



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

для служебного пользования экз-300000

(19) **SU** (11) **1542318** **A1**

(51)5 H 01 J 23/087

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГНТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4360479/24-21

(22) 08.01.88

(71) Радиоастрономический институт  
АН УССР

(72) Е.Е.Лысенко и В.В. Смородин

(53) 621.375.6(088.8)

(56) Патент Великобритании

№ 1551434, кл. H 01 J 29/76, опублик. 1976.

Авторское свидетельство СССР  
№ 786675, кл. H 01 J 23/08, опублик. 1979.

(54) ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЙ СВЧ-ПРИБОР  
О-ТИПА

(57) Изобретение относится к области электроники СВЧ, а именно к электровакуумным приборам с магнитной фокусировкой и юстировкой электронного потока, таких как лампа обратной вол-

ны, клинотрон, генератор динамических импульсов и т.п. Целью изобретения является повышение КПД за счет обеспечения юстировки электронного потока при минимальной длине магнитного зазора. Цель достигается тем, что в магнитной системе прибора, содержащей полюса с различным направлением намагниченности, один из полюсов выполнен с возможностью эксцентричного вращения в плоскости, перпендикулярной продольной оси прибора. При этом упрощается юстировка прибора, а также увеличивается фокусирующее магнитное поле вследствие того, что длина зазора магнитной системы может выбираться равной продольному размеру электронно-оптической системы прибора. 3 ил.

Изобретение относится к области электроники СВЧ, а именно к электровакуумным приборам с магнитной фокусировкой и юстировкой электронного потока, и может найти применение при разработке и создании пакетированных конструкций электровакуумных приборов миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, таких как ЛОВ, клинотроны, оротроны, ГДИ и т.п.

Целью изобретения является повышение КПД за счет обеспечения юстировки электронного потока при минимальной длине магнитного зазора.

Цель достигается тем, что в магнитной системе, содержащей полюса из магнитов с различным направлением намагниченности, один из полюсов выполнен с возможностью эксцентричного

повращения в плоскости, перпендикулярной продольной оси прибора, а расстояние  $\delta'(m)$  между центром полюса и центром его вращения выбирают в пределах

$$a_0 \frac{1}{l_{B3}} \frac{k+1}{k-1} < \delta' < 2a_0 \frac{1}{l_{B3}} \frac{k+1}{k-1},$$

где  $a_0$  - толщина электронного потока, м;

$1/l_{B3}$  - отношение длины магнитного зазора к длине пространства взаимодействия;

$k$  - коэффициент, равный отношению магнитной индукции на оси в плоскости полюса к индукции в той же точке,

(19) **SU** (11) **1542318** **A1**

создаваемой противоположным полюсом.

При таком техническом решении отпадает необходимость в юстировочном устройстве, расположенном в зазоре, так как его функции выполняет магнитная система, точнее составляющие ее элементы. Это позволяет значительно упростить как механизм юстировки, так и конструкцию пакетированного в предложенной магнитной системе СВЧ-прибора в целом, а кроме того, получить увеличение магнитного поля в зазоре без увеличения веса и габаритов системы за счет максимального сокращения длины зазора, которая не превышает длины прибора и определяется только этим конструктивным размером. При этом в предложенном решении обеспечивается эффективная юстировка электронного потока, выполняемая путем эксцентричного плоскопараллельного вращения одного из полюсов системы вокруг продольной оси прибора.

На фиг. 1 схематически изображено предложенное устройство, продольный разрез; на фиг. 2 представлен разрез А-А на фиг. 1; на фиг. 3 показана векторная диаграмма полей и траекторий электронного потока в системе координат магнитного зазора и замедляющей системы (ЗС) СВЧ-прибора.

Полюсы 1 и 2, помещенные в катушку из колец 3, соединенных стойками 4, образуют плоскопараллельный рабочий зазор BCDE. Полюс 1 помещен (закреплен, например, кремний-органическим клеем BT-25-200) в промежуточное кольцо 5 с эксцентриситетом  $\delta$  относительно оси симметрии Z магнитной системы, которое, в свою очередь, помещено в кольцо 3 катушки. Кольцо 5 вместе с полюсом 1 имеет возможность поворачиваться в кольце 3 катушки на  $360^\circ$  вокруг оси Z и фиксироваться в требуемом положении. Полюс 2 расположен в своем кольце 3 катушки симметрично относительно оси Z и неподвижен. С наружной стороны кольца 5 для фиксации длины зазора FO и удобства вращения сделан бортик 6. Вектор 7 магнитной индукции в центре зазора BCDE направлен под острым углом к оси прибора. Длина зазора FO определяется аксиальным размером СВЧ-прибора 8 (показан пунктиром) и равна ему. В приборе 8 схематично

показаны электронный поток 9, эмиттируемый электронной пушкой 10, коллектор 11 электронов.

Предложенное устройство работает следующим образом.

СВЧ-прибор 8, например клинотрон, помещен в рабочий зазор BCDE магнитной системы, так что его ЗС размещена вдоль оси Z (фиг. 3).

Особенностью клинотрона-генератора типа ЛОВ является то, что в нем с целью увеличения эффективности взаимодействия электронный поток направлен под острым углом к поверхности ЗС с этой же целью используются "толстые" по сравнению с замедленной длиной волны потока. Угол наклона определяется в основном толщиной электронного потока, рабочей длиной волны, длиной пространства взаимодействия. За счет наклона траекторий движения электронов по отношению к замедляющей структуре достигается улучшение рабочих характеристик клинотрона, например максимум генерируемой мощности, расширение полосы электронной перестройки и т.д. Угол наклона зависит от величины смещения  $\delta$ , длины зазора l и степени неоднородности магнитного поля.

При смещении полюса 1 параллельно полюсу 2 на величину  $\delta$  точка с максимальной индукцией в плоскости полюса 1 смещается относительно оси Z в том же направлении на величину  $\delta_1 = \delta (B_{11} / B_{11} + B_{21})$ , а в плоскости полюса 2 - на величину  $\delta_2 = \delta (B_{12} / B_{12} + B_{22})$ , где  $B_{11}$  и  $B_{12}$  - индукция магнитного поля, T, создаваемого полюсами 1 и 2 в своих плоскостях;  $B_{12}$  и  $B_{21}$  - индукция, T, создаваемая полюсами 1 и 2 в плоскости противоположного полюса.

Так как для симметричной системы  $B_{11} = B_{12}$ ,  $B_{12} = B_{21}$  и  $\delta = \delta_1 + \delta_2$ , то для угла наклона магнитных силовых линий в приосевой области относительно оси Z справедливо выражение

$$\alpha = \arctg\left(\frac{\delta}{l} \frac{k-1}{k+1}\right), \quad (1)$$

где  $k = B_{11} / B_{21} = B_{22} / B_{12}$ ;

l - длина зазора магнитной системы, м.

Для наглядности процесс юстировки электронного потока 9 клинотрона рассмотрен на примере системы с  $k > 10$ .

При вращении полюса 1 с эксцентриситетом  $\delta$  в плоскости, перпендикулярной оси Z, вектор  $\vec{FO}_1$  поля, с которым совпадает магнитная силовая линия, соединяющая центры полюсов 1 и 2, является образующей конусной поверхности, а его конец последовательно проходит через точки  $O, O_2, \dots$ , описывая окружность радиусом  $\delta$ . Если в исходном положении вектор  $\vec{FO}_1$  лежит в плоскости BCDE, перпендикулярной поверхности ЗС, то при повороте полюса 1 на  $90^\circ$  от этого положения угол наклона проекции вектора  $FO_i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) на плоскость BCDE к поверхности ЗС непрерывно уменьшается от своего максимального значения  $\alpha_1$  до  $0^\circ$ . Следуя за эволюциями магнитного поля, изменяет свое положение в пространстве взаимодействия по отношению к ЗС и электронный поток 9, поскольку электроны при фокусировке продольным магнитным полем движутся по винтовым траекториям вдоль магнитных силовых линий.

Таким образом, при надлежащем выборе величины  $\delta$  (из выражения 1) в одном из промежуточных положений центра полюса 1, например в точке  $O_2$ , реализуется оптимальный угол  $\alpha_1$  наклона магнитных силовых линий в приосевой области зазора, а следовательно, и угол  $\alpha_2$  наклона электронного потока 9 к поверхности ЗС, необходимый для обеспечения максимальной генерируемой мощности клинотрона ("клинотронный эффект"). В других положениях полюса 1 угол наклона больше или меньше оптимального.

Минимальное значение расстояния  $\delta$  между центром подвижного полюса и центром его вращения определяется тем, что в процессе юстировки электронного потока клинотрона должна быть обеспечена возможность достижения оптимального угла наклона ленточного электронного потока к плоскости замедляющей структуры:

$$\alpha_{\text{опт}} = \arctg \frac{a}{l_{B3}}, \text{ г.е. должно быть выполнено условие } \delta > \delta_{\text{мин}}; \delta_{\text{мин}} = a_0 \frac{1}{l_{B3}} \frac{k+1}{k-1}.$$

Значение  $\delta$  не может превосходить значения

$$\delta_{\text{макс}} = 2a_0 \frac{1}{l_{B3}} \frac{k+1}{k-1},$$

так как при значении  $\delta = \delta_{\text{макс}}$  электронный поток полностью осаждается на половине замедляющей структуры и эффективность взаимодействия резко снижается при положении подвижного полюса, близкого к положению, при котором достигается максимальный наклон магнитных силовых линий к плоскости замедляющей структуры.

Рассмотрим конкретный пример выполнения предложенного устройства. Испытывался клинотрон трехмиллиметрового диапазона, у которого толщина электронного потока  $a_0 = 0,2$  мм, длина пространства взаимодействия  $l_{B3} = 15$  мм. Зазор магнитной системы  $l = 28$  мм,  $\frac{k+1}{k-1} = 1,16$ . Был изготов-

лен набор промежуточных колец 5 со значениями эксцентриситета от 0,2 до 1,2 мм с шагом 0,1 мм. Клинотрон работал эффективно с магнитными системами с  $\delta$  в диапазоне 0,3–0,8 мм. Максимум выходной мощности достигался в системах с эксцентриситетом, лежащим в диапазоне 0,5–0,7 мм. В качестве полюсов системы использовались аксиально-симметричные магниты в виде шайб, набранных из аксиально и радиально намагниченных элементов из самарий-кобальта (сплав КС-37А) диаметром 52 мм.

В предложенном устройстве значительно упрощается как механизм юстировки, так и конструкция пакетированного в предложенной магнитной системе СВЧ-прибора в целом. Причем упрощение механизма юстировки происходит одновременно с повышением ее точности за счет меньших люфтов, а также своеобразной "магнитной смазки", которая образуется стягивающими силами магнитного поля, действующими на полюса. Практическая ценность предложенного решения заключается также в увеличении магнитного поля в зазоре без увеличения веса и габаритов системы за счет максимального сокращения длины зазора. Наблюдается повышение КПД за счет клинотронного и ортоклинотронного эффекта при нарушении коллинеарности между электронным потоком и направлением электрического ВЧ-поля в ГДН и в ЛОВ.

Электровакуумный СВЧ-прибор 0-ти-  
па, содержащий электронно-оптическую  
систему для формирования ленточного  
пучка в пространстве взаимодействия,  
магнитную фокусирующую систему с дву-  
мя полюсами из постоянных магнитов,  
рабочие поверхности которых параллель-  
ны друг другу, о т л и ч а ю щ и й-  
с я тем, что, с целью повышения  
КПД за счет обеспечения юстировки  
электронного потока, один из полюсов  
магнитной фокусирующей системы выпол-  
нен с возможностью эксцентричного  
вращения в плоскости, параллельной  
рабочей поверхности неподвижного по-  
люса, в соответствии со следующими  
соотношениями:

где  $d$  - расстояние между центром подвижного полюса и центром его вращения, м;

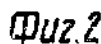
$a_0$  - толщина ленточного электронного потока, м;

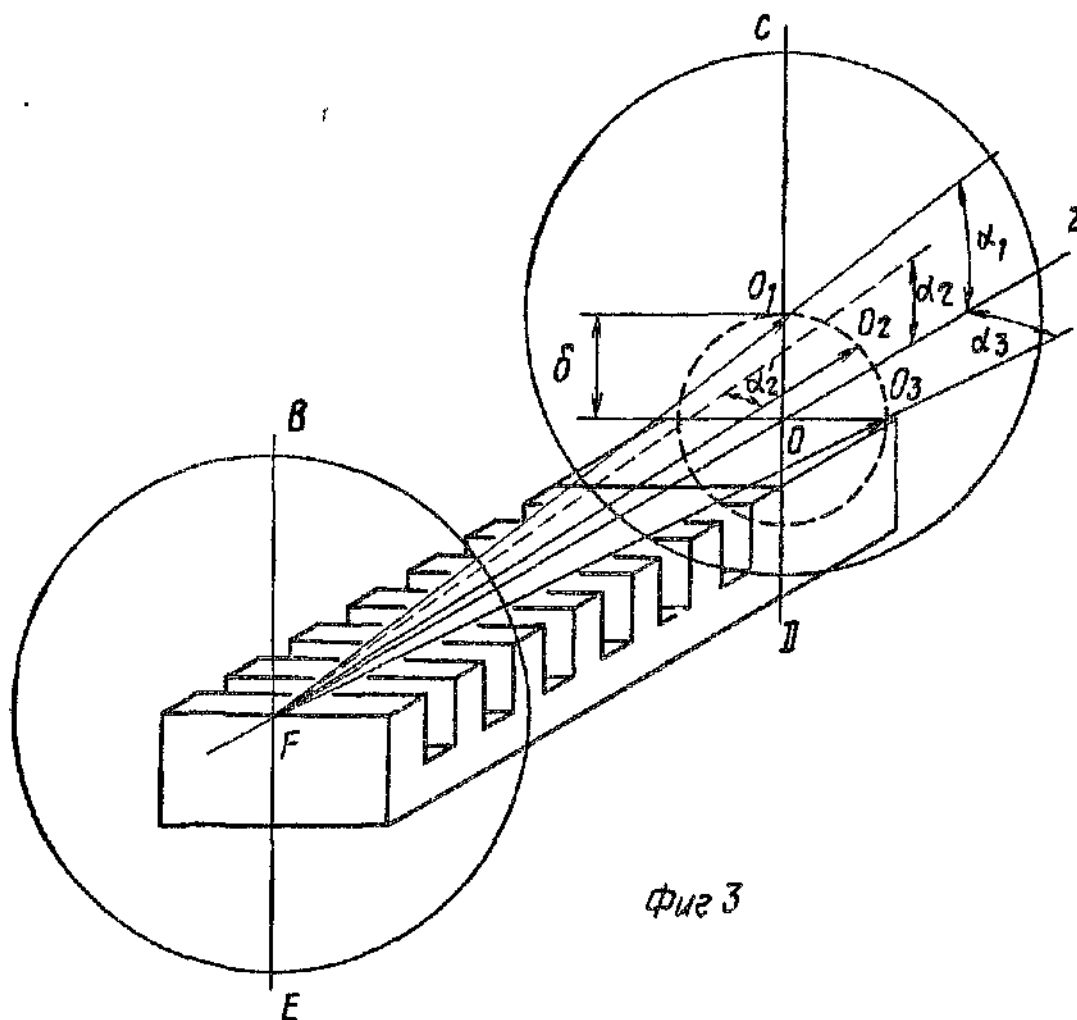
$B_1$  - магнитная индукция в плоскости подвижного полюса на оси прибора, создаваемая этим полюсом, Т;

$B_1$  - магнитная индукция в той же точке, создаваемая неподвижным полюсом, T;

1 - длина магнитного зазора, м;

1.83 - длина пространства взаимодействия, м.





Фиг 3

Редактор Т. Юрчикова

Составитель А. Власов  
Техред М. Дидык

Корректор В. Гирняк

Заказ - 184/ДСП

Тираж 247

Подписное

ВНИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101

