



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву  
(22) Заявлено 19.12.78 (21) 7770391/18-21  
(23) Приоритет - (32) 19.01.78  
(31) WP H01J/203296 (33) ГДР

Опубликовано 30.06.82. Бюллетень № 24  
Дата опубликования описания 02.07.82

(11) 940256

(89) 143582 ГДР

(51) М. Кл.<sup>3</sup>

H 01 J 37/00

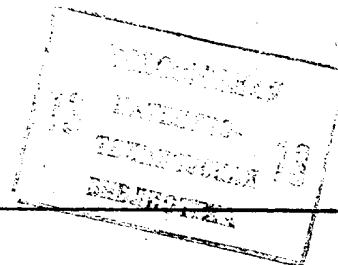
(53) УДК 621.365  
(088.8)

(72) Автор  
изобретения

Иностранец  
Хан Эберхард  
(ГДР)

(71) Заявитель

Иностранное предприятие  
"ФЕБ Карл Цейсс Йена"  
(ГДР)



(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ЮСТИРОВКИ  
УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВОЙ  
ОБРАБОТКИ

1

Изобретение относится к электроннолучевой обработке материалов и предназначено для облучения мишени устройством, которое содержит средства для отклонения электронного пучка на мишень и для получения преимущественно прямоугольного сечения пучка. Подобные электроннолучевые устройства применяются, например, для образования предварительно спроектированных элементов на покрытых лаком полупроводниковых платах с целью изготовления микроэлектронных схем.

В экономическом патенте № 126438 описана такая установка для электроннолучевой обработки. В отличие от известных устройств с точечным электронным пучком (устройства электронного зондирования) устройства с плоским электронным пучком отличаются особенно высокой производительностью. Это достигается благодаря двойному программированию электронного пучка, а именно его положения в рабочем поле и его преимущественно прямоугольного

2

поперечного сечения (формата) при постоянной резкости на краях и постоянной интенсивности.

В то время как для размещения плоского электронного пучка мишени могут применяться способы обычные в приборах с зондирующим пучком, например отклонение с цифровым управлением, программированное изменение поперечного сечения электронного пучка, установка его формата, и требуют специальной электроннооптической системы. В указанном патенте описаны два дополнительных варианта: первый, в котором апертурная диафрагма устанавливается механическим управлением, и второй, в котором ограничение пучка задается механически стационарно в различных оптически сопряженных плоскостях, а величина поперечного сечения устанавливается электроннооптическими средствами. Второй вариант отличается высокой скоростью установки формата, которая может быть даже выше скорости

установки электронного пучка на мишени с отклоняющей системой размещения.

Последнее обстоятельство приводит к тому, что требования к юстировке электронной оптики с плоским пучком существенно разнообразнее по сравнению с требованиями, предъявляемыми к точечному зондирующему электронному пучку. При мозаичной композиции рисунка, облучаемого плоским лучом, могут получаться дефекты в стыковых зонах облучаемой мозаики, если не позаботиться о том, чтобы каждая сторона поперечного сечения электронного пучка проходила параллельно к  $x^-$  и  $y^-$  направлениям отклонения отклоняющей системы размещения и имела длину, задаваемую управлением фронта (калибровка формата). Кроме того, от оптической системы требуется точная фокусировка изображения кроссовера в плоскости поворота отклоняющей системы формата и его точная юстировка в виде входного зрачка на оптической оси объектива или на отверстии диафрагмы гашения, поскольку это отверстие, с целью устранения паразитного фона рассеяния, должно быть выбрано малым настолько, что оно ограничивает изображение кроссовера, и становится возможным ее использование в качестве апертурной диафрагмы.

Из экономического патента ГДР № 113416 известен принцип действия электроннооптического устройства для облучения электронным пучком с плоским поперечным сечением и электроннооптически регулируемым ограничением светящегося поля, а также способ и устройство для юстировки зрачка. Способ устройства для юстировки формата и калибровки формата до сих пор не были описаны. Известные электроннооптические средства, с помощью которых воздействуют на электронный пучок таким образом, чтобы его параметры соответствовали требованиям, предъявляемым к электронному пучку в отношении интенсивности и формата в плоскости мишени, имеют недостаток, заключающийся в том, что их регулировка является трудной и требует много времени. Кроме того, с известным способом юстировки не может быть решен однозначно вопрос, имеется или нет астигматизм в первом промежуточном изображении зрачка.

Цель изобретения - повышение эффективности установки для электроннолучевой обработки, действующей по принципу плоского электронного пучка за счет сокращения времени юстировки. Этим самым создается возможность более частого проведения контроля о состоянии юстировки, например после каждой засветки пластины, благодаря чему величина брака выпускаемой продукции снижается, а требования к стабильности электрического питания снижаются до реализуемых пределов.

Задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить действующую по принципу электроннооптической апертурной диафрагмы оптическую систему таким образом, чтобы ее юстировка была по возможности проще. В частности, чтобы состояние оптической системы, характеризующееся такими параметрами как юстировка зрачка, юстировка формата и калибровка формата, удобно контролировалось, а появляющиеся отклонения можно быстро и целенаправленно корректировать.

Предлагаемый способ юстировки установки для электроннолучевой обработки, в которой первую угловую диафрагму проектируют в плоскости второй дополнительной угловой диафрагмы, так что получается ограниченное преимущественно прямоугольное сечение пучка, которое через объектив отображается с уменьшением на плоскости мишени и там отклоняется по  $x^-$  и  $y^-$  направлениям, и в которой кроссовер системы формирования луча проектируется на плоскость поворота отклоняющей системы и оттуда на плоскость апертурной диафрагмы (входного зрачка) объектива, в котором во временной последовательности формируют изображения поперечного сечения электронного пучка, имеющиеся характерные признаки, которые могут быть отнесены однозначным образом к корректирующим параметрам юстировки зрачка, юстировки формата и калибровки формата и которые устраняют тем, что устанавливают соответствующий параметр юстировки на заданное положение, причем при этом устраняются взаимные влияния параметров юстировки за счет отображения апертурной диафрагмы и фокусирование зрачка на плоскость апертурной диафрагмы в целях предварительной юстировки зрачка, отображения плоскости мишени

и циклическое размещение нулевого формата в направлении отклонения по оси  $x$  и  $y$  на плоскости мишени с шагом ширины нулевого формата с последующей коррекцией видимой на краях формата погрешности от клиновидности, параллелограммной погрешности, погрешности удаления и различных уровней яркостей в четырех смежных углах нулевого формата с целью юстировки формата, отображения апертурной диафрагмы и циклического размещения формата в направлении отклонения как по оси  $x$  так и по оси  $y$  в комбинации с циклическим изменением формата, которое происходит со сдвигом по фазе в направлении  $x$  и  $y$ , с последующей коррекцией возникающего при этом смещения с целью юстировки зрачка, отображения плоскости мишени и циклическое размещение формата при одновременном изменении формата, а также коррекция видимой на краях формата погрешности удаления в целях калибровки формата.

При этом после коррекции погрешности от клиновидности проводят дополнительный этап юстировки, который состоит в том, что снова осуществляют отображение апертурной диафрагмы и устраняют видимое за счет качания луча непостоянство на зрачке.

Кроме того, осуществляют отображение угловой диафрагмы и качание центрирования луча с поворотом вокруг первой угловой диафрагмы и затем устраняют осцилляцию сторон в изображении первой угловой диафрагмы, а также остающуюся противоположную хроматическую разность обеих сторон в изображении первой угловой диафрагмы.

Реализация способа осуществляется с помощью устройства юстировки установки для электроннолучевой обработки, содержащего первую угловую диафрагму, которая проектируется через систему конденсоров в плоскость второй дополнительной угловой диафрагмы, так что получается ограниченное, преимущественно прямоугольное, сечение электронного пучка, которое через промежуточную линзу и объектив проектируется с уменьшением на плоскость мишени и там разворачивается с помощью отклоняющей системы компоновки, в котором (устройстве) кроссовер системы формирования пучка через первый конденсор проектируется в плоскость поворота двухуровневой отклоняющей системы для изменения формата и оттуда через второй конденсор и промежуточную линзу проектируется в плоскость апертурной диафрагмы объектива, а также систему центрирования луча для ориентирования его как на первую угловую диафрагму, так и на апертурную диафрагму или диафрагму гашения и ряд стигматоров, воздействующих на пучок.

Первый признак изобретения относится к количественному ограничению параметров юстировки при текущей эксплуатации устройства. Согласно изобретению, выбор размеров системы конденсоров осуществляется таким образом, что всегда выполняется определенное условие юстировки, а именно отображение первой угловой диафрагмы на вторую, независимо от того, была ли осуществлена другая юстировка, а именно фокусирование изображения кроссовера на плоскость апертурной диафрагмы. Для этого расстояние  $a$  между кроссовером и первой угловой диафрагмой, расстояние  $b$  между первой угловой диафрагмой и главной плоскостью первого конденсора в пространстве предмета, расстояние  $c$  между главной плоскостью первого конденсора в пространстве изображения и главной плоскостью второго конденсатора в пространстве предмета, расстояние  $d$  между главной плоскостью второго конденсора в пространстве изображения и второй угловой диафрагмой и расстояние  $e$  между второй угловой диафрагмой и плоскостью второго промежуточного зрачка выбраны из соотношения

$$1 - 4b/c \cdot d/c (1 + b/a)(1 + d/e) = D$$

Второй признак изобретения относится к коррекции параллельности стороны в изображении первой угловой диафрагмы к его сопряженному в изображении второй угловой диафрагмы. Принципиально возможно использование для этого вращающее действие изображения конденсаторов, когда возбуждают один конденсор слабее, а второй сильнее. Однако этот способ имеет тот недостаток, что при этом проявляются отрицательные обратные воздействия на несколько параметров юстировки. Так, среди других неизбежно дефокусируется отображение зрачка на плоскости поворота отклоняющей системы формата и также изменяется масштаб отображения

плоскости первой апертурной диафрагмы на плоскость второй. Для того, чтобы устранить этот недостаток, согласно изобретению, между конденсорами на уровне первого промежуточного зрачка коаксиально располагается слабо возбуждаемая катушка. Она не оказывает отрицательного обратного воздействия на фокусирование и масштаб изображений и является эффективной только в качестве поворотной линзы, причем вращается, очевидно, также направление отклонения верхнего уровня к нижнему отклоняющей системы формата.

Третий признак относится к вопросу о критерии настройки стигматоров для компенсации астигматизма в первом промежуточном зрачке, наличие которого может отрицательно сказаться на юстировке формата, а также однородности и постоянства интенсивности в поперечном сечении пучка при смене формата. Этот признак непосредственно не обнаруживается, так как стигматическое отображение кроссовера в плоскости второго промежуточного зрачка и в плоскости третьего промежуточного зрачка, т.е. плоскости апертурной диафрагмы, является недостаточным для оценки качества критерия настройки.

Для того, чтобы выявить этот признак предлагается другая, сильнее возбуждаемая катушка, расположенная на уровне первого промежуточного зрачка, а ее возбуждение происходит при настройке стигматоров, так что между плоскостью первого промежуточного зрачка и плоскостью второго промежуточного зрачка устанавливается попеременно вращение изображения, например  $15^\circ$ , которое в соответствии с периодическим изменением обнаруживаемого астигматизма в плоскости апертурной диафрагмы имеет чередование, если не скомпенсирован астигматизм в первом промежуточном зрачке.

Четвертый признак изобретения относится к проблеме совмещения углов между сторонами в изображении как первой угловой диафрагмы, так и второй угловой диафрагмы с базисным углом, включающим направления отклонения по оси  $x$  и  $y$  отклоняющей системы размещения, который является преимущественно прямым углом, не оказывая при этом мешающего влияния при соответствующем процессе юстировки на уже отъюстированные состояния элект-

роннооптического изображения, в частности на стигматическое изображение зрачка. Наоборот, компенсация астигматизма зрачка не должна оказывать отрицательного обратного воздействия на ортогональность ограничения поперечного сечения пучка. Эта задача решается благодаря тому, что некоторое число слабо возбуждаемых квадрупулей в системе конденсоров расположено и электрически соединено по группам из двух или нескольких квадрупулей таким образом, что при оптически симметричном ходе основного пучка в системе конденсоров при возбуждении квадрупулей по группам их запроецированные действия усиливаются, а побочные компенсируются.

Пятый признак относится к требованию равномерности резкости на краях и интенсивности в сечении пучка при произвольном изменении формата внутри регулируемой области формата. Возможность неравномерности связана с поперечным смещением изображения кроссовера в отверстии апертурной диафрагмы, которое может вызываться различными причинами. Если плоскость первого промежуточного зрачка не совпадает с плоскостью поворота отклоняющей системы формата, то зрачок смещается в одинаковом (соответственно противоположном) направлении, в котором формат открывается или закрывается. Путем фокусирования первого промежуточного зрачка на плоскость поворота отклоняющей системы формата, хотя и можно компенсировать эту компоненту смещения зрачка, но в общем случае остается еще поперечная компонента, причина которой состоит в неточном отклонении отклоняющей системы. Например, не существует необходимой фиксированной точки поворота для всех направлений отклонения. Для того, чтобы устранить эти недостатки, в отклоняющей системе формата, которая состоит из двух лежащих в направлении распространения пучка уровней отклонения, причем каждый уровень отклонения содержит две скрещенные катушки отклонения, отклоняющие токи которых  $U_x$ ,  $U_y$  на верхнем  $V_x$  и на нижнем  $V_y$  уровне связаны аффинным преобразованием

$$\begin{aligned} U_x &= a_{11} V_x + a_{12} V_y \\ U_y &= a_{21} V_x + a_{22} V_y \end{aligned} \quad (1)$$

причем коэффициенты матрицы  $a_{11}$  и  $a_{12}$

изменяются, например, в интервале 0,9-1,1 с целью установления точек поворота отклонения формата по оси  $x$  и  $y$  на плоскости первого промежуточного зрачка, а коэффициенты матрицы  $a_{12}$  и  $a_{21}$  изменяются, например, в интервале от -0,1 до +0,1 с целью поворота направления отклонения верхнего уровня отклонения по отношению к направлению отклонения нижнего уровня. Это устройство имеет то преимущество, что, во-первых, фокусирование изображения кроссовера на плоскости поворота отклоняющей системы отклонения может иметь значительные допуски, и во-вторых, поворот направления отклонения верхнего уровня, который возникает при коррекции параллельности вращающейся линзой, может быть легко скомпенсирован простым способом.

Шестой признак относится к контролю юстировки формата и калибровки формата при применении проекционной изображающей системы, значительно увеличивающей плоскость мишени при просвечивании на люминесцентном экране с помощью системы, которая содержит переключаемую промежуточную линзу для отображения плоскости мишени или плоскости входного зрачка на люминесцентном экране. С помощью проекционной системы осуществляется циклическое размещение формата на плоскости таким образом, что при правильной юстировке формата и калибровке формата поверхность в среднем освещается равномерно, при этом последняя является конгруэнтной с поверхностью, построенной путем геометрического переноса формата, в то время как при неправильной юстировке или калибровке формата на краях циклически размещенного формата вследствие наложения или разделения появляются светлые или соответственно темные зоны, из которых можно определить вид погрешности юстировки, а при неправильной юстировке зрачка появляется также различная яркость в четырех смежных углах циклически размещенного формата.

На фиг. 1 показано электроннооптическое устройство прибора для облучения электронным пучком; на фиг. 2 - схема для определения размеров конденсорной системы; на фиг. 3-5 - диаграммы, показывающие связь между вы-

бором размеров конденсорной системы и допустимым возбуждением конденсора для случая, где сохранены желаемые изображения угловых диаграмм и кроссовера; на фиг. 6 - электроннооптическое устройство в соответствии с изображением; на фиг. 7 и 8 - схематические изображения соединения квадрулей соответственно стигматоров; на фиг. 9-12 - диаграмма для объяснения юстировки формата; на фиг. 13-15 - диаграмма для объяснения калибровки формата.

Как показано на фиг. 1, ограничение выходящего от кроссовера 1 источника электронного пучка происходит с помощью двух оптически дополнительных угловых диафрагм 3 и 7. Возбуждение конденсоров 4 и 6 выбрано таким образом, что, во-первых, угловая диафрагма 3 проектируется в плоскость угловой диафрагмы 7 и, во-вторых, кроссовер 1 проектируется в плоскость апертурной диафрагмы 10 посредством промежуточной линзы 9, работающей преимущественно в максимуме преломляющей силы. При этом на уровне средней плоскости отклоняющей системы 21, 22 возникает промежуточное изображение кроссовера (первый промежуточный зрачок), в плоскости 5 которой должны также лежать виртуальная точка поворота отклоняющей системы 21, 22. Если стороны угловой диафрагмы 3 включают правый угол и также стороны угловой диафрагмы 7, то при механически параллельной установке на основе оборачивания изображения преимущественно одинаково возбужденных, но включенных в противоположных направлениях конденсоров 4 и 6, получается прямоугольное сечение пучка в плоскости угловой диафрагмы 7, которое через промежуточную линзу и объектив 11 проектируется с уменьшением на плоскость мишени 12. При этом его можно разложить на две части, первая часть которого является изображением механически стационарного ограничения луча, а именно угловой диафрагмы 3, а другая - изображением механически стационарного ограничения луча угловой диафрагмой 7, причем ни первая часть, ни вторая, взятые по отдельности, не образуют сечение, формат. Этот формат, кроме механической юстировки угловых диафрагм и конденсоров, устанавливается только напряжен-

ностью поля, отклоняющей системы 21, 22 формата и может изменяться по двум направлениям в виде положения поперечного сечения пучка на плоскости мишени 12, которое устанавливается с помощью отклоняющей системы 13 размещения. Поскольку как отклоняющая система 13, так и отклоняющая система 21, 22 может управляться электрическими средствами, то получается возможность размещать электронный пучок на каждом произвольном месте внутри оптически возможного рабочего поля и задавать сечению пучка произвольный размер внутри оптически возможной области формата.

Для получения предварительно спроектированного рисунка на мишени, предусмотрена система 19 гашения, которая позволяет изображение кроссовера вывести в плоскость апертурной диафрагмы 10 и отклонить, благодаря чему в плоскости мишени 12 сечение пучка считается в виде яркого и темного уровня. Так как апертура гашения пучка, отображающая плоскость люминесцентного поля угловой диафрагмы 7, является небольшой по сравнению с ее апертурой в плоскости мишени в соответствии с масштабом изображения плоскость люминесцентного поля - мишень, то незначительное возбуждение системы 19 гашения будет достаточным для того, чтобы зондировать уровень темного без заметного смещения положения электронного пучка на экране и существенного изменения его формата. С помощью второй синхронно управляемой с системой 19 гашения отклоняющей системы 24 ниже угловой диафрагмы 3 можно обеспечить, чтобы во время процесса отпираания или запираания не смещалось изображение ограничения пучка в области угловой диафрагмы 3 на плоскости мишени. Этим самым достигается возможность точного и очень быстрого сканирования уровней светлого-темного на мишени.

Другие электроннооптические устройства служат для того, чтобы автоматически центрировать электронный пучок на угловой диафрагме 3 и апертурной диафрагме 10, измерять ток пучка в поперечном сечении и стигматизировать отображение светящегося поля на плоскости мишени. Для этого предусмотрены двухуровневая двойная отклоняющая система 26, 27 для центрирования

электронного пучка на угловой диафрагме 3 с поворотом вокруг кроссовера 1 и для центрирования изображения кроссовера, третьего промежуточного зрачка, в отверстии апертурной диафрагмы с поворотом угловой диафрагмы 3, а также отклоняющая система 17 для полного отклонения электронного пучка через апертурную диафрагму 10, с целью измерения тока пучка в закрытом состоянии, а также стигматоры 14 и 15 для компенсации астигматизма второго и третьего порядка изображения светящегося поля на плоскости мишени.

В электроннооптической системе, кроме того, имеются средства, с помощью которых можно воздействовать на электронный пучок таким образом, чтобы он имел в плоскости мишени желаемую интенсивность и формат. Для этой цели предусмотрены стигматоры 18, 20, 23 и 25 и вспомогательные конденсаторы 2 и 8. Среди других средств юстировки для этой цели предусмотрены также конденсаторы 4 и 6, предназначенные для поворота изображений угловой диафрагмы 3 по отношению к угловой диафрагме 7, и промежуточная линза 9, предназначенная для поворота формата как целого. Стигматоры 20 и 25 служат для того, чтобы компенсировать астигматизм зрачка в плоскости 5 первого промежуточного зрачка и в плоскости апертурной диафрагмы 10, в то время как стигматоры 23 и 18 предназначены для юстировки отображения угловых диафрагм на ортогональность своих сторон. Однако стигматоры не выполняют своих задач без отрицательных обратных воздействий, так, например, стигматор 20 также воздействует на вершинный угол в изображении угловой диафрагмы 3, как стигматоры 23 и 18 воздействуют на астигматизм зрачка. Регулировка стигматоров таким образом является сложной и требует много времени. Кроме того, известное электроннолучевое устройство не имеет средства, с помощью которого можно решить вопрос, имеется ли или нет астигматизм в первом промежуточном зрачке.

Юстировка на оптическую параллельность противоположных сторон сечения пучка требуется для того, чтобы можно было установить стороны в изображении угловой диафрагмы 3 параллельно к соответствующим сторонам угло-

вой диафрагмы 7. Это принципиально возможно при соответствующем установлении возбуждений обоих стигматоров 20 и 23 и конденсоров 4 и 6 без изменения астигматизма зрачка в апертурной диафрагме 10 и при дополнительном условии, что сохраняется отображение угловой диафрагмы 3 на угловой диафрагме 7. На основе эллиптического искажения, обусловленного стигматорами 20 и 23, можно изменить вершинный угол обеих сторон в изображении угловой диафрагмы 3 и на основе поворота изображения, который обусловлен обоими конденсаторами 4 и 6 при противоположном изменении возбуждения, можно поворачивать как целое изображение угловой диафрагмы 3. Однако при этом появляется неизбежное аксиальное смещение первого и третьего промежуточного зрачка. Для устранения этих дефектировок предусмотрены вспомогательные конденсоры 2 и 8.

Описанные процессы юстировки прежде всего из-за своих многих отрицательных обратных воздействий являются очень сложными, а их осуществление является трудоемким. Для того, чтобы устранить эти недостатки, предлагаются в электроннооптической системе ряд усовершенствований, которые объясняются на следующих прилагаемых фигурах.

На фиг. 2 показаны обозначения тех расстояний, которые являются существенными при выборе размеров конденсорной системы согласно первому признаку изобретения. Этими расстояниями являются: расстояние  $A$  между кроссовером 1 и угловой диафрагмой 3, расстояние  $b$  между первой угловой диафрагмой 3 и главной плоскостью  $H_1$  конденсора 4 в пространстве предмета, расстояние  $C$  между главной плоскостью  $H_1^*$  конденсора 4 в пространстве изображений и главной плоскостью  $H_2$  конденсора 6 в пространстве предмета, расстояние  $d$  между главной плоскостью  $H_2^+$  конденсора 6 в пространстве изображений и угловой диафрагмой 7 и расстояние  $e$  между угловой диафрагмой 7 и плоскостью 16 второго промежуточного зрачка, которые отображаются промежуточной линзой 9 с увеличением в плоскости апертурной диафрагмы 10. Поскольку главные плоскости при малых изменениях возбуждения обоих конденсоров изменяются незначительно,

то эти пять расстояний можно отнести к разряду практически механически фиксированных длин. Если теперь система конденсоров выбрана таким образом, что между ними существует соотношение

$$D \approx 1 - 4 \frac{b}{c} \cdot \frac{d}{c} (1 + \alpha/b) (1 + d/e) = 0$$

то получается известная область возбуждения обоих конденсоров, в которой при отображении кроссовера в плоскости апертурной диафрагмы происходит также отображение угловой диафрагмы 3 в плоскости угловой диафрагмы 7.

На фиг. 3-5 показаны кривые функциональной связи между токами возбуждения  $I_1$  и  $I_2$  обоих конденсоров 4 и 6 в случае, когда отображение угловых диафрагм соблюдается одно за другим, а кривая 29 показывает функциональную связь в случае, когда соблюдается отображение кроссовера в плоскости апертурной диафрагмы. Если дискриминант  $D < 0$ , то согласно фиг. 3 отсутствует состояние возбуждения конденсоров, в котором осуществляются одновременно оба отображения. Если дискриминант  $D > 0$ , то хотя имеются (фиг. 4) два определенных состояния возбуждения, а именно в точках пересечения 30 и 31, в которых возможно одновременное отображение, однако, из того, что зрачок сфокусирован на плоскости апертурной диафрагмы, не обязательно следует, что угловая диафрагма 3 отображается на плоскости угловой диафрагмы 7. Это обеспечивается только тогда, когда токи возбуждения  $I_1$ ,  $I_2$  не выходят из узкой зоны 32 или 33. Существование этих зон обосновано относительно большой глубиной резкости отображения угловой диафрагмы, которое допускает известный допуск для кривой 28. При определении системы конденсоров при  $D = 0$  (фиг. 5) зона 34 существенно шире, чем обеспечивается свобода действий для возбуждения конденсаторов, в пределах которой может осуществляться также преимущественно грубая юстировка на параллельности отображения угловой диафрагмы и/или грубая юстировка первого промежуточного зрачка на плоскость поворота отклоняющей системы формата. Эта возможность имеет значение постольку, поскольку этим самым устанавливается диапазон значений для матричных коэффициентов связи (1) вращающейся

линзы 38 (фиг. 6) в не слишком широких пределах.

С целью достаточно точного выбора расстояний, при которых  $D = 0$ , можно предусмотреть распорный цилиндр 35, высота которого при данных обстоятельствах может быть подобрана эмпирически, если допуски на изготовление ставят под сомнение точный предварительный расчет. Однократное эмпирическое определение происходит с помощью измеренных кривых 28 и 29, из расщепления которых можно определить как в случае фиг. 3 и 4, по простой формуле изменение высоты распорного цилиндра 35. Для того, чтобы определить функциональную связь между токами возбуждения  $I_1$  и  $I_2$ , которая ведет к кривой 28, целесообразно отключить промежуточную линзу и, кроме того, осуществить искусственное повышение апертуры путем качания центрирования пучка 26, 27 с поворотом вокруг угловой диафрагмы 3. Эта юстировка пригодна для однократного предварительного центрирования, но не для текущей эксплуатации (из-за необходимого для этого большой затраты времени). Кроме того симметричного смещения конденсоров 4 и 6 при применении промежуточного кольца 35 может быть предусмотрена также возможность общего аксиального перемещения, что, например, достигается путем изменения толщины промежуточных шайб в крепежных устройствах магнитопроводов конденсоров 4 и 6 без существенного ухудшения осуществленной юстировки при  $D = 0$ . Благодаря общему аксиальному смещению изменяется разность тех возбуждений конденсоров 4 и 6, при которых отображается кроссовер 1 как на поворотной плоскости отклоняющей системы для изменения формата 21, 22, так и на плоскости апертурной диафрагмы 10. Изменение разности встречно включенных возбуждений конденсоров означает изменение угла поворота изображения угловой диафрагмы 3 в плоскости угловой диафрагмы 7. Этим обеспечивается грубая юстировка сторон угловых диафрагм на оптическую параллельность, так что область настройки вращающей линзы 38 и матрица связи 36 необходима только для точной юстировки.

Кроме того, следует упомянуть, что изменение толщины шайб, которые

обуславливают как одинаковые, так и противоположные направления аксиального смещения конденсоров 4 и 6, можно представить в виде линейной комбинации разностей однозначных определяемых возбуждений, которые установлены всякий раз одним из четырех условий: отображение диафрагмы 3 на диафрагме 7 при преимущественно одинаковом возбуждении  $I_1 = I_2$ , отображение диафрагмы 3 на диафрагме 7 при параллельности сторон в изображении угловой диафрагмы 3 и 7, отображение кроссовера 1 на плоскости апертурной диафрагмы 10 при преимущественно одинаковом возбуждении  $I_1 = I_2$ , отображение кроссовера 1 на плоскости апертурной диафрагмы 10 при инвариантности места зрачка по отношению к вариации формата.

Элементы устройства для реализации способа схематически показаны на фиг. 6 и 7. К ним относятся вращающаяся линза 38, вращающаяся линза 39 качания, включенная друг за другом в противофазе пара 40 стигматоров 25 и 18, включенная друг за другом в противофазе пара 41 стигматоров 18, включенная друг за другом в противофазе квадрупольная пара 42, квадруполь 43, синфазно включенная друг за другом пара 44 стигматоров 23 и 20 и матрица 36 связи. Вращающаяся линза представляет собой катушку с воздушным сердечником с несколькими слоями, например по сто витков, которые намотаны на внутренний цилиндр корпуса, несущего отклоняющую систему для формата симметрично относительно средней плоскости. При максимальном токе до 100 мА и ускоряющем напряжении, например, 30 кВ эта линза обеспечивает поворот вплоть до  $\pm 3^\circ$  изображения угловой диафрагмы 3 в плоскости угловой диафрагмы 7.

При ее расположении в плоскости 5 первого промежуточного зрачка в этом диапазоне возбуждения практически не появляется дефокусировка второго (соответственно третьего) промежуточного зрачка. Единственное побочное влияние состоит в повороте направления отклонения верхнего уровня 22 отклоняющей системы формата, который ведет к поперечному отклонению зрачка при смене формата, но которое можно просто скомпенсировать с помощью матрицы 36 связи (коэффициенты матрицы  $a_{12}$ ,

$a_{21}$ ) для отклоняющих токов, и которое не появляется во время процесса юстировки на параллельность отображения угловых диафрагм, поскольку система отклонения формата обесточена.

Матрица 36 связи выполняет также другую функцию, а именно точную установку плоскости поворота системы отклонения формата на плоскость 5 первого промежуточного зрачка, которая осуществляется с помощью коэффициента матрицы  $a_{11}$  для отклонения по  $x$ -направлению и коэффициента матрицы  $a_{22}$  по  $y$ -направлению. До сих пор выполнение этого условия осуществлялось вспомогательным конденсором 2 (фиг. 1), который этим самым может быть исключен. Точно так же оказывается излишним вспомогательный конденсор 8, поскольку на основе выборов размеров системы конденсоров при  $D = 0$  фокусировка зрачка на плоскость апертурной диафрагмы должна осуществляться путем регулирования возбуждения конденсора, при котором, как следует из фиг. 5, обеспечено также неизбежное отображение угловой диафрагмы на плоскости угловой диафрагмы 7.

Симметрично к средней плоскости отклоняющей системы формата расположена вращающаяся линза качания, возбуждаемая примерно в 5 раз сильнее по отношению к вращающейся линзе 38. Эта линза предназначена для распознавания возможного астигматизма первого промежуточного зрачка и может возбуждаться настолько, что поворот изображения между плоскостью первого промежуточного зрачка и плоскостью третьего промежуточного зрачка или плоскостью апертурной диафрагмы изменится, например, до  $\pm 15^\circ$ . Критерием того, что изображение первого промежуточного зрачка является стигматичным, является наблюдаемое при качании вращающейся линзы 39 постоянство астигматизма зрачка в плоскости апертурной диафрагмы или, если зрачок уже стигматизирован в плоскости апертурной диафрагмы, получение стигматического отображения кроссовера в плоскости апертурной диафрагмы.

Для того, чтобы простым способом продемонстрировать реализацию четвертого признака изобретения, предположим, что выбор размеров системы конденсоров происходит симметрично при  $D = 0$ , что описывается соотношением

$a = e, b = d$ . Это имеет то преимущество, что при применении простого источника питания стигматоры (соответственно квадрупули) могут быть одного и того же типа. Преимущественно они состоят из четырех квадрупулей ( $q, r, s, t$ ), расположенных на четырех концентрических цилиндрах в радиальном направлении плотно друг над другом. Каждый квадрупуль образуется из четырех симметрично расположенных по азимуту и соответствующим образом включенных седлообразных отклоняющих катушек с одинаковым числом витков.

При этом два квадрупуля лежат азимутально параллельно, а обе пары квадрупулей повернуты азимутально друг к другу на  $45^\circ$ . Электрические присоединения системы из четырех квадрупулей выведены отдельно и соединяются попарно с квадрупулями другой системы из четырех квадрупулей по определенной схеме, которая показана на фиг. 7 и заключается в следующем.

Для понимания принципа коммутации на фиг. 8 показан типичный ход двух основных решений  $r_2$  и  $r_\beta$  параксального дифференциального уравнения. Основная кривая  $r_2$  имеет нулевые значения в точках  $3'$  и  $7'$  угловых диафрагм 3 и 7, а основная кривая  $r_\beta$  - нулевые значения в точках пересечения с осью кроссовера  $5'$  первого промежуточного зрачка и в точке  $16'$  второго промежуточного зрачка, которая сопряжена с точкой на оси апертурной диафрагмы 10 через промежуточную линзу 9. Как известно, в подынтегральном выражении интеграла действия для астигматизма и эллиптического искажения слабых квадрупульных полей эти основные кривые появляются в виде множителей. Подынтегральное выражение для астигматизма зрачка содержит  $r_\beta^2$  в качестве множителя, а подынтегральное выражение для эллиптического искажения отображения угловой диафрагмы содержит в качестве множителя произведение  $r_\alpha \cdot r_\beta$ .

Всякий раз два лежащих вдоль оптической оси квадрупуля включены друг за другом в одном направлении (соответственно в противоположном) так, что они в одном месте их действие усиливается, а в другом компенсируется. Для этого необходимо, чтобы включенные к паре квадрупулей квадрупули различных систем были направлены ази-

мутально параллельно. Расположение системы из 4 квадрупулей (ниже обозначается как 4КС) осуществляется следующим образом: 4КС 25 лежит на одинаковом расстоянии выше угловой диафрагмы 3, как 4КС 18 ниже угловой диафрагмы 7. С последней 4КС симметрично к середине участка  $\epsilon$  лежит 4КС37. Обе 4КС лежат симметрично к средней плоскости конденсоров 4 и 6.

Квадрупуль S 4КС 23 соединяется в одном направлении с квадрупулем S4КС 20. Эта пара квадрупулей S4КС 23 + S 4КС20 создает астигматизм в отображении угловой диафрагмы 3 на плоскости угловой диафрагмы 7. С комбинацией с такой же повернутой на  $45^\circ$  парой квадрупулей  $\epsilon$  4КС23+  $\epsilon$  4КС20 получается пара стигматоров 44 для компенсации хроматической разности в отношении отображения между обеими угловыми диафрагмами 3 и 7 без изменения эллиптического искажения. В качестве дополнительного действия появляется астигматизм зрачка, который может быть скомпенсирован парой стигматоров 40 (соответственно 41).

Квадрупуль  $\phi$  4КС23 соединяется в обратном направлении с квадрупулем  $\phi$  4КС20. Эта квадрупульная пара  $\phi$  4КС23 -  $\phi$  4КС20, обозначенная на фиг. 7 позицией 42, создает эллиптическое искажение только в изображении угловой диафрагмы 3. С учетом поворота изображения конденсором квадрупульная пара 42 азимутально устанавливается так, чтобы большая ось эллипса искажения совпадала с биссектрисой угловой диафрагмы. В качестве дополнительного действия квадрупульной пары 42 изменяется астигматизм в первом промежуточном зрачке, в то время как он не изменяется во втором и третьем промежуточных зрачках.

Квадрупуль S 4КС25 соединяется в обратном направлении с квадрупулем S4КС18. Эта квадрупульная пара S4КС25-S4КС18 создает астигматизм в первом промежуточном зрачке без воздействия на второй промежуточный зрачок. Комбинация с такой же повернутой на  $45^\circ$  квадрупульной парой S4КС25-S4КС18 образует пару стигматоров 40 для компенсации астигматизма в первом промежуточном зрачке без изменения астигматизма во втором и третьем промежуточных зрачках. В качест-

ве дополнительного действия появляется эллиптическое искажение, которое изменяет вертикальные углы в изображении угловых диафрагм и может быть скомпенсировано квадрупулем 43.

Квадрупуль S 4КС37, обозначенный на фиг. 7 позицией 43, расположен параллельно со своей осью соответственно перпендикулярно к сторонам угловой диафрагмы 7 и служит для изменения вершинных углов в отображении угловых диафрагм и этим самым для ортогонализации четырех сторон сечения пучка, измеренного названными выше средствами к форме параллелограмма. В качестве дополнительного действия появляется незначительный астигматизм во втором и третьем промежуточном зрачке, который может быть скомпенсирован без отрицательных обратных воздействий с помощью пары стигматоров 41.

Квадрупуль  $\phi$  4КС18 соединяется в противоположном направлении с квадрупулем  $\phi$  4КС37. Эта квадрупульная пара создает астигматизм зрачка во втором промежуточном зрачке без дополнительного воздействия, т.е. без эллиптического искажения отображения угловой диафрагмы.

Комбинация с такой же повернутой на  $45^\circ$  квадрупульной парой  $\phi$  4КС18- $\phi$  4КС37 образует пару стигматоров 41 для компенсации астигматизма зрачка во втором и третьем промежуточных зрачках изменения углового положения сторон в изображении угловых диафрагм без изменения направления четырех сторон сечения пучка.

Согласно шестому признаку изобретения, осуществляется юстировка формата при наблюдении увеличенного с помощью системы 54, формирующей изображение, сечения электронного пучка в плоскости мишени на люминесцентном экране 55. Эта система, формирующая изображение, путем переключения промежуточной линзы 56 позволяет осуществить также отображение плоскости апертурной диафрагмы. Предполагается, что сечение электронного пучка в обессточенном состоянии отклоняющей системы формата при данных условиях согласно соответствующему механическому и/или электрическому предварительному центрированию имеет примерно квадратное сечение формата со средними длинами сторон, которые примерно в два

раза меньше по сравнению с длинами сторон максимального квадратного сечения формата. Задача юстировки формата состоит в том, чтобы установить стороны в изображении угловых диафрагм 3 и 7 в плоскости мишени параллельно к соответствующим преимущественно перпендикулярно друг к другу стоящим  $X^-$ ,  $Y^-$  направлениям отклонения отклоняющей системы 13 размещения. Для этого предусмотрены следующие исполнительные органы: промежуточная линза 9, действующая как вращающаяся линза для общего формата, квадро-пуль 43, вращающаяся линза 38 и квадрупольная пара 42. Задающее воздействие образуется скачком тока возбуждения в отклоняющей системе размещения для  $X^-$  направления и сдвинутым по фазе на  $90^\circ$  периодическим скачком тока возбуждения в отклоняющей системе для  $Y^-$  направления. При согласованной с нулевым форматом величине скачка получается таким образом поверхность облучения примерно квадратного сечения, которое в общем случае на сторонах соприкосновения четырех прыгающих нулевых форматов в зависимости от состояния юстировки формата имеет более или менее широкие и клиновидные светлые и темные зоны.

На фиг. 9 ни одна из четырех сторон не отъюстирована на направлении отклонения отклоняющей системы 13 размещения. Дважды облучаемые зоны 46 являются более светлыми по сравнению с просто освещенными участками 47, которые выделяются от необлученной и поэтому темной основы 48. Непараллельность ограничивающих сторон электронного пучка вблизи пересечения стыка  $(x', y')$  49 (соответственно 51) в изображении угловой диафрагмы 3 и 50 (соответственно 52) в изображении угловой диафрагмы 7 можно устранить с помощью вращающейся линзы 38 и квадрупольной пары 42, после чего получают состояние юстировки, показанное на фиг. 10, для которого имеет место параллельность противлежащих сторон 49-52. Центрирование по направлениям отклонения  $X$  и  $Y$  происходит с помощью изменяемого поворота изображения промежуточной линзы 9 и эллиптического искажения квадрупольной пары 43. С достижением показанного на фиг. 11 состояния закончена юстировка формата и в заключение следует

калибровка формата. Эта калибровка формата базируется на уравнении для управления форматом

$$\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 10 \\ 01 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \psi_x \\ \psi_y \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Регулируемые величины  $(N_x, N_y)$  обеспечивают точное выравнивание сторон нулевого формата до величины, задаваемой скачком отклонения в направлении  $x$  (соответственно  $y$ ) отклонения отклоняющей системы размещения, как это показано на фиг. 12. Через управляющий вектор формата  $(\psi_x, \psi_y)$  изменяется формат. При этом при изменении  $\psi_x$  на  $\Delta\psi$  формат изменяется точно на  $\Delta x$ ,  $\Delta y = 0$ , а при изменении  $\psi_y$  на  $\psi_x$  формат изменяется точно на  $\Delta x = 0$ ,  $\Delta y$ . Для выполнения этого требования управляющий вектор формата  $(\psi_x, \psi_y)$  аддитивно связан через матрицу связи с вектором тока  $J_x, J_y$ , коэффициенты матрицы которой  $b_{11} \dots b_{22}$  устанавливаются следующим способом.

В положении III (фиг. 12) нулевой формат смещается на  $-\Delta x$  в направлении  $x$  отклоняющей системы 13 размещения и для выравнивания формат открывается на  $\Delta\psi_x$ . Так как направление отклонения отклоняющей системы формата среди других зависит от установки матрицы связи  $(a_{11} \dots a_{22})$  и вращающейся линзы 38, то линии ограничения пучка 49', 51' в положении III лежат параллельно линиям ограничения пучка 50, 52 в изображении смещения в положении II и IY соответственно и могут быть совмещены при соответствующем установлении матричных элементов  $b_{21}, b_{12}$ . Аналогично осуществляется процесс установки матричных коэффициентов  $b_{21}, b_{22}$ , при котором (фиг. 14) нулевой формат смещен в положении IY на  $-\Delta y$  в направлении отклонения  $y$  отклоняющей системы размещения и открывается для выравнивания формата на  $\Delta\psi$ . Очевидно, что знаки  $\Delta x$  и  $\Delta y$  можно выбрать наоборот и испытание смещения формата можно провести в другом направлении. При соответствующем выборе последовательности смещения испытания (фиг. 13 и 14) можно объединить с испытанием (фиг. 15). При этом достаточно рассмотрение соприкасающихся зон внутри круга поля наблюдения 53, так как это рассмотрение уже дает однозначное заключение об изменениях в коэффициентах матрицы  $(b_{11} \dots b_{22})$  управление форматом, а сравнение яркостей четырех

смежных углов циклически размещенного формата дает заключение о юстировке зрачка. В отъюстированном состоянии появляется равномерное светлое поле наблюдения.

Ниже описывается свободный от отрицательных обратных воздействий процесс юстировки с указанием определенной последовательности отображений поперечного сечения электронного пучка, его характерных признаков отклонений от заданного состояния и параметры юстировки, с которыми эти отклонения корректируются.

1. Отображение апертурной диафрагмы и фокусировка зрачка на эту плоскость с помощью регулирования возбуждения друг за другом, включенных катушек возбуждения конденсоров 4 и 6.

2. Отображение плоскости мишени и циклическое размещение нулевого формата. Признаком отклонения являются клиновидные дефекты (фиг. 9), которые корректируются с помощью квадропульной пары 42 и вращающейся линзы 38.

3. Отображение апертурной диафрагмы и включение вращающейся линзы 39 качания. Признаком отклонения является непостоянство астигматизма зрачка, который устраняется парой стигматоров 40. Эта операция может отсутствовать.

4. Отображение плоскости мишени и циклическое размещение формата. Признаком отклонения являются параллелограммные дефекты (фиг. 10), которые корректируются квадропулем 43 и промежуточной линзой со свойствами вращающейся линзы.

5. Отображение плоскости мишени и циклическое размещение формата. Признаком отклонения является погрешность удаления (фиг. 11), которое корректируется задающими величинами  $N_x, N_y$  точной установки нуля.

6. Отображение апертурной диафрагмы. Признаком отклонения является астигматизм зрачка, который компенсируется парой стигматоров 41.

7. Отображение апертурной диафрагмы и циклическое размещение формата (фиг. 13 и 14). Признаком отклонения являются продольные и поперечные смещения зрачка, которые корректируются элементами  $a_{11}$  (соответственно  $a_{22}$ ) и  $a_{12}$  (соответственно  $a_{21}$ ) матрицы 36 связи.

8. Отображение плоскости мишени и циклическое размещение формата со-

гласно фиг. 15. Признаком отклонения являются погрешности удаления, которые корректируются согласно фиг. 15 элементами матрицы управления форматом  $b_{11} \dots b_{22}$ .

Этим самым процесс юстировки заканчивается. Для контроля юстировки зрачка служит сравнение яркостей четырех квадрантов 1-1У, соприкасающихся в середине поля наблюдения, которые представляют плотность облучения в четырех углах большого формата (фиг. 15, положение смещения Ш).

До сих пор приведенные примеры исполнения относились к устройству, содержащему диафрагму гашения, отверстие которой выбрано таким образом, что оно является эффективным также в качестве апертурной диафрагмы. Если фон облучения кроме собственного изображения кроссовера является достаточно низким, то отверстие диафрагмы гашения может быть выбрано большим. Преимущество при этом, в частности, состоит в том, что снижается чувствительность при юстировке зрачка. В этом случае оказывается возможным осуществить искусственное увеличение апертуры отображения угловой диафрагмы путем качания центрирования пучка 26, 27 с поворотом вокруг угловой диафрагмы 3 без отключения промежуточной линзы 9, благодаря чему увеличивается чувствительность отображения угловой диафрагмы 3 на плоскость угловой диафрагмы 7. В этом случае промежуточное кольцо 35 подбирается так, что при установке возбуждения друг за другом включенных катушек возбуждения конденсоров 4 и 6 на резкое отображение угловой диафрагмы 3 на плоскость угловой диафрагмы 7 неизбежно отображается кроссовер в оптически оптимальной плоскости входного зрачка объектива 11, которая лежит в общем случае внутри поля объектива.

В пунктах 3, 6 и 7 последовательности операций под отображением апертурной диафрагмы понимают отображение входного зрачка.

В последовательности операций 1-8 пункт 1 заменяется.

Отображение угловых диафрагм и качание центрирования пучка с поворотом вокруг угловой диафрагмы 3. Признаком отклонения является осцилляция сторон в изображении угловой диафрагмы 3, которая устраняется с по-

мощью регулирования друг за другом, включенных катушек возбуждения конденсоров 4 и 6 за исключением противоположной хроматической разности обеих сторон в изображении первой угловой диафрагмы 3.

Затем эта хроматическая разность корригируется с помощью пары стигматоров 44.

#### Формула изобретения

1. Способ юстировки установки для электроннолучевой обработки, в которой первую угловую диафрагму проектируют в плоскость второй дополнительной угловой диафрагмы, так что получается ограниченное преимущественно прямоугольное сечение пучка, которое с помощью объектива с уменьшением отображается на плоскость мишени и там развертывается по направлениям  $X^-$  и  $Y^-$ , а кроссовер системы создания луча проектируют на плоскость поворота отклоняющей системы для изменения формата и оттуда на плоскость апертурной диафрагмы объектива, отличающийся тем, что во временной последовательности на люминесцентном экране формируют изображения поперечного сечения электронного пучка в плоскости мишени и апертурной диафрагмы, устанавливают параметры юстировки на заданное положение и исключают взаимное влияние параметров юстировки за счет отображения апертурной диафрагмы и фокусировки луча в плоскости апертурной диафрагмы, отображения плоскости мишени и циклического размещения нулевого формата в направлении отклонения по оси  $X$  и  $Y$  на плоскости мишени с шагом ширины нулевого формата с последующей коррекцией видимой на краях формата погрешности от клиновидности, параллелограммной погрешности, погрешности удаления и различных уровней яркости в четырех смежных углах нулевого формата, отображения апертурной диафрагмы и циклического изменения формата, осуществляющиеся со сдвигом по фазе в направлении  $X$  и  $Y$ , с последующей коррекцией возникающего при этом смещения луча, отображения плоскости мишени и циклического размещения формата при одновременном изменении формата, а также коррекции видимой на краях формата погрешности удаления.

2. Способ юстировки установки для электроннолучевой обработки по п. 1, отличающийся тем, что после коррекции погрешности от клиновидности осуществляют дополнительный этап юстировки, который состоит в том, что осуществляют отображение апертурной диафрагмы и устраняют видимое за счет качания луча непостоянство астигматизма на зрачке.

3. Способ юстировки установки для электроннолучевой обработки по п. 1, отличающийся тем, что осуществляют отображение угловой диафрагмы и качание центрирования луча с поворотом вокруг первой угловой диафрагмы 3 и затем устраняют осцилляцию сторон в изображении первой угловой диафрагмы и остающуюся противоположную хроматическую разность обеих сторон в изображении первой угловой диафрагмы.

4. Устройство юстировки установки для электроннолучевой обработки, содержащее первую угловую диафрагму, которая проектируется через систему конденсоров в плоскость второй дополнительной угловой диафрагмы, так что получается ограниченное, преимущественно прямоугольное, сечение пучка, которое промежуточной линзой и объективом проектируется с уменьшением на плоскость мишени и там разворачивается с помощью отклоняющей системы компоновки, в которой (устройстве) кроссовер системы формирования пучка через первый конденсатор проектируется в плоскость поворота двухуровневой системы отклонения для изменения формата и оттуда через второй конденсор и промежуточную линзу - в плоскость апертурной диафрагмы объектива, а также систему центрирования луча для ориентирования его как на первую угловую диафрагму, так и апертурную диафрагму или диафрагму гашения, и ряд стигматоров, воздействующих на пучок, отличающийся тем, что расстояние  $\Delta$  между кроссовером 1 и первой угловой диафрагмой 3, расстояние  $\delta$  между первой угловой диафрагмой 3 и главной плоскостью первого конденсора 4 в пространстве предмета, расстояние  $C$  между главной плоскостью первого конденсора 4 в пространстве изображений и главной плоскостью второго конденсора 6 в пространстве

предмета, расстояние  $d$  между плоскостью второго конденсора 6 в пространстве изображений и второй угловой диафрагмой 7 и расстояние  $e$  между второй угловой диафрагмой 7 и плоскостью 16 второго промежуточного зрачка выбраны из соотношения

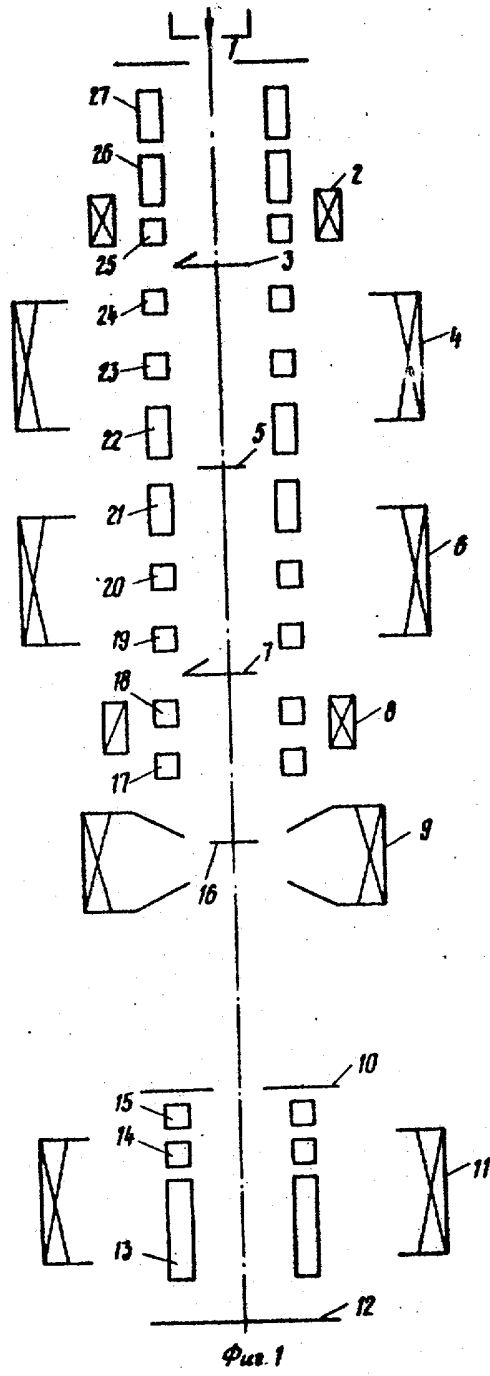
$$1 - 4 \frac{b}{c} \cdot \frac{d}{c} (1 + \frac{b}{a}) (1 + \frac{d}{e}) = D,$$

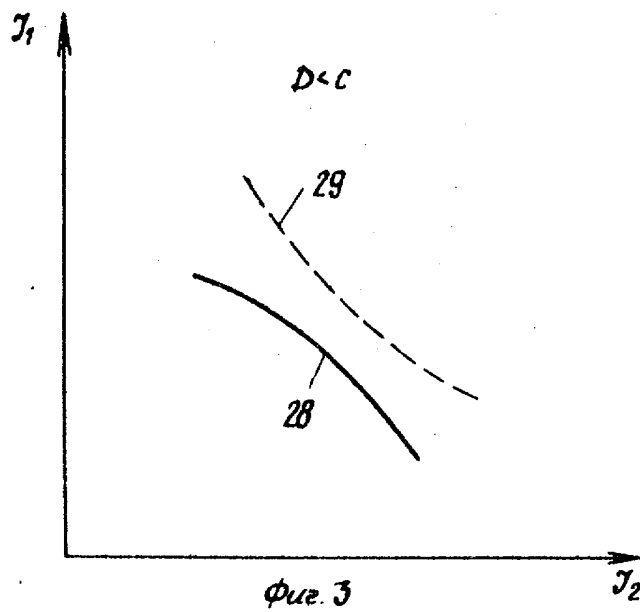
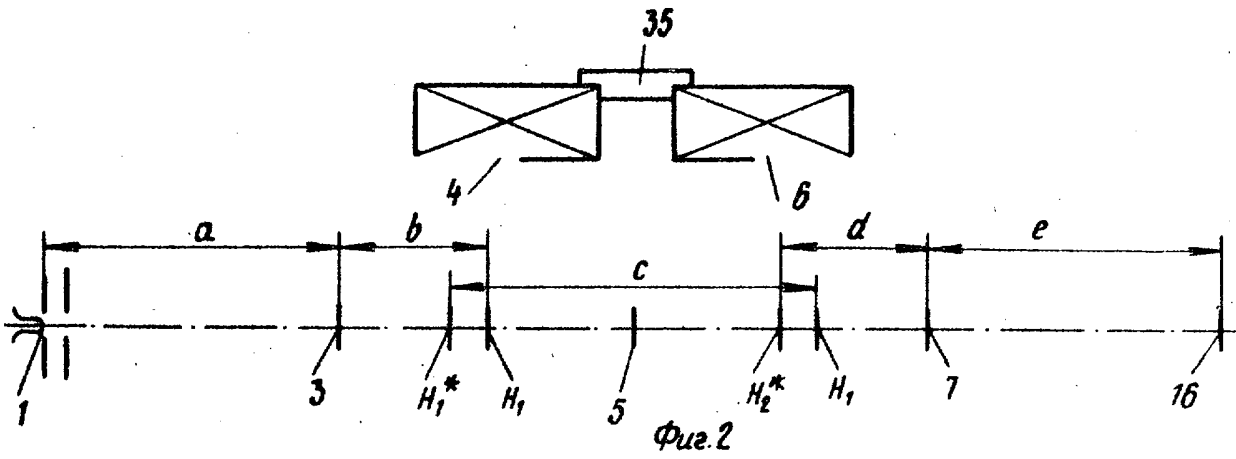
а между конденсорами 4, 6 расположена вращающаяся линза 38 и в системе конденсоров размещены слабо возбуждаемые квадруполь, регулируемые в группах электрическим путем, причем каждая группа преимущественно состоит из двух квадруполь, которые расположены и включены между собой таким образом, что при коррекции астигматизма астигматическое действие первого квадруполь одинаково направлено с астигматическим действием другого и эллиптическое искажение одного компенсирует эллиптическое искажение другого, а при коррекции эллиптического искажения клиновидные дефекты искажающее

действие одного квадруполь направлено одинаково с искажающим действием другого, а астигматическое действие одного компенсирует астигматическое действие другого, кроме того, что отклоняющие токи  $U_x, U_y$  на верхнем и  $J_x, J_y$  на нижнем уровнях отклонения отклоняющей системы 21, 22 формата связаны между собой аффинным преобразованием, и содержащее электроннооптическую систему 54, формирующую изображение плоскости мишени 12 или плоскости апертурной диафрагмы 10 на люминесцентном экране 55 и содержащую переключаемую промежуточную линзу 56.

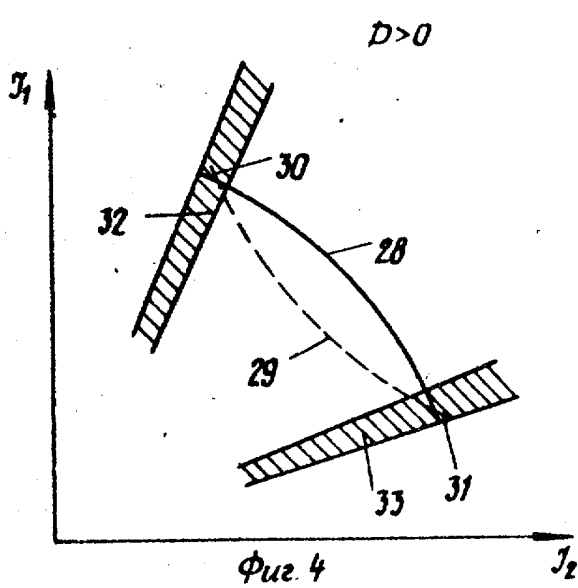
5. Устройство юстировки для электроннолучевой обработки по п. 4, отличающееся тем, что между конденсорами 4 и 6 установлена вращающаяся линза 39 качания.

Признано изобретением по результатам экспертизы, осуществленной Ведомством по изобретательству Германской Демократической Республики.

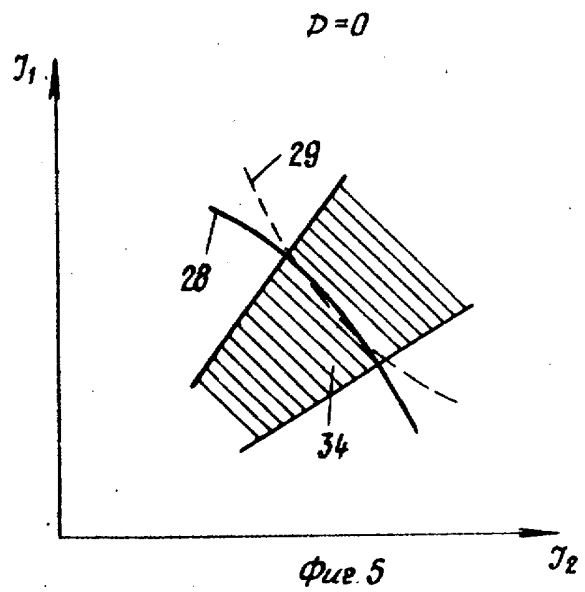




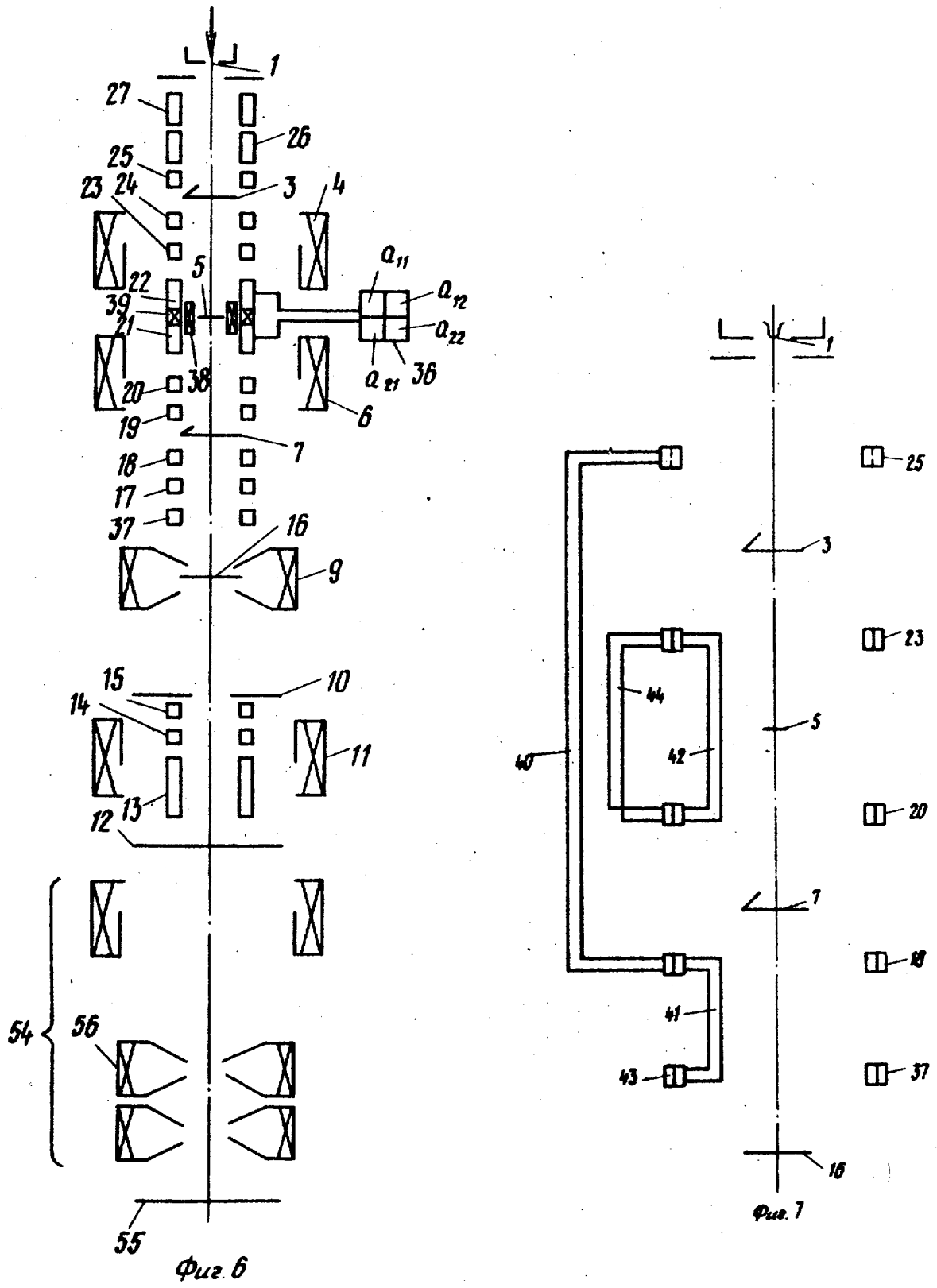
$\Phi_{\text{из. 3}}$

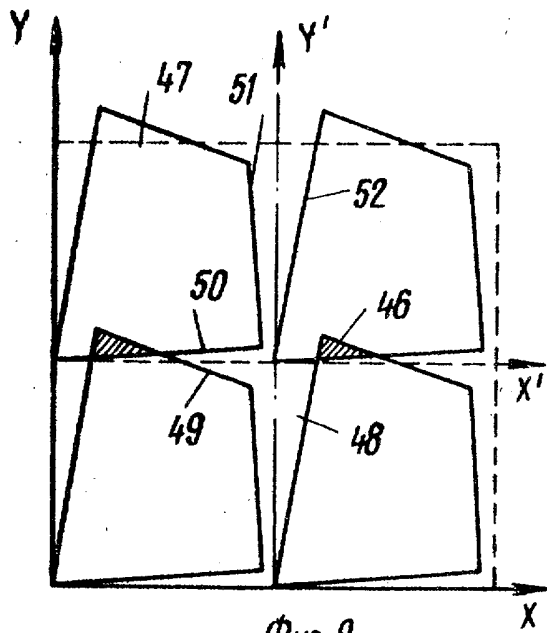
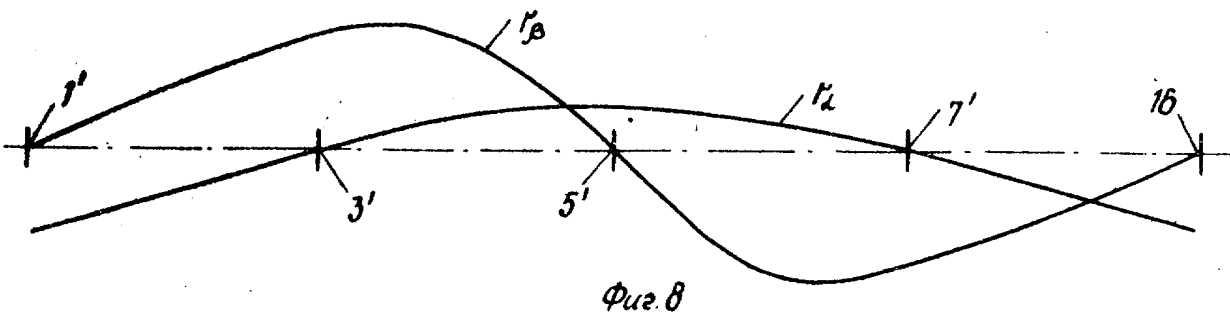


$\Phi_{\text{из. 4}}$

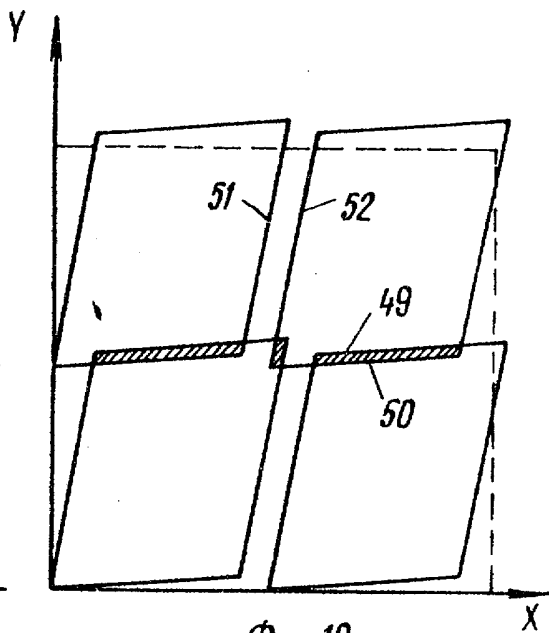


$\Phi_{\text{из. 5}}$

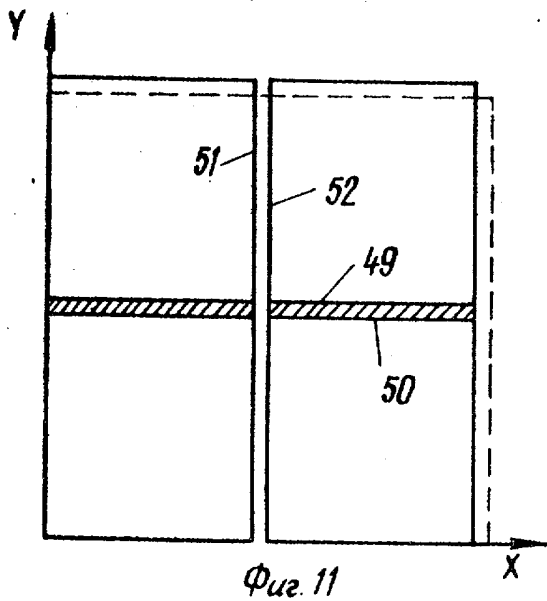




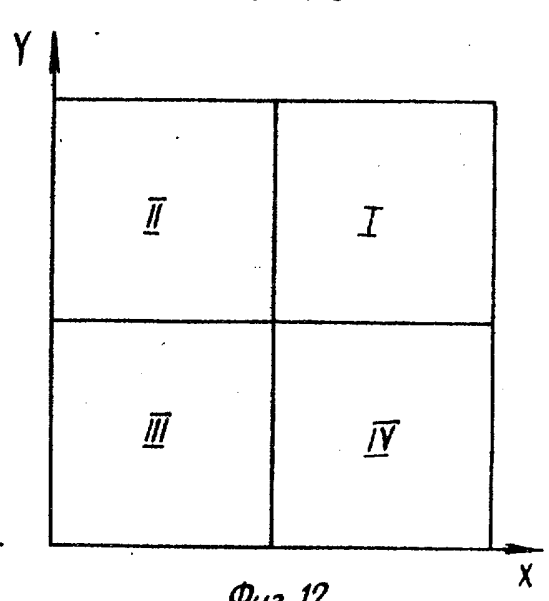
Фиг. 9



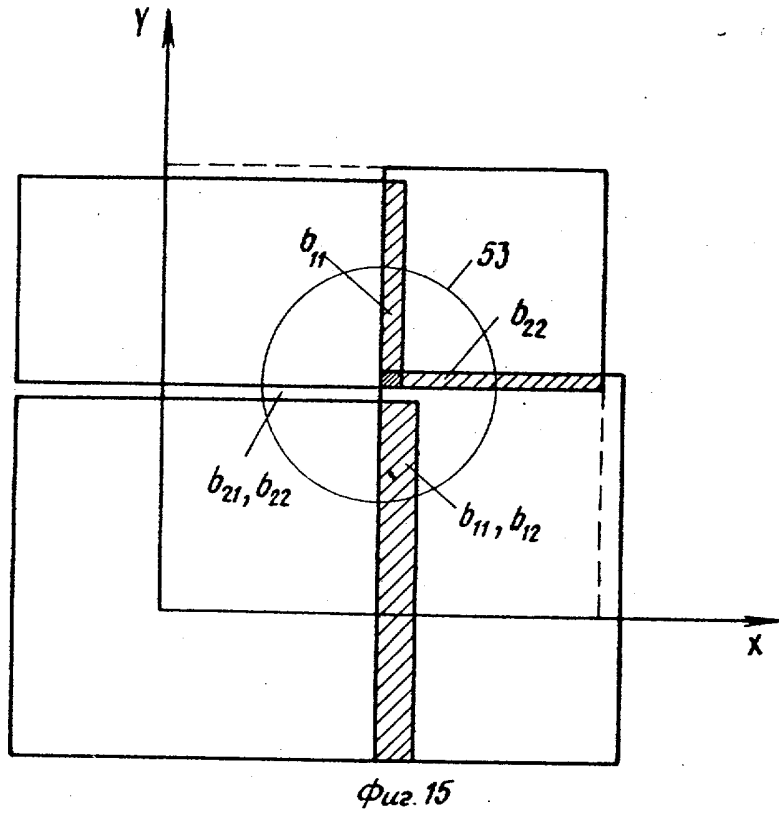
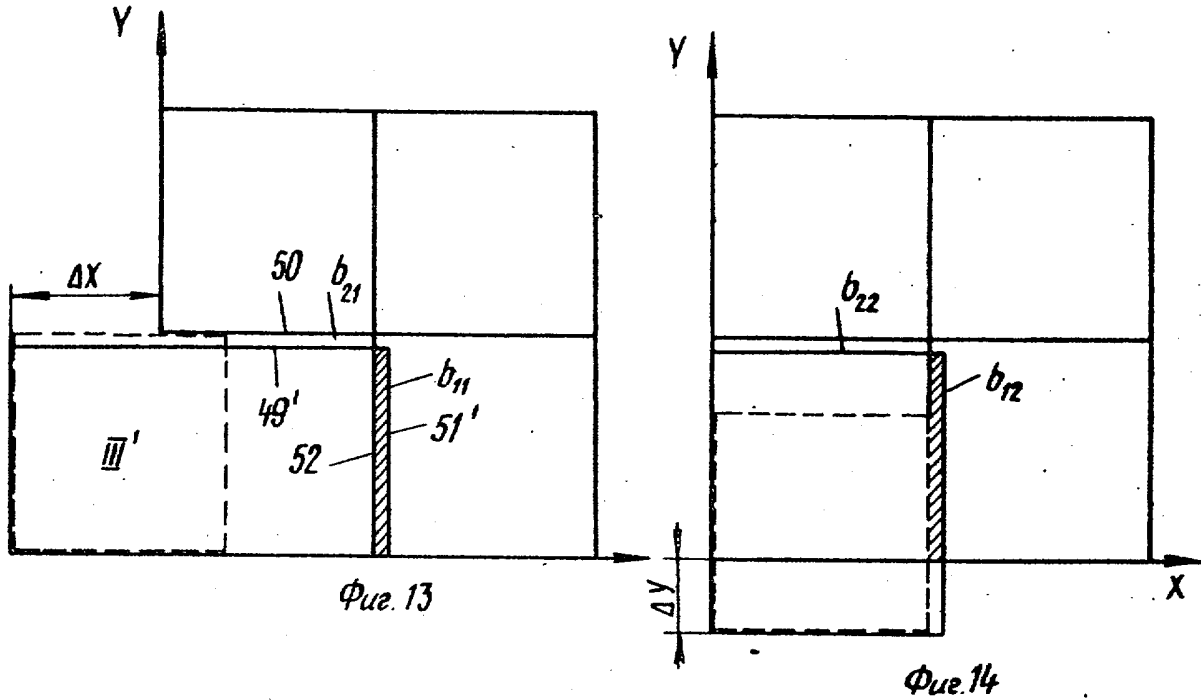
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Составитель В. Александров  
 Редактор И. Безродная Техред К. Мыцьо Корректор Е. Рошко  
 Заказ 4680/75 Тираж 761 Подписное  
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5  
 филиал ПИП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4