



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 918991

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 02.07.80 (21) 2987561/18-25

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 07.04.82. Бюллетень № 13

Дата опубликования описания 09.04.82

(51) М. Кл.<sup>3</sup>  
H 01 J 35/10

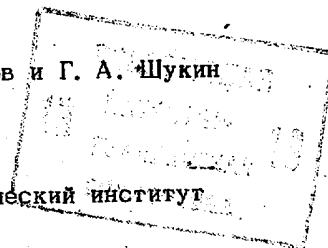
(53) УДК 621.386.  
.22 (088.8)

(72) Авторы  
изобретения

В. Н. Вересов, С. А. Иванов, Г. Н. Платонов и Г. А. Шукин

(71) Заявитель

Ленинградский ордена Ленина электротехнический институт  
им. В. И. Ульянова (Ленина)



## (54) АНОД РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ

1

Изобретение относится к рентгеновской технике, в частности к мишенным устройствам и преимущественно используется в рентгеновских трубках.

К большинству рентгеновских трубок предъявляется требование допускать большие мощности при малом размере источника излучения - фокусного пятна. Увеличение мощности при малом фокусном пятне увеличивает температуру. Существует предел, ограничивающий повышение мощности при данном размере фокусного пятна, определяемый состоянием материала в этой зоне.

В рентгеновских трубках с вращающимся анодом фокусная область из пятна превращается в кольцо. Вращение анода позволяет распределить тепло, выделяемое на мишени по большей поверхности. Фокусная область располагается по возможности дальше от центра вращения для того, чтобы эта зона двигалась с максимальной линейной скоростью. Температурное поле вращающегося анода можно счи-

2

тать в первом приближении осесимметричным.

Известна конструкция рентгеновской трубки с вращающимся анодом, в которой с катода электронный луч эксцентрично направляется на скошенный край вращающегося диска - мишень анода. Вращение анода осуществляется вращающимся магнитным полем, создаваемым статором асинхронного двигателя, помещенного вне трубки. Ротором служит металлический цилиндр, расположенный на оси анода внутри трубки. При вращении анода положение источника излучения - эффективного фокусного пятна - в пространстве неизменно, а мощность электронного пучка выделяется на кольцевой фокусной области на поверхности мишени [1].

Увеличение числа оборотов и радиуса дорожки дает возможность увеличить мощность, сохраняя температуру фокусного пятна неизменной. Однако существует определенный предел увеличения этих па-

раметров, определяемый габаритами трубки и допустимыми линейными скоростями для материала мишени, так как вращение мишени со значительными скоростями вызывает появление инерционных напряжений, которые накладываются на температурные напряжения, обусловленные неравномерным нагревом мишени, создают сложное напряженное состояние. Следствием этого является растрескивание, коробление и расслаивание мишени, особенно ее поверхностного слоя. Это, в свою очередь, приводит к падению интенсивности излучения и ухудшению теплоотвода от фокусной дорожки в массу мишени.

Наиболее близким к предлагаемому является анод рентгеновской трубки, содержащий расположенные на валу накладку и мишень. Эта рентгеновская трубка содержит мишень, выполненную с канавками или состоящую из секторов [2].

К недостаткам мишени можно отнести: конструктивную и технологическую сложность составляющих мишенного узла элементов; худший тепловой контакт, обусловленный наличием прорезей и нарушением сплошности мишени; возможность возникновения значительной статической и динамической неуравновешенности, обусловленной неравномерным распределением масс относительно оси вращения.

Цель изобретения — увеличение интенсивности рентгеновского излучения трубки.

Поставленная цель достигается за счет того, что в аноде рентгеновской трубки, содержащем расположенные на валу накладку и мишень, мишень выполнена в виде нескольких колец, посаженных одно в другое с натягом, и в свою очередь мишень посажена с натягом в обойму, мишень и обойма выполнены из материалов с различными механическими и теплофизическими свойствами так, что коэффициент теплового расширения материала обоймы меньше коэффициента теплового расширения материала мишени, а модуль нормальной упругости и коэффициент Пуассона обоймы не ниже модуля нормальной упругости и коэффициента Пуассона материала мишени.

Такое выполнение мишени позволяет устранить не перемещения, возникающие вследствие нагрева, а снизить напряжения в зоне, где они достигают наибольших значений путем создания в мишени предварительных напряжений противоположных по знаку суммарным, вызванным нерав-

номерным нагревом и вращением. Необходимо отметить, что наибольший эффект достигается в том случае, когда мишень и обойма выполнены из материалов с различными механическими и теплофизическими свойствами. Изготовление мишени из вольфрама, а обоймы из титана позволяет значительно повысить ее теплоемкость, механическую прочность и уменьшить массу. Выполнение мишени из колец, не содержащих прорезей и разрывов, улучшает также балансировку мишени.

На чертеже показан анод.

Анод содержит обойму 1, кольцо 2, накладку 3, ось 4, гайку 5. Кольцо 2 посажено с натягом между обоймой 1 и накладкой 3. Мишень укреплена на оси 4 посредством гайки 5.

Данное мишенное устройство обладает большей теплоемкостью и меньшей массой, чем обычно используемая вольфрамовая мишень, что допускает применение этого устройства при высоких скоростях вращения и больших тепловых нагрузках. В конечном счете это позволяет значительно повысить проводимую к мишени мощность в электронном пучке. Наибольшего эффекта можно добиться при использовании предлагаемой конструкции в малогабаритных трубках в режиме коротких выдержек при больших локальных тепловых нагрузках ( $t = 0,1$  с;  $P = 40$  кВт; Фокус  $1 \times 1$  мм;  $n = 9000$  об/мин).

Оценим напряженное состояние в диске с малым отверстием из вольфрама, вращающемся со скоростью 10000 об/мин и неравномерно нагретом. Для окружного и радиального напряжений применительно к нашему случаю в сопротивлении материалов получают следующие формулы

$$\sigma_r = A + \frac{B}{r^2} - \frac{3+D}{8} \frac{\gamma}{g} \omega^2 r^2 - \frac{T_2 - T_1}{3(n_2 - n_1)} \Delta E \alpha \quad (1)$$

$$\sigma_\varphi = A - \frac{B}{r^2} - \frac{1+3D}{8} \frac{\gamma}{g} \omega^2 r^2 - \frac{2}{3} \frac{T_2 - T_1}{n_2 - n_1} \Delta E \alpha$$

где  $\sigma_r$  и  $\sigma_\varphi$  — радиальное и окружное нормальные напряжения;  
 $A$  и  $B$  — константы, определенные из граничных условий;  
 $D$  — коэффициент Пуассона;  
 $\gamma$  — удельный вес материала мишени;  
 $T_2 - T_1$  — разница температур на поверхностях  $r_2$  и  $r_1$ ;  
 $\Delta$  — коэффициент линейного расширения;

$F$  - модуль нормальной упругости;

$r_2$  и  $r_1$  - наружный и внутренний радиусы мишени.

Напряженное состояние характеризуется 5  
максимальными растягивающими напряжениями на поверхности внутреннего отверстия.

Снизим максимальные напряжения на-  
ложением на мишень равномерного дав-  
ления  $P_k$  по наружному контуру мишени,  
при этом величину этого давления примем  
равной  $\sigma_r^{\max}$ . Тогда необходимая разли-  
ца в диаметрах наружного кольца и диа-  
метра мишени определится из условия 10

$$\delta/2 = \frac{r_2^2}{E_1} \left( \frac{1+K_1^2}{1-K_1^2} - \nu_1 \right) P_k + \frac{r_2^2}{E_2} \left( \frac{1+K_2^2}{1+K_2^2} + \nu_2 \right) P_k$$

где  $K_1 = r_1/r_2$ ;  $K_2 = r_2/r_0$ ;

$\nu_1$  и  $\nu_2$  - коэффициенты Пуассона 20  
материала мишени и ма-  
териала банджа;

$r_0$  - наружный радиус банд-  
жа (примем его равным  
5 см); 25

$E_1$  и  $E_2$  - модули нормальной упру-  
гости материала мишени  
и материала банджа.

Выберем для банджа титановый сплав  
с  $E_2 = 120$  ГПа;

$$\nu_2 = 0,3$$

$$P_k = 600 \text{ МПа}$$

Тогда  $\delta$  будет равно

$$\delta/2 = \frac{3,5 \cdot 10^{-2}}{380 \cdot 10^9} \left( \frac{1+0,013}{1-0,013} - 0,34 \right) 6 \cdot 10^8 +$$

$$\frac{3,5 \cdot 10^{-2}}{120 \cdot 10^9} \left( \frac{1+0,49}{1-0,49} + 0,3 \right) 6 \cdot 10^8$$

т.е. разница между внутренним диаметром  
банджа и наружным диаметром мишени  
должна быть не менее 0,6 мм.

Возможно выполнение мишени не с  
одним банджом кольца, а с несколькими.  
В этом случае появится возможность со-  
здавать большие давления при малых га-  
баритах.

Таким образом, проведенный расчет  
показывает значительное снижение уров-  
ня напряжений, что позволяет повысить  
подводимую к мишени тепловую мощность  
в электронном пучке на 25-30% и уве-  
личить интенсивность рентгеновского из-  
лучения.

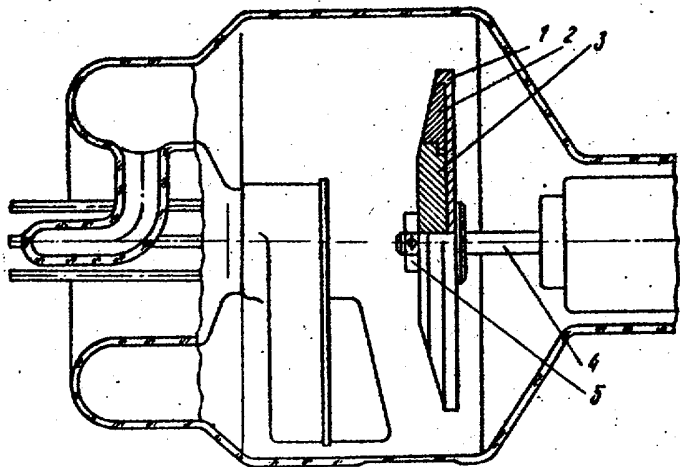
### 15 Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Анод рентгеновской трубки, содержа-  
щий расположенные на валу накладку и  
мишень, отличающийся тем, 30  
что, с целью увеличения интенсивности  
излучения трубки, мишень выполнена в  
виде нескольких колец, посаженных одно  
в другое с натягом, и в свою очередь  
мишень посажена с натягом в обойму, ми-  
шень и обойма выполнены из материалов с  
различными механическими и теплофизичес-  
кими свойствами так, что коэффициент тепло-  
вого расширения материала обоймы мень-  
ше коэффициента теплового расширения  
материала мишени, а модуль нормальной  
упругости и коэффициент Пуассона обой-  
мы не ниже модуля нормальной упругости  
и коэффициента Пуассона материала ми-  
шени.

Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе,

1. Авторское свидетельство СССР  
№ 683035, кл. Н 01 J 35/10, 1976,
2. Патент Великобритании № 1262405,  
кл. Н 1 D, опублик. 1976 (прототип).



ВНИИПИ Заказ 2153/35  
Тираж 758 Подписное  
Филиал ППП "Патент",  
г. Ужгород, ул. Проектная, 4