



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 431 614** (13) **C1**

(51) МПК  
*C03B 23/047* (2006.01)  
*G21K 1/02* (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010102956/03, 28.01.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.01.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.01.2010

(45) Опубликовано: 20.10.2011 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SAKAYANAGI Y., AOKI S. Soft X-Ray imaging with toroidal mirrors, Applied Optics, Vol.17, №4, p.601-603. RU 2001455 C1, 15.10.1993. RU 2080669 C1, 27.05.1997. CN 1778738 A, 31.05.2006. JP 2014842 A, 18.01.1990.

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул. Васильева, 13, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина", Отдел интеллектуальной собственности, Г.В. Бакалову, а/я 245

(72) Автор(ы):

Пхайко Николай Анатольевич (RU),  
Гилёв Олег Николаевич (RU),  
Елисеев Михаил Витальевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное унитарное предприятие "РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР-ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Е.И. ЗАБАБАХИНА" (RU)

## (54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАТОРА МЯГКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение используется в отражательной рентгеновской оптике, а более конкретно, в технологии изготовления рентгенооптических осесимметричных фокусирующих элементов. Для получения концентратора мягкого рентгеновского излучения изготавливают металлический шаблон с криволинейной поверхностью вращения, вводят его в стеклянную трубчатую заготовку, которую герметизируют и нагревают до температуры термопластической деформации стекла, затем извлекают шаблон. После охлаждения

шаблона и стеклянной трубчатой заготовки дополнительно в процессе нагрева осуществляют вертикальное растяжение стеклянной заготовки механическим усилием, приложенным к ее нижнему концу. Нагрев осуществляют плавным перемещением кольцевого нагревательного элемента вдоль рабочей поверхности шаблона по направлению к его сужению. Технический результат изобретения - получение концентратора любой заданной формы с большой разностью поперечных сечений и с малой шероховатостью поверхности. 5 з.п. ф-лы, 2 ил.

RU 2 431 614 C1

RU 2 431 614 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.  
*C03B 23/047* (2006.01)  
*G21K 1/02* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2010102956/03, 28.01.2010**

(24) Effective date for property rights:  
**28.01.2010**

Priority:

(22) Date of filing: **28.01.2010**

(45) Date of publication: **20.10.2011 Bull. 29**

Mail address:

**456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul.  
Vasil'eva, 13, FGUP "RFJaTs-VNIITF im. akadem.  
E.I. Zababakhina", Otdel intellektual'noj  
sobstvennosti, G.V. Bakalovu, a/ja 245**

(72) Inventor(s):

**Pkhajko Nikolaj Anatol'evich (RU),  
Gilev Oleg Nikolaevich (RU),  
Eliseev Mikhail Vital'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe  
predpriyatie "ROSSIJSKIJ FEDERAL'NYJ  
JaDERNYJ TsENTR-VSEROSSIJSKIJ  
NAUCHNO-ISSLEDOVATEL'SKIJ INSTITUT  
TEKhNICHESKOJ FIZIKI IMENI AKADEMIKA  
E.I. ZABABAKHINA" (RU)**

**(54) METHOD OF PRODUCING SOFT X-RAY CONCENTRATOR**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: first, metal template with curved surface of revolution is made to be fitted into glass tubular blank that is sealed and heated to glass thermoplastic deformation temperature, and said template is withdrawn. After cooling template and

glass tubular blank, said glass blank is vertically stretched by mechanical force applied to its bottom end. Heating is performed by moving annular heater along template working surface to its taper section.

EFFECT: preset shape with great difference in cross sections, minor roughness.

6 cl, 2 dwg

Изобретение относится к отражательной рентгеновской оптике, а более конкретно, к технологии изготовления рентгенооптических осесимметричных фокусирующих элементов.

5 Для решения ряда задач необходимо получение на мишени (объекте) достаточно большой плотности потока рентгеновского излучения. В частности, это связано с задачей регистрации процессов, происходящих в лазерной плазме. Обеспечить концентрацию мягкого рентгеновского излучения на исследуемом объекте возможно с помощью осесимметричных зеркал (концентраторов) с внутренней изогнутой  
10 отражающей поверхностью, представляющей собой, например, тороид, эллипсоид либо параболоид вращения. Выбор формы внутренней поверхности, как правило, связан с необходимостью увеличения числа отражений для лучшей концентрации излучения на мишени либо для избавления от ряда аберраций.

Однако изготовление таких концентраторов является сложной задачей.  
15 Обусловлено это необходимостью создания отражающей поверхности с высокой точностью формы и малой шероховатостью, а также трудностью обеспечения большой величины отношения длины концентратора к максимальному диаметру зеркала. Так как для наиболее эффективного сбора излучения источника требуется  
20 изготовить значительно вытянутую поверхность вращения, а отношение диаметров входной и выходной апертур должно быть более чем в 2 раза. При этом отклонение формы отражающей поверхности от заданной не должно превышать 1 мкм. На эффективность отражения большое влияние оказывает и шероховатость отражающей (внутренней) поверхности зеркала, она должна быть менее 50 нм.

25 Известны следующие способы изготовления концентраторов (осесимметричных рентгеновских зеркал) разного применения.

В частности, известен способ вытачивания зеркал алмазным резцом на станке с программным управлением с последующей доводкой рабочей поверхности (книга  
30 «Металлические зеркала», авторы Цеснек Л.С, Сорокин О.В., Золотухин А.А., М.: Машиностроение, 1983 г.).

Способ трудоемкий и применяется, в основном, для использования в телескопах.

Известен способ изготовления рентгеновских концентраторов, согласно которому цилиндрическую трубку из молибденового стекла помещают в вертикальную колонну  
35 вытяжки с четырьмя направляющими стержнями, нагревают до температуры размягчения молибденового стекла и растягивают вдоль оси, при этом скорость перемещения нагревателя и скорость перемещения заготовки изменяют по строго определенному закону (Осташев В. И. Применение эффекта шепчущей галереи в  
40 экспериментах с пучками мягкого рентгеновского излучения. Под ред. Лукина А.В., Снежинок, изд-во РФЯЦ - ВНИИТФ, 2006 г.)

Однако этот способ не позволяет изготавливать образцы с точно заданной формой и имеет очень большой процесс брака.

В качестве прототипа выбран способ изготовления осесимметричного  
45 концентратора мягкого рентгеновского излучения, согласно которому изготавливают металлический шаблон с криволинейной поверхностью вращения, вводят его в стеклянную трубчатую заготовку, которую после герметизации с обеих сторон и откачки воздуха нагревают до температуры термопластической деформации стекла, и  
50 извлекают шаблон после охлаждения шаблона и стеклянной трубчатой заготовки, получая реплику (Sakayanagi Y., Aoki S. Soft X-Ray imaging with toroidal mirrors, Applied Optics, Vol.17, No4, p.601-603). Точность формы и качество поверхности реплики полностью повторяют эти же параметры шаблона.

Недостатком этого способа является невозможность изготовления концентратора (зеркал) с большой разницей входной и выходной апертур. Малое различие апертур, обеспечиваемое данным способом, вызвано тем, что для обеспечения полной повторяемости формой и поверхностью зеркала формы и поверхности шаблона зазор между шаблоном диаметром порядка 10 мм и стеклянной трубкой не должен превышать 1 мм, т.е. разность поперечных сечений по длине концентратора находится в пределах 1 мм. При увеличении зазора происходит образование складок и деформация поверхности реплики. Это приводит к ограничению используемых форм шаблонов, а следовательно, к ограничению форм отражающей поверхности изготавливаемых данным способом зеркал. Кроме того, недостатком является дополнительная обработка (полировка) как оправки, так и отражающей поверхности зеркала.

Задачей настоящего изобретения является разработка способа, позволяющего получать концентраторы мягкого рентгеновского излучения (осесимметричные зеркала) любой заданной формы с большой разностью поперечных сечений и с малой шероховатостью поверхности.

Плавное натягивание разогретой стеклянной трубки на металлический шаблон, осуществляемое в определенном направлении от широкой части заготовки к суженной, приводит к постепенному исчезновению зазора между внутренней поверхностью стеклянной заготовки и наружной поверхностью шаблона по всей его длине. При этом осуществляется плотное прилегание заготовки как к широкой, так и к суженной части шаблона. В каком-то смысле это напоминает процесс постепенного схлапывания заготовки при производстве оптического волокна. Однако в данном случае этот процесс позволяет получить новый технический результат: существенное снижение требования к ограничению зазора между заготовкой и шаблоном по сравнению с прототипом, исключив дополнительную обработку (полировку) отражательной поверхности зеркала.

Поставленная задача решается тем, что в способе изготовления концентратора мягкого рентгеновского излучения, согласно которому изготавливают металлический шаблон с криволинейной поверхностью вращения, вводят его в стеклянную трубчатую заготовку, которую после герметизации с обеих сторон и откачки воздуха нагревают до температуры термопластической деформации стекла, и извлекают шаблон после охлаждения шаблона и стеклянной трубчатой заготовки, согласно изобретению дополнительно в процессе нагрева осуществляют вертикальное растяжение стеклянной заготовки под воздействием заданного механического усилия, приложенного к ее нижнему концу, а нагрев осуществляют плавным перемещением кольцевого нагревательного элемента вдоль рабочей поверхности шаблона по направлению к его сужению.

Кроме того, для удобства шаблон вводят в стеклянную трубчатую заготовку и извлекают из нее с помощью штока, механически объединенного с его торцевой поверхностью.

Кроме того, вытягивающее усилие, прикладываемое к нижнему концу заготовки, может быть осуществлено с помощью экспериментально подобранного груза или с помощью перемещаемой нижней каретки, в которой закрепляют нижний конец заготовки.

Кроме того, нижний конец штока после введения его в трубчатую стеклянную заготовку фиксируют с помощью пробки, герметично перекрывающей нижнее отверстие трубчатой заготовки. При этом обеспечиваются как удержание шаблона в

вертикальном положении при наличии зазора в исходном положении, так и условие для обеспечения герметичности внутреннего объема с нижнего конца заготовки.

Кроме того, откачку воздуха производят через отверстие в герметичной пробке, закрывающей верхнее отверстие стеклянной трубчатой заготовки.

Наличие в заявляемом изобретении признаков, отличающих его от прототипа, позволяет считать его соответствующим условию «новизна».

Новые признаки (дополнительно в процессе нагрева осуществляют вертикальное растяжение стеклянной заготовки под воздействием заданного механического усилия, приложенного к ее нижнему концу, а нагрев осуществляют плавным перемещением кольцевого нагревательного элемента вдоль рабочей поверхности шаблона по направлению к его сужению) не выявлены в технических решениях аналогичного назначения. На этом основании можно сделать вывод о соответствии заявляемого изобретения условию «изобретательский уровень».

На фиг.1 показана схема изготовления концентратора заявляемым способом, на фиг.2 - фотография полученного концентратора.

На схеме изготовления концентратора (фиг.1) показаны: заготовка 1 в форме стеклянной цилиндрической трубки, верхняя часть которой зафиксирована кареткой 2, шаблон 3 со штоком 4, груз 5, нижняя пробка 6, верхняя пробка 7, патрубок 8 вакуумного насоса (не показан), электрическая печь 9 с термомэкреном 10. В качестве материала заготовки было выбрано стекло С52-1, внутренний диаметр цилиндрической трубки составлял 10 мм при наружном диаметре 14 мм. В качестве материала шаблона была выбрана медь.

Способ реализуют следующим образом.

Шаблон 3 с помощью штока 4 вставляют в нижний конец заготовки 1 и фиксируют его с помощью герметичной пробки 6. Верхний конец заготовки 1 также герметично закрывают пробкой 7 с патрубком 8 вакуумного насоса. Внутри герметично закрытого с обоих концов участка заготовки с шаблоном создают разрежение порядка  $10^{-2}$  мм рт.ст. Затем с помощью электрической печи 9 начинают нагревать заготовку со стороны широкого торца шаблона 3 и с со скоростью VI медленно продвигают печь 9 по направлению к суженной части шаблона 3. При разогреве стекла заготовки 1 до пластичного состояния начинается процесс ее растяжения со скоростью V2 под воздействием груза 5, подвешенного к свободно висящему нижнему концу заготовки. В процессе растяжения за счет уменьшения сечения заготовки происходит ее натягивание на шаблон. По завершении процесса выбора зазора между заготовкой и шаблоном нагрев прекращают и охлаждают заготовку вместе с шаблоном при комнатной температуре. Материалы заготовки и шаблона выбирают таким образом, чтобы коэффициент линейного расширения материала шаблона был много большим коэффициента расширения материала заготовки. Благодаря этому при нагреве происходит уменьшение зазора между внутренней поверхностью заготовки и шаблона. При остывании же после достижения температуры затвердевания стекла и дальнейшем охлаждении размеры шаблона сокращаются пропорционально своему коэффициенту линейного расширения, в результате чего между внутренней поверхностью изделия и шаблоном появляется зазор. В результате шаблон легко вынимается с помощью штока, не нарушая качества поверхности изготовленного концентратора. На фиг.2 приведена фотография образца изготовленного концентратора с эллипсоидальной отражающей поверхностью в реальных размерах. Как видно, при длине 83 мм отношение между входной и выходной апертурой составляет примерно 2. Проведенные измерения внутренних

параметров концентратора на двухкоординатном измерительном приборе ДИП-1 показали, что отклонения внутренней поверхности концентратора от профиля поверхности шаблона составляет не более 2 мкм, т.е. лежит в пределах погрешности измерительного прибора. Проведенные сравнительные измерения шероховатости внутренней поверхности стеклянной заготовки, оправки и отражательной поверхности изготовленного концентратора показали, что качество последней выше качества поверхности заготовки и оправки.

Заявляемый способ позволяет изготавливать концентраторы мягкого рентгеновского излучения с различной формой отражающей поверхности. Это может быть эллипсоид, параболоид, тороид и т.д. При этом при использовании одного и того же шаблона обеспечиваются хорошая повторяемость формы и малая шероховатость рабочей поверхности без дополнительной обработки (полировки) отражательной поверхности зеркала.

Для заявленного изобретения в том виде, как оно охарактеризовано в формуле изобретения, подтверждена возможность осуществления способа изготовления концентратора мягкого рентгеновского излучения и способность обеспечения достижения усматриваемого заявителем технического результата. Следовательно, заявленное изобретение соответствует условию «промышленная применимость».

#### Формула изобретения

1. Способ изготовления концентратора мягкого рентгеновского излучения, согласно которому изготавливают металлический шаблон с криволинейной поверхностью вращения, вводят его в стеклянную трубчатую заготовку, которую после герметизации с обеих сторон и откачки воздуха нагревают до температуры термопластической деформации стекла, и извлекают шаблон после охлаждения шаблона и стеклянной трубчатой заготовки, отличающийся тем, что дополнительно в процессе нагрева осуществляют вертикальное растяжение стеклянной заготовки под воздействием заданного механического усилия, приложенного к ее нижнему концу, а нагрев осуществляют плавным перемещением кольцевого нагревательного элемента вдоль рабочей поверхности шаблона по направлению к его сужению.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что шаблон вводят в стеклянную трубчатую заготовку и извлекают из нее с помощью штока, механически объединенного с его торцевой поверхностью.

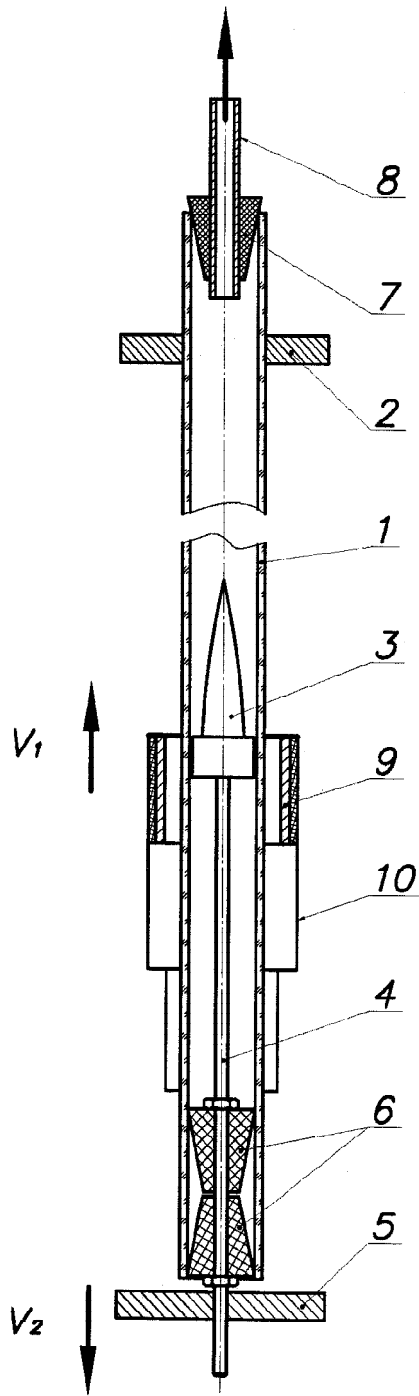
3. Способ по п.2, отличающийся тем, что вытягивающее усилие, прикладываемое к нижнему концу заготовки, осуществляют с помощью экспериментально подобранного груза, подвешенного к нижнему концу заготовки.

4. Способ по п.2, отличающийся тем, что вытягивающее усилие, прикладываемое к нижнему концу заготовки, осуществляют с помощью перемещаемой каретки, зафиксированной на нижнем конце заготовки.

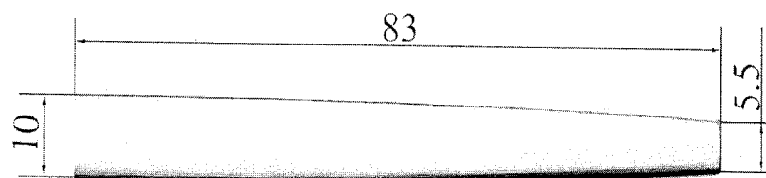
5. Способ по п.2, отличающийся тем, что нижний конец штока после введения его в трубчатую стеклянную заготовку фиксируют с помощью пробки, герметично перекрывающей нижнее отверстие трубчатой заготовки.

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что откачку воздуха производят через отверстие в герметичной пробке, закрывающей верхнее отверстие стеклянной трубчатой заготовки.

К ВАКУУМНОМУ НАСОСУ



Фиг.1



Фиг.2