



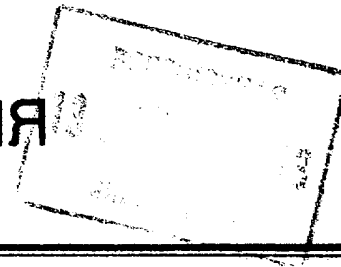
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1085510** **A**

3(51) С 03 В 23/08

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

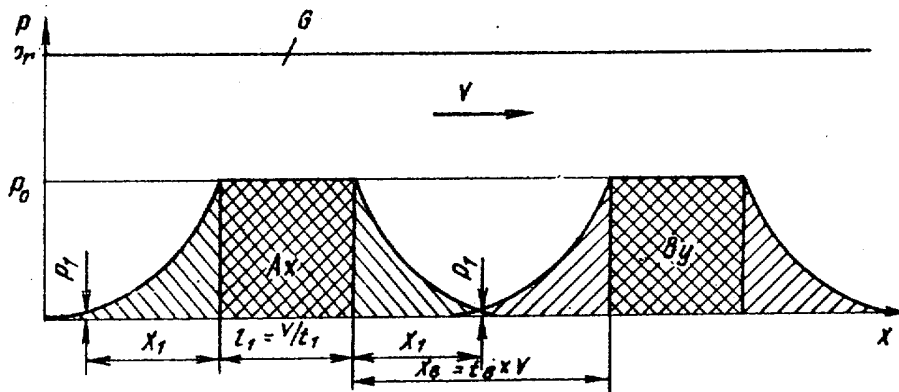
ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ



(21) 2889600/23-26
(22) 27.02.80
(31) 790680
(32) 28.02.79
(33) Финляндия
(46) 07.04.84. Бюл. № 13
(72) Туомо Сунтола, Арто Паккала
и Свен Линдфорс (Финляндия)
(71) Ой Лохья АБ (Финляндия)
(53) 621.315.592(088.8)
(56) 1. Патент США № 4058430,
кл.156-611, В 05 D 5/00, 1977
опублик. 1977 (прототип).

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СОСТАВНОЙ ПЛЕНКИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) 1. Способ получения составной пленки из разных элементов в вакуумированной реакционной камере на поверхности подложки путем поочередного контакта с ней паров веществ, содержащих эти элементы при их парциальном давлении, обеспечивающем образование одного атомного слоя за один цикл, отличающийся тем, что, с целью повышения чистоты и улучшения контроля процесса, после осаждения каждого атомного слоя в реакционную камеру вводят инертный разделяющий газ.



Фиг. 1

(19) **SU** (11) **1085510** **A**

2. Устройство для получения составной пленки из разных элементов, включающее реакционную камеру, соединенную с вакуумной системой, установленный внутри нее держатель для подложек, источники паров веществ, соединенные с реакционной камерой и снабженные средством регулирования подачи паров, и нагреватели, отличающееся тем, что оно снабжено источником инертного разделяющего газа, соединенным с реакционной камерой.

3. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что источники паров веществ соединены с реакционной камерой трубкой, к которой

подсоединен источник инертного разделяющего газа.

4. Устройство по п. 3, отличающееся тем, что источник инертного разделяющего газа подсоединен к трубке с помощью импульсного клапана.

5. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что реакционная камера выполнена в виде секций, которые с одного конца соединены с вакуумной системой, а с другого поочередно подсоединены к источникам паров веществ и источнику инертного разделяющего газа, а держатель подложек установлен с возможностью вращения и выполнен в виде лопастного колеса.

1

Изобретение относится к способам получения составных пленок различного состава и устройству для осуществления этого способа.

Наиболее близким к предложенному является способ, согласно которому процесс ведут в вакуумированной камере путем поочередного контакта с подложкой паров веществ, содержащих различные элементы при парциальном давлении, обеспечивающем образование одного атомного слоя за один цикл. Устройство для осуществления этого способа включает реакционную камеру, соединенную с вакуумной системой, установленный внутри нее держатель для подложек, источники паров веществ, соединенные с реакционной камерой и снабженные средством регулирования подачи паров, и нагреватели [1].

Недостатками известных способа и устройства являются невысокая чистота получаемых слоев и трудность контроля процесса.

Цель изобретения - повышение чистоты и улучшение контроля процесса.

Поставленная цель достигается тем, что согласно способу получения составной пленки из разных элементов в вакуумированной реакционной камере на поверхности подложки путем поочередного контакта с ней паров веществ, содержащих эти элементы при их парциальном давлении, обеспечивающем образование одного атомного слоя за один цикл, после осаждения каждого атомного слоя в реакционную камеру вводят инертный разделяющий газ.

2

При этом устройство для получения составной пленки из разных элементов, включающее реакционную камеру, соединенную с вакуумной системой, установленный внутри нее держатель для подложек, источники паров веществ, соединенные с реакционной камерой и снабженные средством регулирования подачи паров, и нагреватели, снабжено источником инертного разделяющего газа, соединенным с реакционной камерой.

Преимущественно, источники паров веществ соединены с реакционной камерой трубкой, к которой подсоединен источник инертного разделяющего газа.

В одном варианте источник инертного разделяющего газа подсоединен к трубке с помощью импульсного клапана.

В другом варианте реакционная камера выполнена в виде секций, которые с одного конца соединены с вакуумной системой, а с другого поочередно подсоединены к источникам паров веществ и источнику инертного разделяющего газа, а держатель подложек установлен с возможностью вращения и выполнен в виде лопастного колеса.

На фиг. 1 показаны импульсы химически активных паров A_x и B_y и диффузионный барьер между ними; на фиг. 2 - первый вариант горизонтального устройства, разрез; на фиг. 3 - разрез А-А на фиг. 2; на фиг. 4 - эффект самостабилизации скорости роста, получаемый при предлагаемом способе, в сравнении с известным; на фиг. 5 - типичный магнитный клапан.

пан, используемый как источник импульсов химически активных паров в соответствии с предлагаемым способом; на фиг.6 - вариант выполнения источника импульсов химически активных паров в соответствии с предлагаемым способом; на фиг.7 - упрощенная схема циркуляции источника импульсов по фиг.6; на фиг.8 - вертикальный вариант выполнения устройства, разрез; на фиг.9 - разрезы Б-Б, В-В и Г-Г на фиг.8; на фиг.10 - второй вариант горизонтального устройства, разрез; на фиг.11 - то же, вид сверху; на фиг.12 - вариант выполнения источника импульсов, который предназначен для использования в устройстве по фиг.10, разрез; на фиг.13 - схематическое изображение варианта выполнения устройства при возвратно-поступательном перемещении подложки; на фиг.14 - разрез Е-Е на фиг.13; на фиг.15 - схематическое изображение электролюминесцентной структуры тонкой пленки, созданной при помощи предлагаемого способа (согласно примеру 4); на фиг.16 - кривые измеренной яркости и светоотдачи, характеризующие электролюминесцентную структуру, показанную на фиг.15; на фиг.17 - измеренные электрические свойства тонкой пленки из Al_2O_3 , изготовленной согласно примеру 5.

Согласно изобретению импульсы различных химически активных паров последовательно направляют к подложке, вызывая рост составной тонкой пленки. Например, такие импульсы химически активных паров (фиг.1) A_x и B_y при парциальных давлениях P_0 между которыми имеется диффузионный барьер, проводят через реакционную камеру, где длина диффузионного барьера x_b в газовой среде C , имеющей скорость V при движении в направлении x . Величина t_b - длительность диффузионного барьера, который по существу препятствует взаимодействию веществ паров, предотвращая тем самым сколько-нибудь значимое их воздействие на окончательный продукт.

Устройство для получения составной пленки (фиг.2) содержит стеклянную реакционную камеру 1, являющуюся основным телом конструкции, источник 2 с трубкой 3, соединяющими источник с зоной 4 реакции, находящейся внутри камеры, вакуумный насос 5 с выходным патрубком 6, отходящим от камеры и служащим для поддержания давления P , и нагреватель 7, расположенный вокруг зоны 4 реакции. В зону реакции через отверстие 8 в торце реакционной камеры 1 помещают подложку (или подложки) 9. В процессе выращивания тонких пленок

10 температуру подложек поддерживают при помощи нагревательных элементов 11, регулируемых стандартным средством регулирования. Импульсами химически активных паров, исходящими из источника 2, управляют посредством обычного хранирующего устройства и последовательно направляют их в зону реакции согласно принципу эпитаксии атомного пучка ЭАС и предлагаемому способу.

Изобретение позволяет получать эффект самостабилизирующейся скорости роста (фиг.4). Кривая α показывает толщину профиля тонкой пленки, выращенной в соответствии с изобретением и при помощи устройства, показанного на фиг.2. Профиль толщины b получен в результате выращивания соответствующей тонкой пленки, осуществленного при помощи известных средств, когда два химически активных пара должны одновременно реагировать с подложкой.

Для подачи импульсов химически активных паров используют два основных вида устройств. Первое - это механические клапаны, представляющие собой известные приспособления для подачи химически активных материалов, которые обладают хорошей летучестью при комнатной температуре (фиг.5). Такие клапаны содержат патрубок 12, корпус 13, соленоид 14 и запорный элемент 15, клапанное отверстие 16 и патрубок 17 подачи инертного несущего газа сообщаются непосредственно с идущей от источника соединительной трубкой 3. Работой клапана управляет хранирующее устройство 18.

При другом выполнении импульсного источника (фиг.6) механическое клапанное действие заменено управляемыми диффузионными барьерами в соединительной трубке между источником и реакционной камерой. Этот тип источника предпочтителен в случаях, когда химически активный материал имеет низкое паровое давление и должен, следовательно, направляться в реакционную камеру при повышенной температуре. Химически активный пар получают путем нагрева химически активного материала M в твердом или жидком виде в зоне 19 источника при помощи нагревательного элемента 20. В запорном положении диффузионный барьер формируют в трубке 21 источника при помощи несущего газа, подаваемого из соединительной трубки 22 и выводимого через соединительную трубку 23 к откачивающему насосу 24. Соответствующий диффузионный барьер формируют и в соединительной трубке 3 источника с целью предотвращения диффузии паров, нахо-

дящихся в камере реакции, в источник. В запертом положении химический пар, созданный в зоне 19, направляют в зону 25 конденсации, где он может быть охлажден при помощи охлаждающего элемента 26. Управляя клапаном 27 источник из запертого положения переводят в положение подачи с целью выпуска дополнительного количества несущего газа, поток которого достаточно сильный, чтобы отклонить направление потока в выходной трубке 21 источника.

Устройство для получения составной пленки по второму варианту (фиг. 10) содержит трубчатую реакционную камеру, источник и средство откачки. Корпус реакционной камеры 28 изготовлен из нержавеющей стали и покрыт изнутри стеклянными пластинами 29. Средство откачки включает нагревательный элемент 30, зону 31 конденсации и перегородку 32 для управления потоком газа. Регуляторы температуры и хронизирующее устройство источника импульсов показаны соответственно блоками 33 и 34. В источнике импульсов (фиг. 12), предназначенном для использования в этом варианте устройства, трубки 3, 22 и 21 имеют коаксиальное расположение, образованное выходной трубкой 21 источника и стеклянной трубкой 35. Наружный корпус 36 источника выполнен из нержавеющей стали.

В обоих вариантах устройства (фиг. 2 и 10) подложки в реакционной камере в процессе выращивания тонкой пленки находятся в неподвижном положении. Химически активные пары импульсами проходят через камеру и перемещаются несущим газом, формирующим диффузионные барьеры между импульсами химически активных паров.

Другой способ согласно изобретению включает использование вариантов, в которых локально фиксированные потоки химически активных паров отделяют один от другого локально фиксированными потоками газов, образующих диффузионные барьеры. В таких устройствах циклического альтернативного взаимодействия между поверхностью подложек и поочередно подаваемым каждым потоком химически активного пара достигают путем вращения или путем другого периодического механического перемещения подложек. С точки зрения поверхности подложек в обоих случаях имеет место аналогичная ситуация, при которой подложку последовательно подвергают воздействию каждого химически активного пара в газофазовой среде, осуществляющей разделение паров путем формирования между ними диффузионных барьеров.

Варианты выполнения устройств, предусматривающие создание локально-фиксированных потоков химически активных паров, представлены на фиг. 8, 9, 13 и 14. В варианте, показанном на фиг. 8 и 9 два источника 38 химически активных паров размещены в двух противоположно расположенных колонках 39 и 37 корпуса 40 устройства. Источники подогреваются нагревателями 41. Химически активные пары диффузией или с помощью несущих газов направляются вверх, где они встречаются подложки 9, установленные во вращающемся держателе 42, образующем конструкцию, схожую с лопастным колесом. При вращении лопастного колеса подложки поочередно встречаются каждый поток химически активного пара при прохождении последнего через колонки 39 и 37 соответственно. Потоки несущего газа, выходящие из трубок 43 и 44 в колонки 45, входят в химически активные пары в пространстве между подложками при прохождении через колонки 45. В каналах, заключенных между подложками, условия течения потока аналогичны условиям течения в варианте выполнения устройства, показанном на фиг. 10.

На фиг. 8 обозначены средство 46 для вращения подложек, нагреватель 47 расположен против зоны реакции, между вертикальными потоковыми каналами 39', 37' и 45' на фиг. 9А, соответствующими каналам 39, 37 и 45 на фиг. 9 В, расположены стенки 48.

В варианте устройства, изображенном на фиг. 13 и 14, взаимодействие между поверхностью подложек и химически активными парами происходит за счет возвратно-поступательного перемещения подложки 9 над неподвижным рядом отверстий 49 источника, отверстий 50 несущего газа и выходных отверстий 51. Диффузионные барьеры (фиг. 14) формируют между поверхностью подложки и телом 52, содержащим ряд отверстий для пропуска потоков газа. Работа этого устройства возможна даже при атмосферном давлении и без практически невыгодной высокой общей скорости движения потока несущего газа. На фиг. 13 и 14 обозначены трубка 53 подачи несущего газа, соединительные патрубки 54 источника, выпускная трубка 55 и источники 56 и 57 химически активных паров.

Поскольку процесс типа ЭАС состоит в сущности из тысяч одиночных ступеней поверхностной реакции, обеспечивающей выращивание тонкой пленки, общее время t_p процесса стремится быть длительным, если не уделять особого внимания минимальному сокра-

щению задержек в циклах реакции. В целом добротность E процесса выражения тонкой пленки можно представить формулой

$$E = T \cdot A_5 / (t_p + t_z), \quad (1)$$

где T - толщина пленки;

A_5 - площадь подложки, подвергаемой покрытию;

t_p - время прохождения процесса;

t_z - время загрузки и выгрузки устройства.

Стоимость устройства, расход мощности и КПД источника материалов не учитываются.

В процессе типа ЭАС толщина тонкой пленки может быть выражена в виде

$$T = NT_0, \quad (2)$$

где T_0 - толщина, полученная за один цикл реакции;

N - количество циклов.

Время процесса t_p может быть выражено

$$t_p = N \cdot t_0, \quad (3)$$

где время одного цикла t_0 есть сумма периодов импульсов различных химически активных паров $t_1, t_2, \dots, t_m$ и интервалов $t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{im}$ между ними, необходимых для формирования диффузионных барьеров.

В случае простого бинарного соединения AB t_0 имеет вид:

$$t_0 = t_A + t_B + t_{iA} + t_{iB}. \quad (4)$$

Площадь A подложки, подлежащая обработке при проведении процесса, определяется размерами устройства и может меняться в широких пределах при использовании вариантов осуществления изобретения. Анализ работы, включающий также влияние размеров устройства, практически сводится к анализу участия в цикле реакции временных показателей t_m и t_{im} . Подробный анализ сделан применительно к вариантам устройств, показанным на фиг. 2, 3 10 и 11, в которых поток несущего газа движется со скоростью V в трубчатой реакционной камере, имеющей свободную площадь A сечения, согласно фиг. 1, где общее давление P_1 и парциальное давление P_0 импульсов A_x и B_y химически активных паров распространяются вместе с потоком несущего газа в направлении x .

Импульсы химически активных паров имеют тенденцию к расширению при распространении, благодаря диффузии в несущем газе, о чем свидетельствует уравнение

$$\frac{\delta p}{\delta t} = D \Delta^2 p, \quad (5)$$

где D - коэффициент диффузии химически активного пара в несущем газе.

В условиях ламинарного течения в реакционной трубке, если пренебречь влиянием профилей радиальных скоростей, уравнение (5) может быть заменено уравнением диффузии в направлении x :

$$\frac{\delta p}{\delta t} = D \frac{d^2 p}{dx^2}. \quad (6)$$

Для простоты давления P_0 по краям импульсов принимают постоянным при диффузии, получаемой в граничных условиях. Это предположение также верно для расчета диффузионного барьера, формируемого в локально фиксированных местах, например в источнике, показанном на фиг. 6 и 7, и в варианте, изображенном на фиг. 14 и 13. Решение уравнения 6 следующее

$$P(x, t) = P_0 \cdot \text{и.в.о.}(x) \cdot 2\sqrt{Dt}, \quad (7)$$

где x - расстояние от краев импульса; t - время с момента подачи импульса;

и.в.о. - интервал вероятности ошибок.

Изобара давления распространяется от краев импульса в соответствии с

$$x = 2 \cdot C_1 \sqrt{Dt}, \quad (8)$$

где C_1 означает

$$\text{и.в.о. } C_1 = P_1 / P_0. \quad (9)$$

Диффузионный барьер, обладающий способностью понижать парциальные давления A_x и B_y на величину P_0 , имеет длину x_b в соответствии с уравнением (8)

$$x_b = 2 \cdot x_{p0} = 4 \cdot C_1 \sqrt{Dt}. \quad (10)$$

При скорости V несущего газа длина диффузионного барьера x_b на расстоянии L от точки подачи импульсов химически активных паров может быть выражена в виде:

$$x_b = 4 \cdot C_1 \sqrt{DL/V}, \quad (11)$$

что соответствует интервалу t_b между химически активными импульсами, определяемому формулой:

$$t_b = x_b / V = 4 \cdot C_1 \sqrt{DL/V}. \quad (12)$$

Для практических расчетов коэффициент диффузии целесообразно представить в виде:

$$D = D^* / P, \quad (13)$$

где постоянная величина D^* не зависит от давления диффузионной среды t_b может быть, таким образом, представлен в виде

$$t_b = 4 \cdot C_1 \sqrt{D^* \cdot L / V^3 P}. \quad (14)$$

Согласно уравнению (14) t_b находится в большой зависимости от скорости V несущего газа, которая может быть выражена в виде

$$V = S/A, \quad (15)$$

где S - скорость откачки;

A - свободная площадь сечения реакционной трубки.

Использование минимального количества несущего газа для некоторой величины ведет к получению его высокого количества при низком давлении

нии, которое, однако, не может быть ниже P_0 .

При определении пределов парциального давления химически активных паров P_0 можно исходить из общей атомной или молекулярной дозы, необходимой для полного покрытия поверхности подложки. Согласно кинетической газовой теории и рассматриваемой геометрии распространения количество молекул химически активного газа в импульсе можно выразить в виде

$$n_2 = V \cdot t_p \cdot P_0 \cdot A / kT, \quad (16)$$

где t_p - длительность импульса.

Если количество атомов, необходимое для формирования полного покрытия на единице площади N_5 и эффективность использования химически активных паров η , то число молекул, необходимое для импульса химически активного пара, определяется по формуле

$$n_1 = N_5 \cdot A_5 / \eta, \quad (17)$$

где A_5 - площадь подложки.

Делая $n_1 = n_2$ получаем

$$P_0 = \frac{N_5 \cdot A_5 \cdot kT}{V \cdot t_p \cdot A \cdot \eta}. \quad (18)$$

Уравнение (18), однако, содержит показатель длительности t_p импульса при данной величине P_0 . При минимальной величине t_p , P_0 понижается. Верхний предел P_0 устанавливают по давлению несущего газа, которое признано предпочтительным для минимального оптимального потока, $P_0 \cdot V$ и t_0 условий. Малый поточный уровень по прежнему выгоден для минимальных радиальных профилей давления P_0 химически активного пара. Для простого бинарного соединения АВ, выращиваемого при помощи химически активных паров A_x и B_y минимальная величина периода t_p процесса определяется по формуле

$$t_p = 2(t_D + t_1), \quad (19)$$

которую получают, делая $t_A = t_B = t_1$ и $t_{1A} = t_{1B} = t_2$.

В вариантах осуществления изобретения практические порядки величин для t_D и t_1 составляют 0,1-1 и 0,05-0,5 с соответственно при общем давлении P 0,5-5 мбар. При проверке анализа одномерной диффузии можно заметить, что обычно как ширина импульсов $\varphi_1 = (V/t_1)$ так и ширина диффузионных барьеров $\chi_0^1 \cdot 5$ больше диаметров реакционных трубок, что может рассматриваться как критерий для одномерного подхода. В приведенном выше анализе предполагалось, что импульсы химически активных паров в точки их подачи имеют резкообрывные края. При источнике, показанном на фиг.5, это легко достигается посредством использования обычных клапа-

нов. В случае применения источника, изображенного на фиг. 6 и 7, для получения желаемой ситуации необходимо провести подробный анализ.

Запертое состояние источника получают в случае, когда диффузионные барьеры формируются в трубках 43 и 12. Условиями для образования таких диффузионных барьеров могут служить поточные уровни i_2 и i_3 в этих трубках, при дифференцировании уравнения (8), которое позволяет определить скорость V_d изобары в несущем газе

$$V_d = \frac{dx}{dt} = c\sqrt{D}/\sqrt{t} = 2c\sqrt{D}x = 2c\sqrt{D^*}/\chi P. \quad (20)$$

Диффузионный барьер создается уровнем i_d потока, который обеспечивает скорость $V_f \geq V_d$ несущего газа в канале с площадью A_f поперечного сечения

$$V_f = f_d / A_f \cdot P \geq 2c\sqrt{D^*}/\chi P \quad (21)$$

Тогда

$$f_d \geq 2A_f c\sqrt{D^*}/\chi \quad (22)$$

На схеме циркуляции, изображенной на фиг. 7, условия формирования диффузионных барьеров в каналах 43 и 12 могут определяться:

$$f_{d2} \geq 2A_2 c\sqrt{D^*}/L_2; \quad (23)$$

$$f_{d3} \geq 2A_3 c\sqrt{D^*}/L_3; \quad (24)$$

где A_2 и A_3 - площади поперечного сечения;

L_2 и L_3 - длина каналов соответственно 43 и 12.

Условие ввода импульса получают путем пропуска потока несущего газа через клапан 5. Время нарастания подачи газа из источника легко сводят к минимуму, по сравнению с t_D и t_1 , но определенное внимание следует уделять значениям объема источника S и проводимости q_1, q_2 и q_3 с целью обеспечения короткой задержки в момент выключения. При обычных условиях уровень f газового потока, проходящего через канал, можно представить в виде

$$f = q(P_A^2 - P_B^2), \quad (25)$$

где P_A и P_B - давления на конце канала;

q - постоянная, зависящая от геометрии канала и свойств данного газа.

При помощи уравнения (25) и схемы циркуляции, показанной на фиг.7, определяют давление источника P_c как функции времени, текущего с момента выключения клапана:

$$P_c = \frac{\alpha e^{t/\tau} + 1}{\alpha e^{t/\tau} - 1} P_{c0}, \quad (26)$$

где P_{c0} - давление источника при $t=0$;

$$\alpha = (1 + P_{c0}/P_{c\infty}) / (1 - P_{c0}/P_{c\infty}); \quad (27)$$

$$P_{c\infty} = \sqrt{(g^* P^* + g_1 P_1^2)(g^* + g_1)} \quad (28)$$

$$\hat{t} = C/2g^* P_{c\infty}; \quad (29)$$

$$g^* = g_2 / (1 + g_2 g_3); \quad (30)$$

$$P^* = \sqrt{P_g^2 + f_0/g_3} \quad (31)$$

Давление P_2 (фиг. 7) имеет величину

$$P_2^2 = (f_0 + g_2 P_c^2 + g_3 P_g^2) / (g_2 + g_3) \quad (32)$$

Диффузионный барьер в трубке получают при

$$f_2 = g_2 (P_2^2 - P_c^2); \quad (33)$$

$$g_2 (f_0 + g_3 (P_g^2 - P_c^2)) / (g_2 + g_3) > f d_2 \quad (34)$$

Время нарастания t_5 диффузионного барьера, равное задержке выхода импульсов из источника, может быть определено по формулам (34) и (26) и составляет

$$t_5 \geq 1n \frac{1}{\alpha} \left(\frac{b+1}{b-1} \right); \quad (35)$$

$$b = \sqrt{(f_0 + g_3 P_g^2 - f d_2 (g_2 + g_3) / (g_2) g_3) / P_{c\infty}} \quad (36)$$

Предел безопасности получения минимального интервала между двумя импульсами химически активных паров может быть обеспечен добавлением времени задержки импульса t_5 к времени t_B .

Анализы, сделанные для условий формирования диффузионных барьеров в газофазовой среде, были использованы применительно к вариантам устройств, показанным на фиг. 2, 3, 10 и 11. Кроме того, сделан анализ, непосредственно относящийся к случаю, представленному на фиг. 8 и 9, и легко изменяемый для приложения к случаю на фиг. 13 и 14.

Пример 1. Вариант устройства, изображенный на фиг. 10 и 11, имеет следующие параметры: зона реакции - длина $L = 40$ см, площадь поперечного сечения основного тела $A_p = 14.14$ см², свободная площадь поперечного сечения $A = 150$ см², скорость откачивающего насоса $S = 60$ м³/ч; источник (фиг. 12) - объем $C = 210$ см³, отверстие источника $\phi 0.7 \times 10$ см, $g_2 = 1400$ см³/мбар·с, соединительный патрубок (12) $\phi 1.1 \times 10$ см, $g_3 = 8800$ см³/мбар·с, выпускной патрубок $g_1 = 100$ см³/мбар·с.

Эксплуатационные параметры (типичные): давление в зоне реакции $P_1 = 2$ мбар, давление откачивающего насоса $P_B = 0.4$ мбар, поток газофазовой среды (аргон) источника $f_0 = 5500$ мбар·см³/с, давление импульса в источнике $P_{c0} = 3$ мбар.

Используя данные параметры, можно вычислить следующие величины:

$g^* = 1208$ см³/мбар·с, $P_{c\infty} = 2.07$ мбар, $b = 1.067$, $f d_2 = 89$ мбар·см³/с (соответствует изобаре $p_{pm}/p_1/p_0 = 10^{-6}$ в центре диффузионного барьера), $\hat{t} = 0.030$ с, $t_5 = 0.05$ с, $t_B = 0.74$ с.

Безопасный временной интервал между импульсами равен примерно $t_i = 0.8$ с. На практике использовали величину $t_i = 1$ с.

Пример 2. Изготовление тонкой пленки из соединения Ta_2O_5 с использованием параметров определенных в примере 1.

Подложки (6 шт.) - плавленое стекло размером $0.3 \times 10 \times 20$ см, температура в зоне реакции $T = 300^\circ C$, парообразные вещества: Ta_2Ce_5 из источника (фиг. 12) при $140^\circ C$, $t_1 = 0.2$ с; H_2O из источника, показанного на фиг. 5, $t_1 (H_2O) = 0.2$ с, $T (H_2O) = 15^\circ C$.

Выращивание за 2500 циклов позволяет получить тонкую пленку из Ta_2O_5 толщиной 1000 Å на подложках.

Пример 3. Изготовление тонких пленок из ZnS с примесью марганца Mn . Вариант устройства согласно примеру 1. Подложки, как и в примере 2, или предпочтительно гранулированное стекло 7059. Температура в зоне реакции $450^\circ C$.

Пары химически активных веществ: $ZnCe_2$ и $MnCe_2$ из источников на фиг. 12 при 380 и $510^\circ C$ соответственно. Импульсы $ZnCe_2$ и $MnCe_2$ из источников подают одновременно при $t_1 = 0.2$ с. Из источника на фиг. 5 подают сульфидирующее вещество H_2S , $t_1 (H_2S) = 0.2$ с.

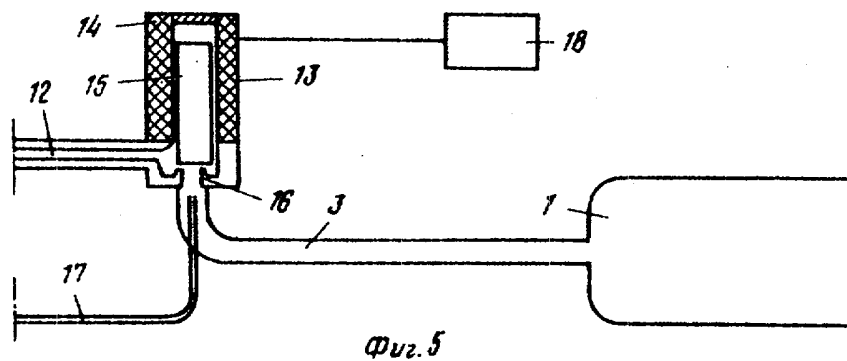
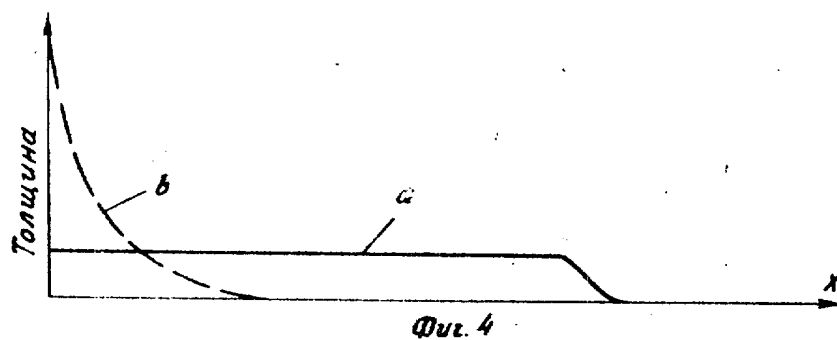
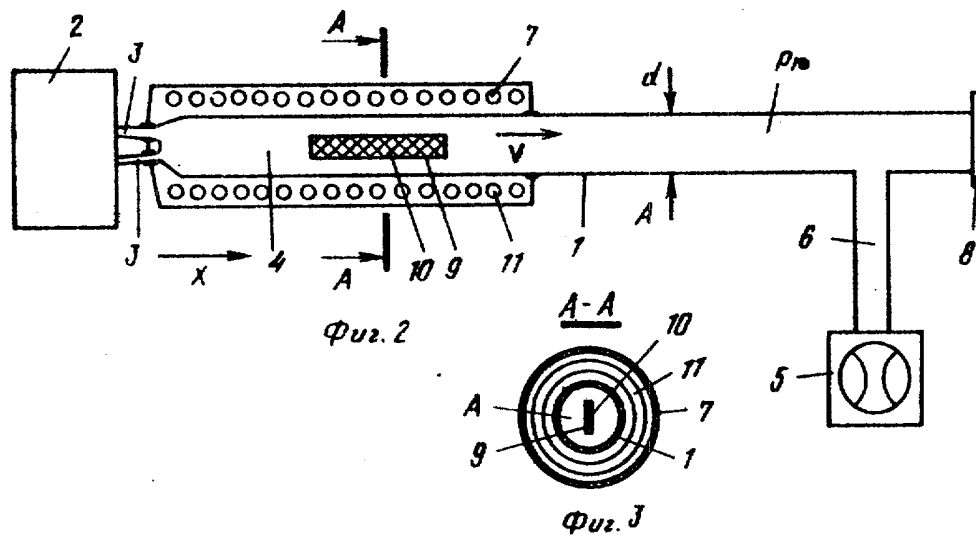
Выращивание за 4500 циклов позволяет получить пленку из $ZnS(Mn)$ толщиной 4000 Å на подложках.

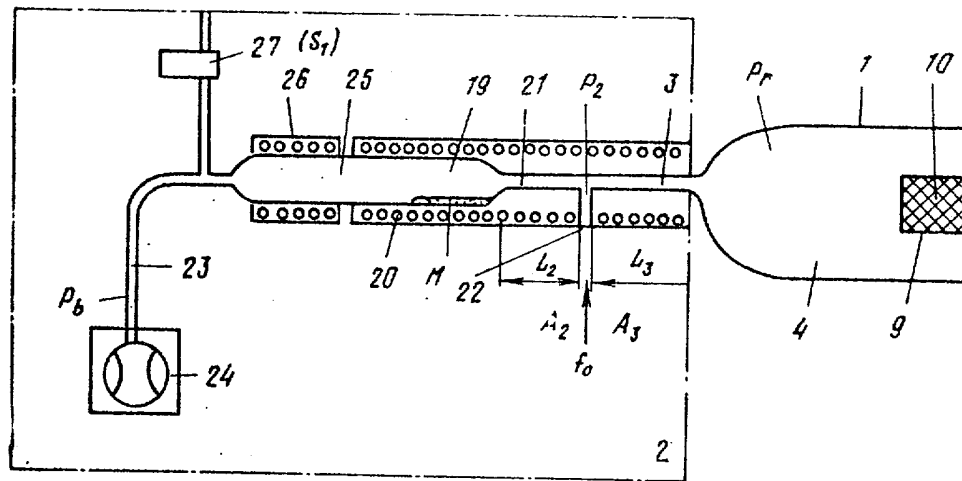
Пример 4. Тонкие пленки из $Ta_2O_5 + ZnS(Mn) + Ta_2O_5$ изготавливают в соответствии с примерами 2 и 3 на стеклянных подложках, покрытых тонкой пленкой проводящего прозрачного слоя индия - окиси олова, и тонкую пленку покрывают контактным слоем из алюминия, обеспечивая получение электролюминесцентной структуры, показанной на фиг. 15. Подложка 58 покрыта прозрачным проводящим слоем индия - окиси олова 59, который в свою очередь покрыт первым изолирующим слоем 60 из Ta_2O_5 , пленкой 61 из $ZnS(Mn)$, вторым изолирующим слоем 62 из Ta_2O_5 и алюминиевым электродом 63, позволяющим прилагать электрическое поле к слоистой структуре, заключенной между слоями 59 и 63. При возбуждении 2 кГц с синусоидальной волной характеристики яркости и светотдачи структуры представлены на фиг. 16. Кривая В показывает яркость в зависимости от напряжения возбуждения, кривая е - светотдачи.

Пример 5. Изготовление пленки Al_2O_3 . Способ аналогичен способу в примере 2, только Ta_2Ce_5 заменяет $AlCe_3$ при $95^\circ C$. Процесс, включающий 2800 циклов, позволяет получить тон-

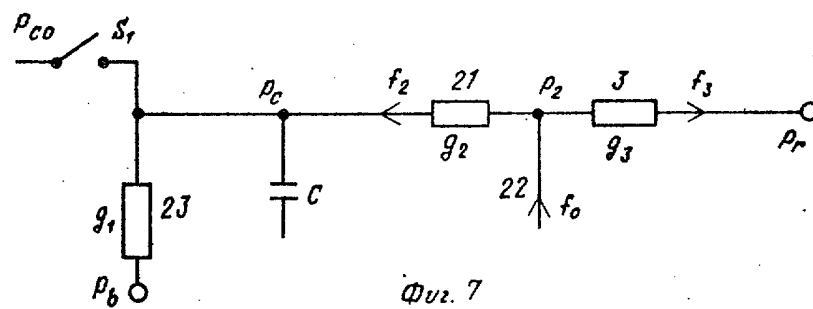
кую пленку из Al_2O_3 толщиной 2200 Å при температуре в зоне реакции 250°C. Были измерены электрические характеристики пленки из окиси алюминия в многослойной структуре, в которой слой Al_2O_3 образует изолятор плас-

тинчатого конденсатора между электродами из алюминиевой тонкой пленки, имеющий активную площадь 5×5 мм. На фиг. 17 кривая С показывает измеренную емкость в зависимости от частоты, кривая — диэлектрические потери.

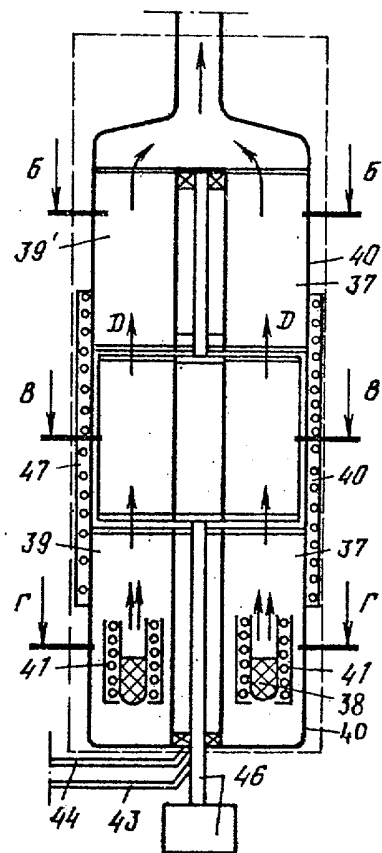




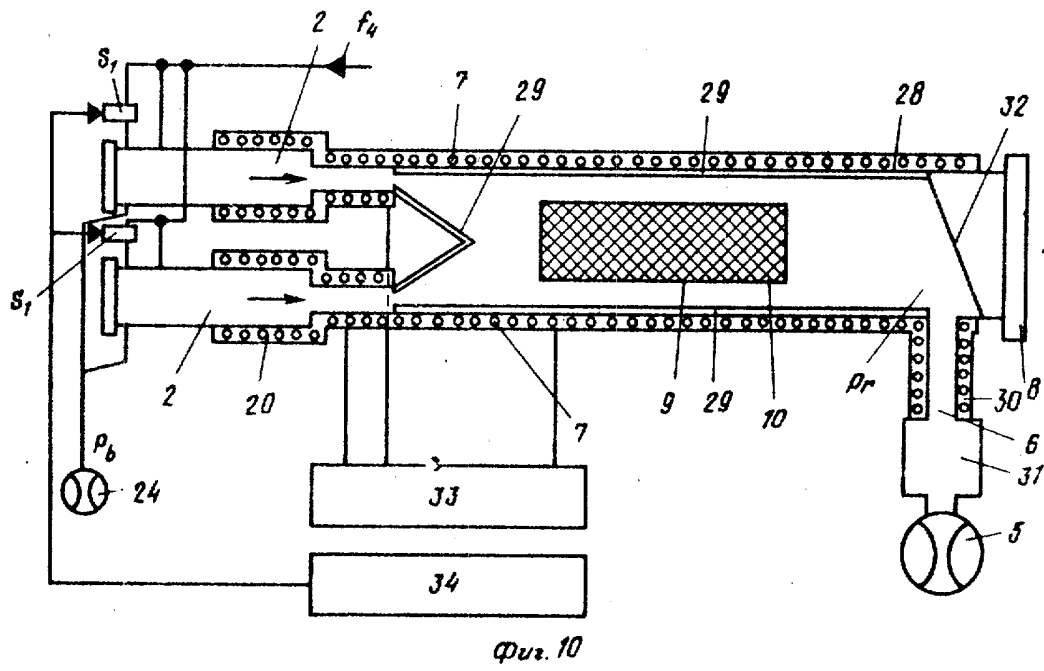
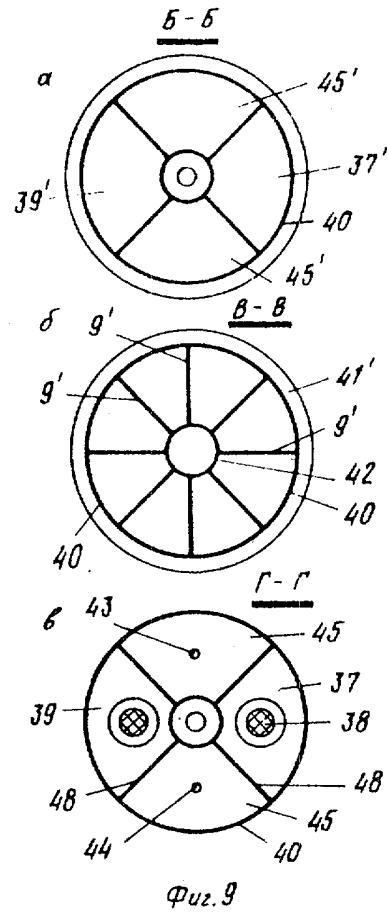
Фиг. 6

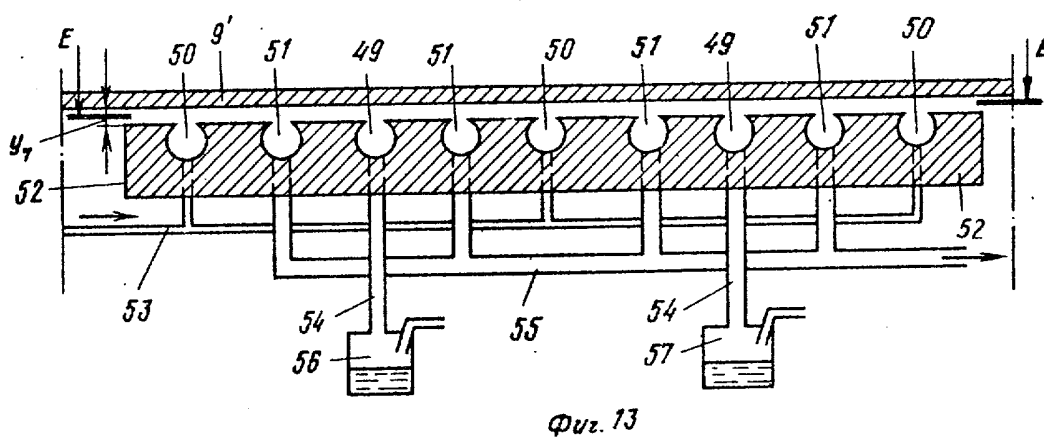
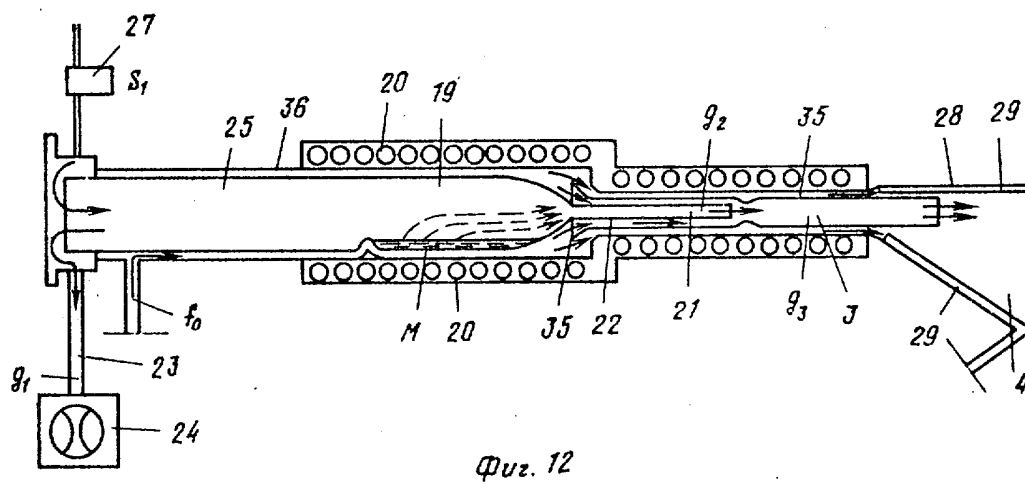
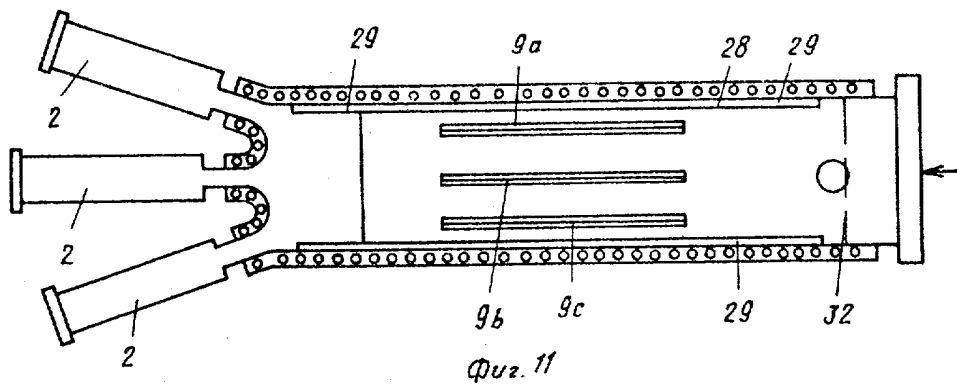


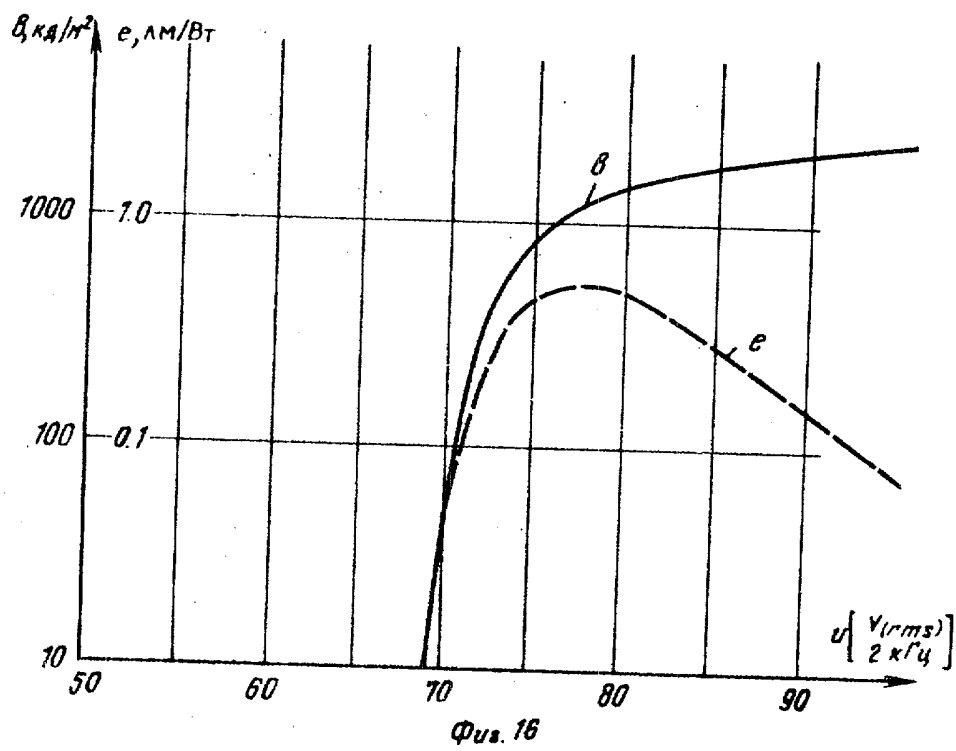
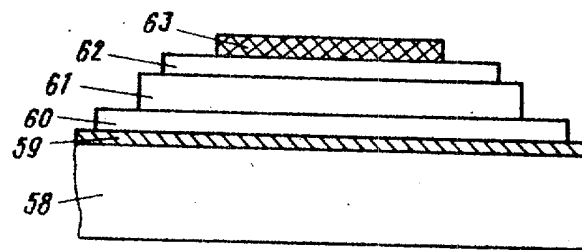
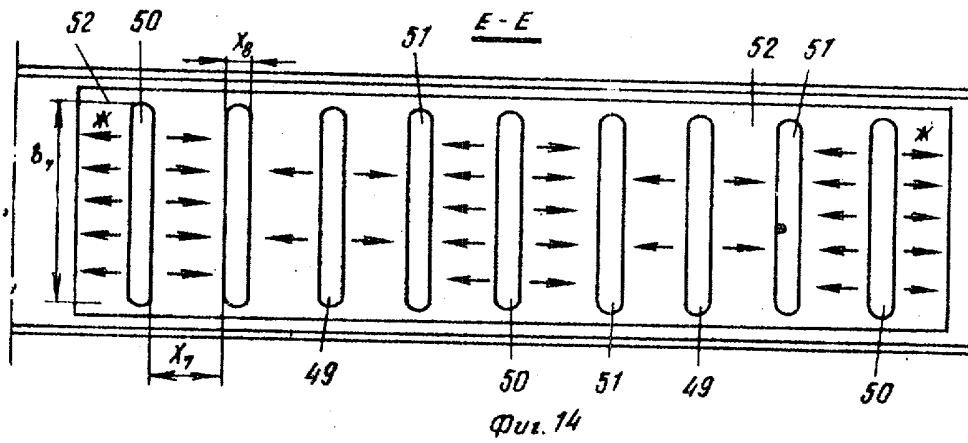
$\phi_{v2.7}$

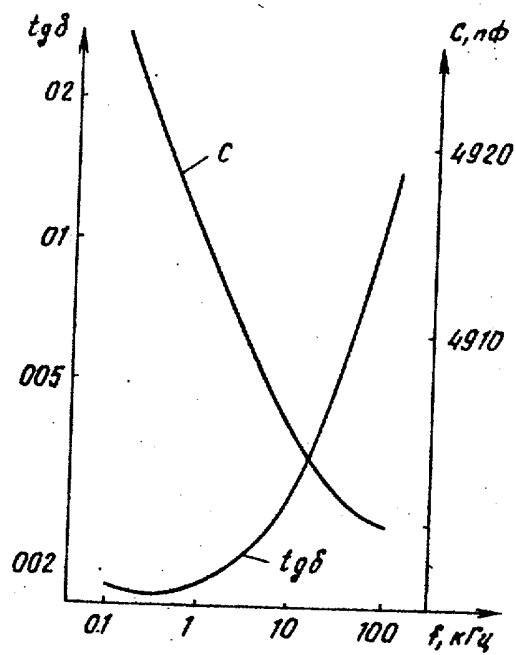


Фиг. 8









Фиг. 17

Редактор	И.Николайчук	Составитель В.Безбородова	Техред С.Легеза	Корректор	О.Вилак
Заказ	2049/56	Тираж	469	Подписное	
ВНИИПИ Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5					
Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4					