



(19) RU (11) 2181198 (13) C2  
(51) 7 G 01 N 23/20

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

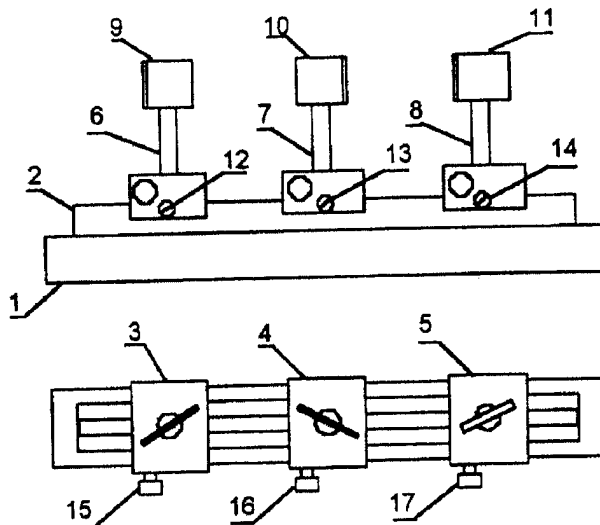
## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ к патенту Российской Федерации

1

(21) 2000101974/28 (22) 28.01.2000  
(24) 28.01.2000  
(46) 10.04.2002 Бюл. № 10  
(72) Турьянский А.Г., Пиршин И.В.  
(71) (73) Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН  
(56) RU 2104481 C1, 10.02.1998. GB 2292658 A, 28.02.1996. EP 0129939 A1, 02.01.1985. US 5568531 A, 22.10.1996.  
Адрес для переписки: 117924, Москва, В-333, Ленинский пр-т, 53, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, патентный отдел  
(54) РЕНТГЕНОВСКИЙ МОНОХРОМАТОР  
(57) Изобретение относится к области рентгенотехники и может быть использовано для анализа спектра полихроматического

2

излучения, для пространственного совмещения рентгеновских пучков. Монохроматор содержит ряд последовательно расположенных дифракционных элементов, например, в виде кристаллов или искусственных многослойных структур и средства поворота указанных элементов относительно собственных осей вращения. На поверхности по меньшей мере одного из дифракционных элементов имеется ряд параллельных прорезей, и предусмотрена возможность ориентации указанного ряда параллельных прорезей перпендикулярно собственной оси вращения дифракционного элемента. Техническим результатом изобретения является повышение спектрального разрешения, расширение диапазона рабочего спектра. 4 з.п.ф-лы, 3 ил.



Фиг.1

RU  
2181198  
C2

RU  
2181198  
C2

Изобретение относится к области рентгеновской техники и может быть использовано в различных устройствах для анализа спектра полихроматического излучения, пространственного совмещения рентгеновских пучков, а также для регулирования ширины спектральной полосы в отраженном излучении и мониторинга интенсивности.

Известны рентгеновские монохроматоры, содержащие дифракционный элемент в виде монокристалла и средства вращения указанного элемента [1, 2]. Для выделения узких энергетических полос спектра шириной  $< 10$  эВ в диапазоне 5-25 кэВ обычно используют монокристаллы Si, Ge и кварца. Для выделения широких полос с эффективной шириной  $> 50$  эВ - пиролитический графит, ориентированный по плоскости (0001). Для получения промежуточной ширины полосы применяют либо мозаичные кристаллы, либо указанные выше монокристаллы с механически нарушенным верхним слоем.

Известен также рентгеновский монохроматор, состоящий из искусственной периодической структуры в виде тонких слоев материалов с различной диэлектрической проницаемостью среды [2]. Указанную структуру получают путем последовательного осаждения слоев на оптически полированную подложку. Основным недостатком монохроматоров [1, 2] заключается в том, что они позволяют непрерывно выделять только один заданный спектральный участок коллимированного рентгеновского пучка. Для перехода на другой спектральный участок необходима прецизионная угловая настройка монохроматора и детектирующего устройства.

Известен также рентгеновский монохроматор [3], содержащий по меньшей мере два дифракционных элемента, являющиеся частями монокристалла с пазом. Излучение направляется под заданным углом в паз и после двух- или трехкратного отражения выходит из него с противоположной стороны. Последовательные дифракционные отражения обеспечивают уменьшение боковых крыльев в монохроматизированном пучке, подавление гармоник высоких порядков отражения и высокую степень монохроматичности. Однако ширина полосы пропускания в отраженном излучении в указанном монохроматоре по существу нерегулируема. Кроме того, высокая степень монохроматичности резко снижает интенсивность выходного пучка, что затрудняет измерения, связанные с регистрацией слабых сигналов.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому устройству является рентгеновский монохроматор, описанный в [4], который выбран в качестве прототипа. Указанный монохроматор содержит ряд последовательно расположенных дифракционных элементов и средства поворота указанных элементов относительно собственных осей вращения.

Дифракционными элементами монохроматора являются тонкие пластины пиролитического графита, через которые последовательно проходит пучок полихроматического рентгеновского излучения. Путем поворота пластин вокруг собственных осей вращения на заданные углы дифракции относительно падающего пучка из него выделяются одновременно и независимо несколько участков полихроматического спектра, например характеристические линии  $K\alpha$  и  $K\beta$ .

Основной недостаток указанного монохроматора - низкое энергетическое разрешение спектра, которое обычно составляет  $> 1\%$ . Это обусловлено тем, что пиролитический графит не обладает совершенной кристаллической структурой. Применение других материалов с атомным номером  $Z > 6$ , например Si или Ge, ограничено сильным ослаблением излучения в материале кристалла-монохроматора. Например, для характеристической линии  $CuK\alpha$  линейный коэффициент ослабления для кристаллического Si и Ge больше, чем для C соответственно в 14 и 36 раз.

При создании настоящего изобретения решались задачи повышения спектрального разрешения монохроматора и расширения диапазона рабочего спектра. Основными техническими результатами изобретения являются увеличение спектрального разрешения до 1-5 эВ, что более чем на порядок превосходит достигаемое с помощью прототипа, и сокращение случайных ошибок измерения интенсивности, обусловленных дрейфом электрических параметров аппаратуры. Дополнительным техническим результатом является сокращение времени измерений при контроле единичных образцов.

В соответствии с изобретением указанные технические результаты достигаются тем, что в рентгеновском монохроматоре, содержащем ряд последовательно расположенных дифракционных элементов и средства поворота указанных элементов относительно собственных осей вращения, на отражающей поверхности по меньшей мере одного из

дифракционных элементов имеется ряд параллельных прорезей, и предусмотрена возможность ориентации указанного ряда прорезей перпендикулярно собственной оси вращения указанного дифракционного элемента.

Указанные технические результаты достигаются также тем, что параллельные прорези выполнены в виде сквозных щелевых отверстий.

Указанные технические результаты достигаются также тем, что параллельные прорези выполнены в виде пазов прямоугольного сечения.

Указанные технические результаты достигаются также тем, что по меньшей мере один дифракционный элемент с рядом параллельных прорезей выполнен из монокристалла, например Ge или Si.

Указанные технические результаты достигаются также тем, что по меньшей мере один монохроматор с рядом параллельных прорезей выполнен в виде многослойной пленочной структуры, например, Ni-C или Mo-Si, напыленной на оптически полированную подложку.

Состав и работа заявляемого устройства поясняются с помощью фиг.1-3.

На фиг.1 в двух проекциях (спереди и сверху) изображена конструкция рентгеновского монохроматора.

На фиг.2 а,б показан ход излучения через рентгеновский монохроматор соответственно при пространственном совмещении и расщеплении спектра рентгеновских пучков.

На фиг.3 показан вариант исполнения полупрозрачного дифракционного элемента монохроматора решетчатого типа.

Рентгеновский монохроматор содержит основание 1, направляющую 2, механизмы поворота 3-5, поворотные валы 6-8, дифракционные элементы 9-11, винтовые фиксаторы положения 12-14, средства угловой настройки 15-17. Для крепления к рентгеновской установке в основании 1 имеются монтажные отверстия. Направляющая 2 имеет профиль поперечного сечения типа "ласточкин хвост" и обеспечивает возможность линейного перемещения механизмов поворота 3-5 совместно с дифракционными элементами 9-11 вдоль заданного направления. Сохранение заданного углового положения валов 6-8 осуществляется с помощью винтовых фиксаторов 12-14. Средства угловой настройки 15-17 содержат червячные механизмы передачи вращения на валы 6-8, на которых закреплены дифракционные элементы 9-11. Для защиты от рассеянного излучения монохроматор может помещаться в защитный

кожух, содержащий отверстия для ввода и вывода рентгеновских пучков.

В схеме пространственного совмещения пучков (см. фиг.2а), в которой может использоваться заявляемый монохроматор, элементы 18, 19 являются рентгеновскими трубками; в схеме расщепления спектра (фиг.2б) элементы 23-25 - сцинтилляционными или газовыми детекторами излучения. Дифракционные элементы, показанные позициями 9-11, являются пластинами монокристаллов с совершенной кристаллической структурой, например Si, Ge, или многослойными пленочными структурами на основе бислоев Ni-C, Mo-Si при работе в мягкой области рентгеновского спектра. Дифракционный элемент 11 является сплошной пластиной, дифракционные элементы 9, 10 выполнены в виде гребенки (см. фиг.3), пазы которой расположены с периодом  $d$ , а ширина элементов гребенки равна  $d/3$ . Щелевые прорези дифракционных элементов 9,10 ориентированы перпендикулярно собственным осям вращения, которые на фиг.2а, б нормальны к плоскости чертежа. Прорези дифракционного элемента 9 сдвинуты параллельно собственной оси вращения относительно прорезей на дифракционном элементе 10 на  $d/3$ .

Работа устройства в режиме пространственного совмещения пучка осуществляется следующим образом (фиг.2а). Каждый из дифракционных элементов 9-11 настраивается на заданные характеристические линии рентгеновских трубок 18, 19 путем поворота на соответствующий брэгговский угол и перемещения вдоль направляющей 2. Поскольку оси вращения дифракционных элементов размещены вдоль одной прямой, а дифракционные элементы 9,10 частично прозрачны, то на выходе монохроматора формируется пучок рентгеновского излучения, содержащего только заданные характеристические линии без фона белого излучения. Отключая одну из трубок 18, 19, или перекрывая идущие от фокусов пучки, можно получить на выходе любую из заданного набора характеристических линий.

При работе устройства в режиме анализа спектра каждый из дифракционных элементов 9-11 также предварительно настраивается на заданные характеристические линии, излучаемые образцом или каким-либо источником излучения (фиг.2б). При этом детекторы излучения 23-25 разворачиваются на удвоенные брэгговские углы для заданных характеристических линий. Регистрация выделенного дифракционными элементами 9-10

излучения осуществляется всеми детектирующими каналами синхронно.

Таким образом, заявляемый монохроматор, содержащий дифракционные элементы из совершенных монокристаллов с прорезями, обеспечивает многократное повышение спектрального разрешения, а при установке дифракционных элементов на основе искусственных многослойных структур - возможность расширения спектрального диапазона в мягкую область спектра.

Источники информации

1. Рентгенотехника. Справочник под ред. В.В. Ключева. М., "Машиностроение", кн. 2, 62-66 (1980).

2. A. Sammer, K. Kratsev, J-M. Andre, R. Barchewitz, R. Rivoira. "Narrow band-pass multilayer monochromator". Rev. Sci. Instr., v. 68, no. 8, 2969-72 (1997).

3. J.H Beaumont, M. Hart. "Multiple Bragg reflection monochromators for synchrotron X radiation". Journal of Physics E: Sci. Instruments, v. 7, 823-29 (1974).

4. А.Г. Турьянский, А.В. Виноградов, И.В. Пиршин. Патент РФ N 2104481, МКИ G 01 В 15/08.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Рентгеновский монохроматор, содержащий ряд последовательно расположенных дифракционных элементов и средства поворота указанных элементов относительно собственных осей вращения, *отличающийся* тем, что на отражающей поверхности по меньшей мере одного из дифракционных элементов имеется ряд параллельных прорезей и предусмотрена возможность ориентации указанного ряда прорезей перпендикулярно собственной оси вращения указанного дифракционного элемента.

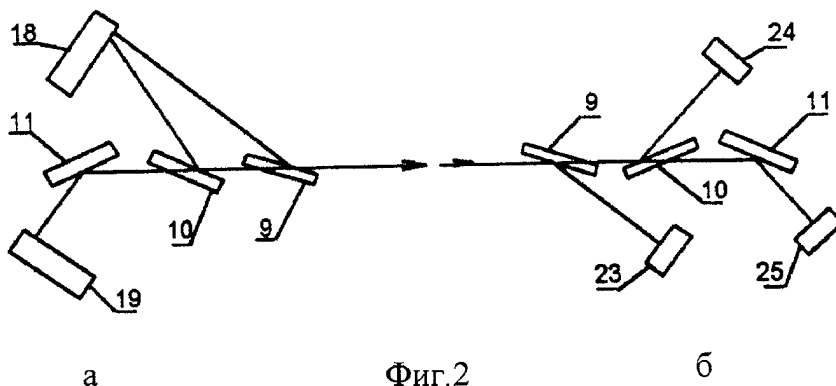
2. Рентгеновский монохроматор по п.1, *отличающийся* тем, что прорези выполнены в виде сквозных щелевых отверстий.

3. Рентгеновский монохроматор по п.1, *отличающийся* тем, что дифракционный

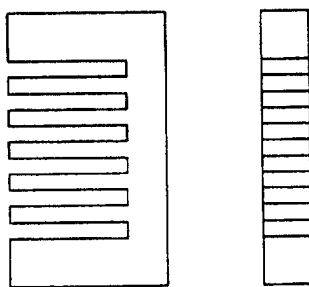
элемент с рядом параллельных прорезей выполнен в форме гребенки.

4. Рентгеновский монохроматор по любому из пп.1-3, *отличающийся* тем, что по меньшей мере один дифракционный элемент с рядом параллельных прорезей выполнен из монокристалла, например Ge или Si.

5. Рентгеновский монохроматор по любому из пп.1-3, *отличающийся* тем, что по меньшей мере один дифракционный элемент с рядом параллельных прорезей выполнен в виде многослойной пленочной структуры, например Ni-C или Mo-Si, напыленной на оптически полированную подложку.



Фиг.2



Фиг.3

---

Заказ *10* Подписное  
ФИПС, Рег. ЛР № 040921  
Научно-исследовательское отделение по  
подготовке официальных изданий  
Федерального института промышленной собственности  
Бережковская наб., д.30, корп.1, Москва, Г-59, ГСП-5, 123995

Отпечатано на полиграфической базе ФИПС  
Отделение по выпуску официальных изданий