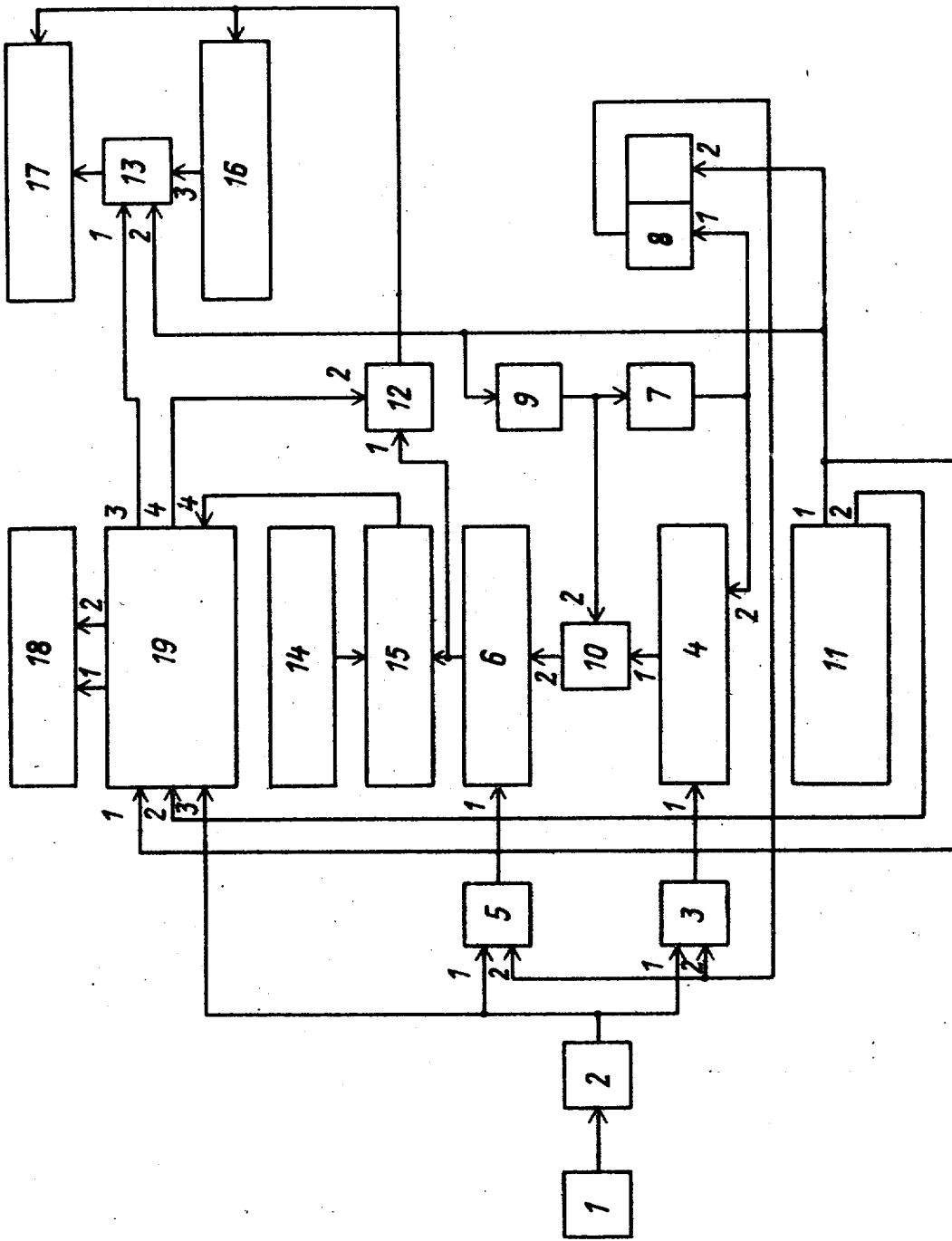
В другом случае, если по цепи кварцевого датчика веса 1 следуют, например, одиночные сбои, т.е. скорость напыления выходит за пределы допуска, то на входе формирователя 33 анализатора сбоев 19 скачок потенциала из "0" в "1" не формируется и триггер 27 (см. фиг. 2 и фиг. 4) остается в состоянии предварительной установки, разрешающем прохождение импульса переноса через элемент И-НЕ 22 на вход счетчика 25 и через открытый ключ 26 на вход ключа 13 (см. фиг. 1), который осуществляет запись информации о предыдущей, верной скорости напыления с регистра 16 скорости в регистр 17 толщины, а ложные значения скорости блокируются в вычитающем счетчике 6, так как на управляющий вход ключа 12 импульс переноса не поступает. Одновременно

выходной сигнал триггера 27 (логическая "1") блокирует регулятор мощности 18 испарителя (см. фиг. 1), не позволяя последнему реагировать на единичные сбои информации. При появлении в следующем цикле измерения достоверных значений скорости осадения информация об одиночном сбое, которая фиксируется в счетчике 25, стирается. В случае, если число сбоев, непрерывно следующих друг за другом, будет равно коэффициенту счета N счетчика 25, то на выходе последнего формируется сигнал (на фиг. 4 не показан) прерывания (остановки процесса напыления). Если в процессе напыления произошел отказ кварцевого датчика веса 1, то на выходе усилителя 30 постоянного тока (см. фиг. 5) устанавливается уровень логического нуля, блокирующий элемент И-НЕ 22 счетчика 25 сбоев, ключи 31 и 26, причем на выходе ключа 26 устанавливается уровень логического "0", который разрешает через ключ 13 (см. фиг. 1) осуществить за каждый последующий цикл счета устройства запись верной скорости, предшествующей отказу кварцевого датчика веса, из регистра 16 скорости в регистр 17 толщины основным импульсом переноса по управляющему входу ключа 13. Сигнал регулирования испарителем фиксируется при этом на уровне, предшествующему отказу кварцевого датчика веса. Сигна-

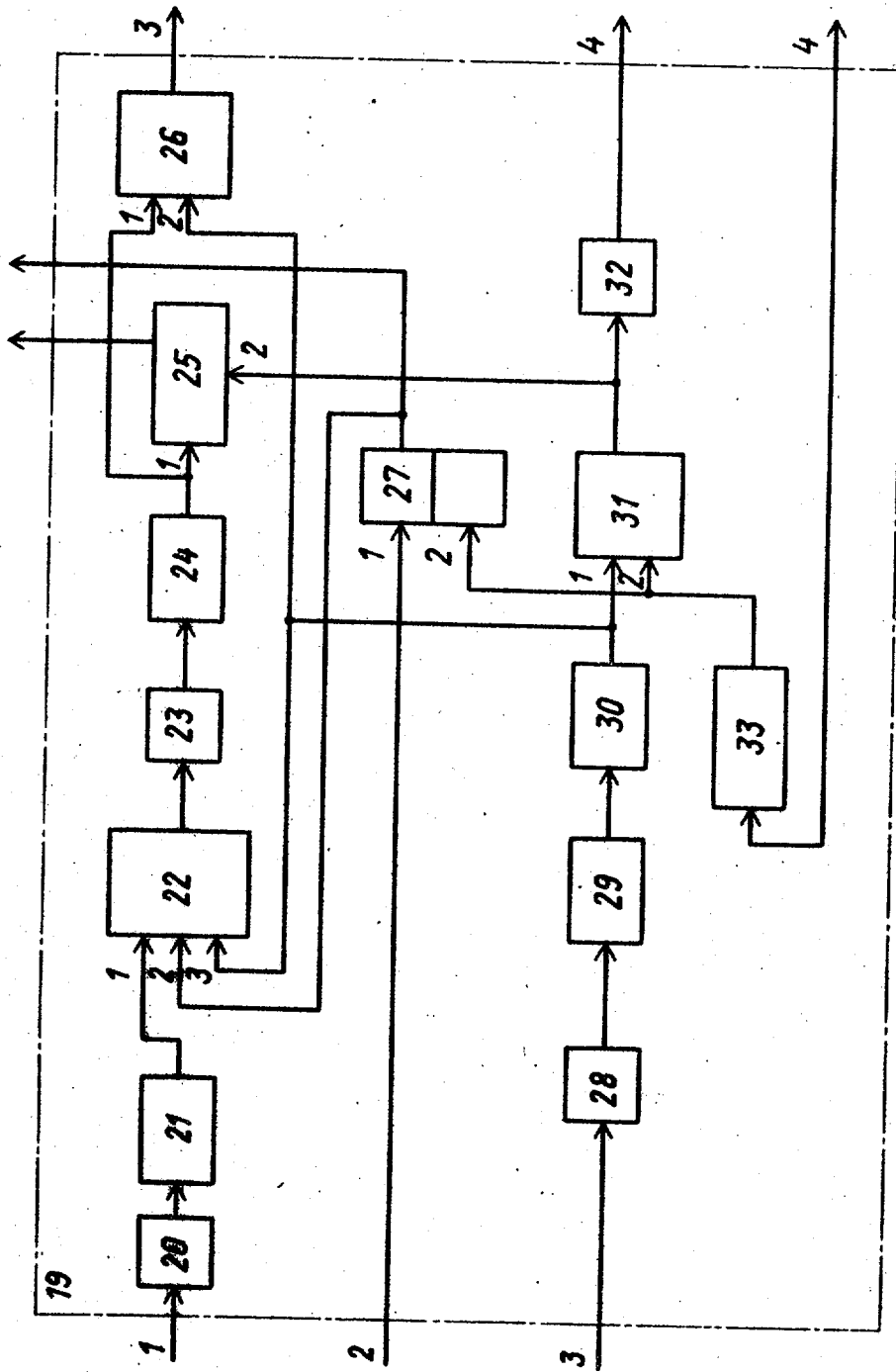
лом окончания процесса напыления будет накопление данных в регистре 17 толщины до заданных значений. Таким образом, обеспечивается высокая помехозащищенность, а вместе с тем и точность процесса контроля и управления скоростью и толщиной тонких пленок в вакууме.

Предложенное техническое решение позволяет за счет введения анализатора сбоев проводить технологический цикл напыления с большой достоверностью конечного результата, так как блокировка ложных значений скорости напыления при сбоях кварцевого датчика веса и запись в регистр толщины достоверных предыдущих значений измерения при одновременной фиксации сигнала управления испарителем, наличие аварийного сигнала при повторяющихся сбоях (непрерывно следующих друг за другом), а также фиксация сигнала, управляющего мощностью испарителя, на уровне, соответствующем прогнозируемой скорости (предшествующей отказу кварцевого датчика веса), с продолжением процесса напыления исключают основные причины, приводящие к браку.

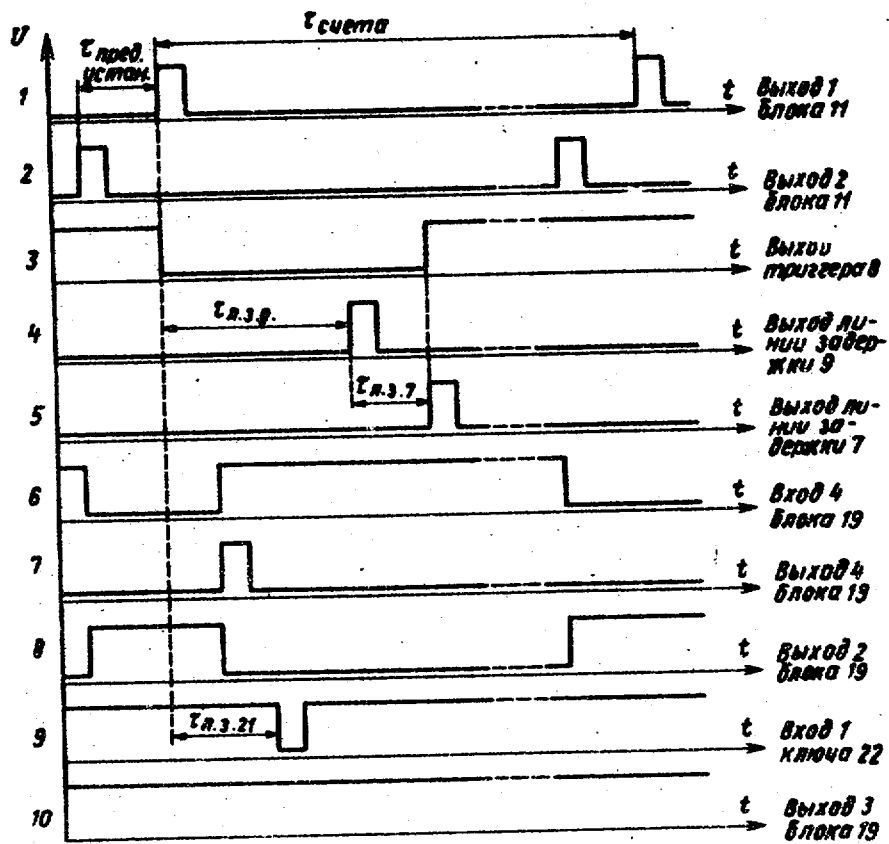
Использование устройства для контроля и управления скоростью осадения и толщиной тонких пленок позволит увеличить процент выхода годных изделий, повысив помехозащищенность и точность измерения скорости напыления и толщины пленок.



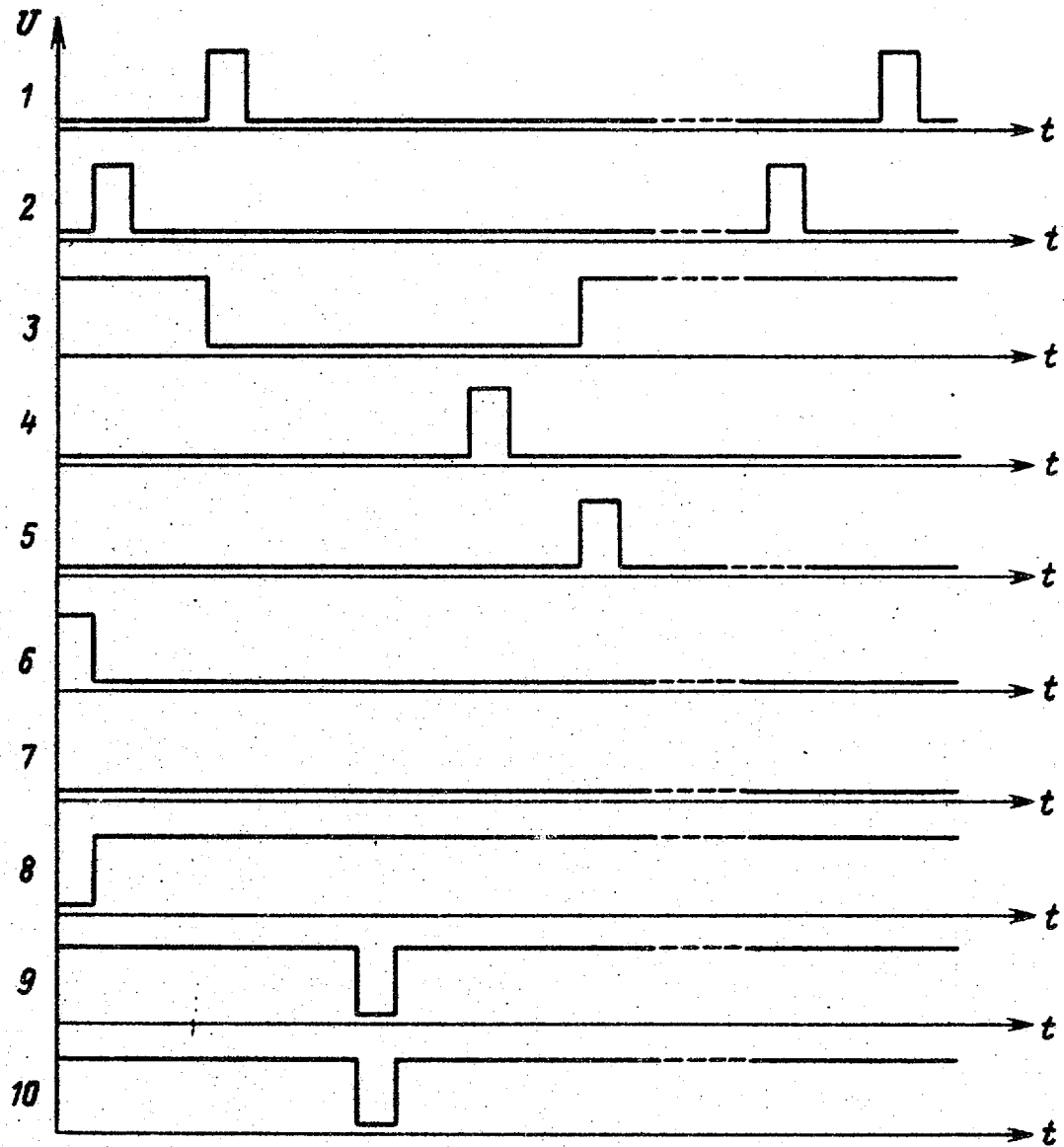
Фиг. 1



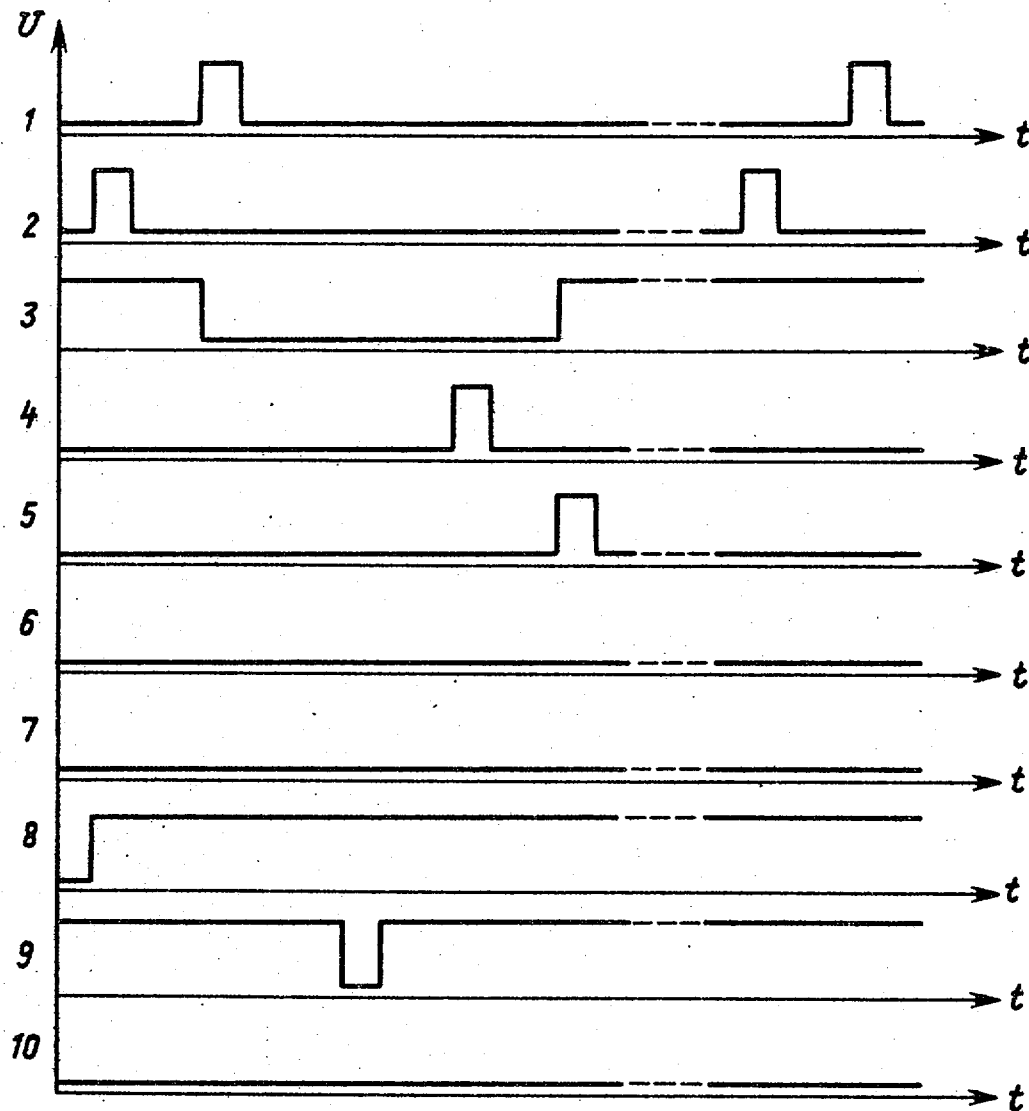
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

Редактор А. Долинич Составитель Н. Горбунова
 Техред Ж. Кастелевич Корректор О. Тигор

Заказ 8278/36 Тираж 841 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ИИП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4