

УДК 548.732

ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩИЙ РЕНТГЕНОВСКИЙ ДИФРАКТОМЕТР НА БАЗЕ АКУСТИЧЕСКОГО МОНОХРОМАТОРА

А.Р. МКРТЧЯН^{1,2}, А.Г. МКРТЧЯН¹, В.Р. КОЧАРЯН¹, А.Е. МОВСИСЯН^{1†},
С.Б. ДАБАГОВ³, А.П. ПОТЫЛИЦЫН²

¹Институт прикладных проблем физики НАН Армении, Ереван

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск,
Россия,

³Национальный институт ядерной физики, Национальная лаборатория Фраскати
(INFN- LNF), Фраскати, Италия

[†]e-mail: movartur@gmail.com

(Поступила в редакцию 11 октября 2012 г.)

Разработана и создана новая схема высокоразрешающего рентгеновского дифрактометра на основе акустического монохроматора. Преимущества нового дифрактометра заключаются в высокой степени монохроматичности рентгеновского излучения, большой интенсивности дифрагированных волн, высокой плотности потока энергии, отсутствии фона.

1. Введение

Создание новых, более чувствительных и универсальных методов исследования и применения в различных областях науки и техники, в частности, определение реальной структуры кристаллов и наносистем, томографии биологических объектов, элементов микроэлектроники и т.д., является актуальной проблемой. Для решения этих задач одним из необходимых факторов является создание альтернативных монохроматических, без гармоник интенсивных источников рентгеновского излучения с управляемыми в пространстве и во времени рабочими параметрами.

В научной литературе имеется много работ в этом направлении. В работах [1-7] показано, что эту проблему можно решить с помощью внешних воздействий в виде акустических полей и тепловых градиентов.

Цель настоящей работы – на примере порошкообразного образца Al_2O_3 показать преимущества акустического монохроматора (АМ) [8] по отношению к классическому монохроматору Брэгга.

2. Экспериментальные результаты и обсуждение

На рис.1 приведена схема эксперимента на базе дифрактометра ДРОН-3М с АМ и монохроматором Брэгга.

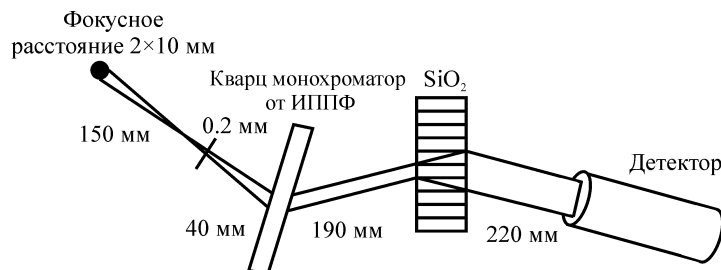


Рис.1. Схема эксперимента.

В экспериментах по геометрии $(n, -n)$, с целью исключения дисперсии, было выбрано семейство отражающих атомных плоскостей $(10\bar{1}1)$ кристалла кварца.

На рис.2 представлены кривые качания в геометрии Лауэ (по схеме $(n, -n)$). С целью сравнения результатов эксперимента кривые качания были сняты при одинаковых условиях эксперимента, только вместо АМ был использован монохроматор Брэгга.

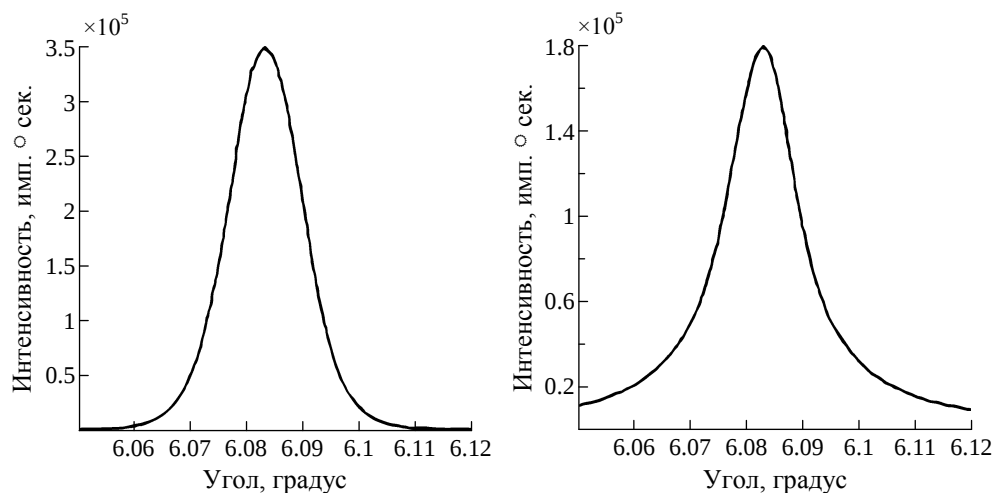


Рис.2. Кривые качания кристалла кварца, полученные от семейства отражающих атомных плоскостей $(10\bar{1}1)$ по схеме $(n, -n)$ в случаях, когда падающий монохроматический пучок получен а) акустическим монохроматором, б) монохроматором Брэгга.

Из сравнения полученных результатов видно, что акустические монохроматоры имеют ряд преимуществ: сформированные рентгеновские пучки более монохроматичны, приблизительно в 2 раза интенсивнее, отсутствует фон и распределение интенсивности однородно и симметрично, что свидетельствует об отсутствии поглощения [9,10].

Аналогичные исследования были также проведены с использованием разработанного нами монохроматора, работающего под воздействием тепловых полей. Результаты подтверждают поведение кривых качаний, полученных акустическим монохроматором. Однако по сравнению с АМ “тепловые” монохроматоры более инертны и уступают АМ по степени монохроматизации. Кроме того, в закрытой или вакуумной среде не обеспечивается теплообмен, который приводит к нагреву монохроматора и, следовательно, к понижению интенсивности дифрагированного излучения.

Акустические монохроматоры обеспечивают:

- степень монохроматичности $\Delta\lambda/\lambda \approx 10^{-3} - 10^{-5}$
- угловая расходимость $\theta \approx 2'' - 3''$
- фокусное расстояние $(-\infty, +\infty)$

и по отношению к брэгговским монохроматорам

- интегральная интенсивность ~ 2 раза больше
- плотность потока энергии ~ 10 раз больше.

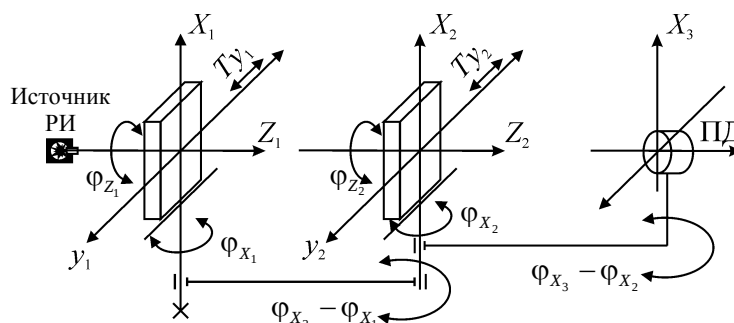


Рис.3. Схема дифрактометра с гониометром и держателем детектора РИ.

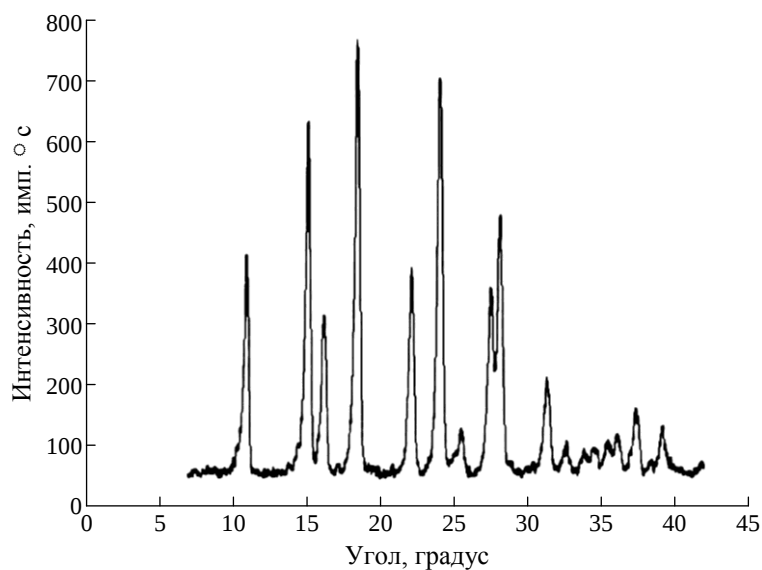


Рис.4. Дифрактограмма образца порошка Al_2O_3 , полученная в автоматизированном дифрактометре.

На рис.3 приведена блок-схема разработанного и созданного в ИППФ НАН РА высокоскоростного, автоматизированного и высокоразрешающего дифрактометра для структурных исследований. Дифрактометр состоит из акустического монохроматора, детектора рентгеновского излучения, работающего на основе полупроводниковых пористых материалов [11,12], гониометра с двумя независимыми головками, рентгеновской трубки ДРОН или УРС дифрактометров.

Пористый детектор (ПД) и АМ имеют большую стабильность во времени и к изменениям температуры окружающей среды, а также к интенсивности падающего рентгеновского излучения. На рис.4 приведена типичная дифрактограмма, полученная для порошкообразного образца Al_2O_3 .

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП РФ проекта №11.519.11.2030 в российско-армянской лаборатории «Рентгеновская оптика».

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Р.Мкртчян, М.А.Навасардян, В.К.Мирзоян. Письма в ЖТФ, **8**, 677 (1982).
2. А.Р.Мкртчян, М.А.Навасардян, Р.Г.Габриелян и др. Письма в ЖТФ, **9**, 1181 (1983).
3. R.G.Gabrielyan, H.A.Aslyan. Phys. Stat. sol. (b), **123**, K97 (1984).
4. А.Р.Мкртчян, М.А.Навасардян, Л.А.Кочарян, В.К.Мирзоян, О.А.Унанян, К.Т. Айрапетян. Изв. АН Арм. ССР, Физика, **21**, 326 (1986).
5. А.Р.Мкртчян, В.К.Мирзоян, С.Н.Норейн. Изв. АН Арм. ССР, Физика, **25**, 47 (1990).
6. А.Р.Мкртчян, М.А.Навасардян, В.К.Мирзоян. Изв. АН Арм. ССР, Физика, **21**, 340 (1986).
7. С.Н.Норейн, В.К.Мирзоян, В.Р.Кочарян. Изв. НАН Армении, Физика, **39**, 124 (2004).
8. А.Р.Мкртчян, А.Г.Мкртчян, В.Р.Кочарян. Рентгеновский монохроматор. Патент АМ20120152, 2012.
9. В.К.Мирзоян, А.Р.Мкртчян, А.Г.Мкртчян, С.Н.Норейн, В.В.Вагнер, Г.Праде, В.Матц, Н.Шелл. Тезисы докладов V Национальной конференции по применению рентгеновского, синхротронного излучения, нейтронов и электронов для исследования наноматериалов и наносистем, Москва, 14–19 ноября, 2005, с.286.
10. В.Р.Кочарян, Р.Ш.Алексанян, К.Г.Труни. Изв. НАН Армении, Физика, **45**, 290, (2010).
11. А.Р.Мкртчян, А.Г.Мкртчян. Рентгеночувствительные пористые пленки. Патент РА. P20030103, 2004.
12. А.Г.Мкртчян, Г.А.Айвазян, В.В.Налбандян, М.М.Мирзоян, А.Н.Саргсян, А.А. Аршакян. Изв. НАН Армении, Физика, **40**, 200 (2005).

HIGH-PRECISION X-RAY DIFFRACTOMETER ON THE BASE OF ACOUSTIC MONOCHROMATOR

A.R. MKRTCHYAN, A.H. MKRTCHYAN, V.R. KOCHARYAN,
A.E. MOVSISYAN, S.B. DABAGOV, A.P. POTYLICYN

A new scheme for X-ray diffractometer based on acoustic monochromator has been created and realized. The preferences of a new arrangement are higher level of monochromatization of

X-rays, higher intensity of diffracted waves, high density of energy flow, and the absence of background.