

ՏՆՅՆՆԵՐ



ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-375(33)-79

Г.М.АВЕТИСЯН, П.А.БЕЗИРГАНЯН, А.Г.ГРИГОРЯН,
С.А.МНАЦАКАНЯН, М.Л.ПЕТРОСЯН

РЕНТГЕНОВСКАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ
НА СИНХРОТРОННОМ ИЗЛУЧЕНИИ

ԵՐԵՎԱՆ 1979 ԵՐԵՎԱՆ

УДК.535.41

ж) ж)
Г.М.АВETИСЯН, П.А.БЕЗИРГАНЯН, А.Г.ГРИГОРЯН,
С.А.МНАЦАКАНЯН, М.Л.ПЕТРОСЯН
РЕНТГЕНОВСКАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ
НА СИНХРОТРОННОМ ИЗЛУЧЕНИИ

Исследованы рентгенинтерференционные явления - маятниковые полосы сферической волны от клиновидного кристалла кремния и муаровые картины от интерферометра типа Л-Л-Л на синхротронном излучении Ереванского кольцевого ускорителя. Показано, что синхротронное излучение можно с успехом использовать для исследования динамического рассеяния рентгеновского излучения в кристаллах. Сделано предположение о природе возникновения маятниковых полос сферической волны. Также показано, что для данного спектрального распределения интерференционные картины муара регистрируются в области длин волн $0,6-1\text{А}^\circ$.

Ереванский физический институт

Ереван 1979

ж) - Ереванский государственный университет

G.M. AVETISYAN,^{*} P.A. BEZIRGANYAN,^{*} A.G. GRIGORYAN,
S.A. MNATSAKANYAN, M.L. PETROSYAN

X-RAY INTERFEROMETRY ON SYNCHROTRON RADIATION

The X-ray interference phenomena, i.e. pendulum bands of a spherical wave from a wedge-shaped silicon crystal and moiré patterns from the interferometer of L-L-L type, are investigated on synchrotron radiation of the Yerevan ring accelerator. It is shown, that the synchrotron radiation can be successfully used to investigate X-ray dynamic scattering in crystals. An assumption has been made on the nature of occurrence of pendulum bands of a spherical wave. It is also shown, that for the given spectral distribution the interference moiré patterns are detected in $0,6 - 1 \text{ \AA}$ wavelength range.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1979

*Yerevan State University

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-375(33)-79

ж) ж)
Г.М.АВЕТИСЯН, П.А.БЕЗИРГАНЯН, А.Г.ГРИГОРЯН,
С.А.МНАЦАКАНЯН, М.Л.ПЕТРОСЯН

РЕНТГЕНОВСКАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ
НА СИНХРОТРОННОМ ИЗЛУЧЕНИИ

ж) Ереванский государственный университет

Ереван 1979

© *Ереванский физический институт, 1979*

Введение

В последние годы внимание исследователей привлекает применение синхротронного излучения в области жестких рентгеновских лучей.

Так, проведены первые интерферометрические исследования К-края поглощения никеля [1], получена интерферометрическая картина от трехволнового интерферометра [2], разработан монотонный монохроматор для подавления вклада высших гармоник отражения в интерферометрическую картину [3], измерена ширина области погасания в зависимости от степени поляризации и длины волны дифрагированного пучка синхротронного излучения в клиновидном кристалле кремния [4] и т.д.

В данной работе исследована возможность осуществления динамических интерференционных явлений - муаровой картины от рентгеновского интерферометра типа Л-Л-Л без предварительной монохроматизации маятникового решения динамической теории от клиновидных кристаллов кремния - на синхротронном излучении Ереванского кольцевого ускорителя электронов.

Экспериментальная часть

1) Рентгеновский интерферометр типа Л-Л-Л.

Исследования проводились на I синхротронном канале Ереванского кольцевого ускорителя электронов, схема которого показана на рис.1.

Для получения муаровых картин от интерферометра типа Л-Л-Л использовался стандартный рентгеновский гониометр ГУР-5, который располагался на расстоянии 26 м от источника синхротронного излучения на специально сконструированном антивибрационном столике.

Синхротронное излучение предварительно коллимировалось щелью шириной 100 мкм. Плоскость дифракции от отражающих плоскостей ($\overline{220}$) интерферометра была горизонтальной. Интерферометр типа Л-Л-Л общей толщиной блоков 1,8 мм., изготовлен из монокристалла кремния. Дифракционная картина регистрировалась на ядерных фотопластинках типа МК, удаленных на расстояние 5-7 см от интерферометра.

На рис.2 приведены интерференционные картины от описанного интерферометра в случае: а)-синхротронного излучения $\lambda=0,7 \text{ \AA}$, отражение ($\overline{220}$) и б)-излучения рентгеновской трубки с молибденовым анодом ($\lambda_{\text{MoK}\alpha}=0,71 \text{ \AA}$).

Можно заметить, что на синхротронном излучении контрастность получается хуже, чем на рентгеновской трубке, что объясняется вкладом высших гармоник отражения в интерференционную картину.

Муаровые полосы на синхротронном излучении удалось получить в интервале длин волн $0,6 \text{ \AA} < \lambda < 1 \text{ \AA}$. Эта область показана на спектральном распределении СИ при энергии электронов $E_e=4,5 \text{ ГэВ}$

(рис.3).

Отсутствие полос в сторону больших длин волн обусловлено большим вкладом гармоник высших порядков отражения, в сторону же меньших - естественным ухудшением контраста интерференции в дифрагированном пучке от малопоглощающего ($\mu t < 1$) интерферометра.

2) Маятниковое решение динамической теории

Схема эксперимента та же, что и в пункте I. Кристаллы кремния с углами клина $3,5^\circ$ и 20° устанавливались в дифракционной камере, описанной в [6]. Предварительная коллимация составляла 15 мкм. Плоскость дифракции от отражающих плоскостей ($\bar{2}20$) располагалась вертикально во избежание поляризационных потерь интенсивности и для достаточной монохроматизации дифрагированного пучка. Фотопластинки устанавливались перпендикулярно отраженному от ($\bar{2}20$) плоскости пучку. На рис.4 представлен рефлекс ($\bar{2}20$) с полосами маятникового решения. Как видно, здесь отсутствуют биения, характерные для неполяризованного пучка рентгеновской трубки [4].

На увеличенном в 100 раз участке клина (рис.4б) хорошо просматривается черно-белая дислокация, что указывает на высокую разрешающую способность установки.

Детальное изучение формы полос показывает, что они являются маятниковым решением динамического рассеяния рентгеновских лучей в приближении сферической волны [7]. Как известно это решение имеет место, когда когерентный фронт падающей на кристалл волны больше угловой области отражения кристалла (ширина кривой качания).

Ширина кривой качания для отражения ($\bar{2}20$) при $\lambda = 0,8 \text{ \AA}$

составляет $\Delta\Omega = 4,5''$.

В нашей геометрии угловая ширина когерентного фронта волны, ограниченная щелью в 15 мкм, составляет:

$$\Delta\theta_1 = \frac{15 \text{ мкм}}{26 \text{ м}} = 0,58 \cdot 10^{-6} \text{ рад} = 0,12'' ,$$

Дифракционное уширение от щели равно:

$$\Delta\theta_2 = \frac{0,6 \cdot \lambda}{a} = 0,32 \cdot 10^{-5} \text{ рад} = 0,64'' ,$$

где a — ширина щели.

Суммарная расходимость когерентного фронта будет:

$$\Delta\theta = \Delta\theta_1 + \Delta\theta_2 = 0,76'' ,$$

что намного меньше угловой ширины кривой качания $\Delta\Omega$

Следовательно, полученные маятниковые полосы сферической волны объяснить только геометрией эксперимента невозможно. Видимо требуемый когерентный фронт формируется благодаря бетатронным колебаниям электронного пучка в кольце ускорителя. Вопрос формирования когерентного фронта волны, испущенной движущимся источником, требует дополнительного изучения.

На рефлексе ($\bar{3}51$) от того же клина, показанном на рис.5, довольно четко видна тонкая структура маятникового решения. Чтобы на рентгеновской трубке добиться подобного разрешения, требуется специальная геометрия эксперимента и большее время экспозиции.

Рефлексы ($\bar{2}20$) , ($\bar{2}24$) от клина с углом 20° даны на рис.6 а) и б) соответственно. На рефлекс ($\bar{2}20$) можно обеспечить

счет более 30 полос, что говорит о высокой степени поляризации СИ.

На рис.6б видны погасания полос, обусловленные углом в 45° между электрическим вектором колебания СИ и плоскостью дифракции [4,8] .

Расчеты по формулам и [8] показывают, что погасания должны наблюдаться через две полосы, что и видно на рис.6б.

Описанные выше эксперименты выявляют не только известные преимущества синхротронного излучения (большая интенсивность, непрерывность спектра, высокая степень поляризации), но и показывают большую конкурентоспособность с рентгеновскими трубками при исследовании тонких интерференционных эффектов динамического рассеяния рентгеновских лучей в кристаллах.

Авторы благодарят Амадуни А.Ц. за проявленное внимание к этой работе.

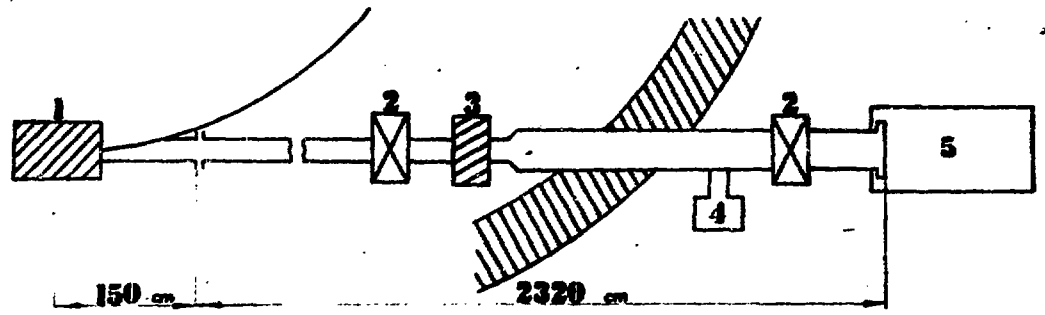


Рис. I

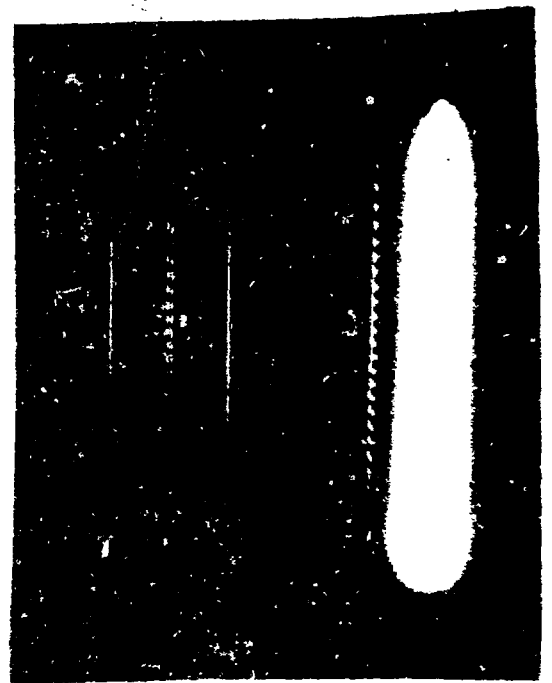


Рис. 2

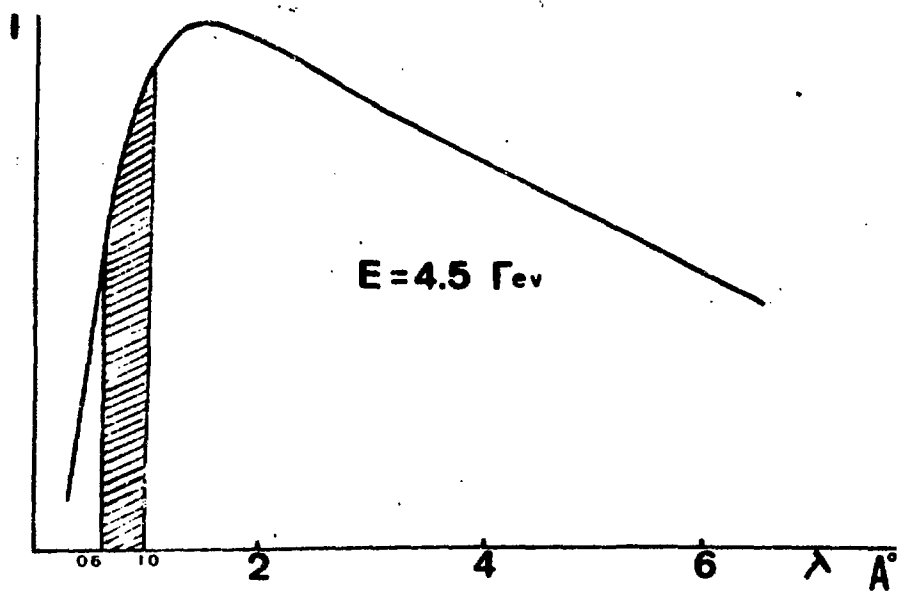


Рис.3

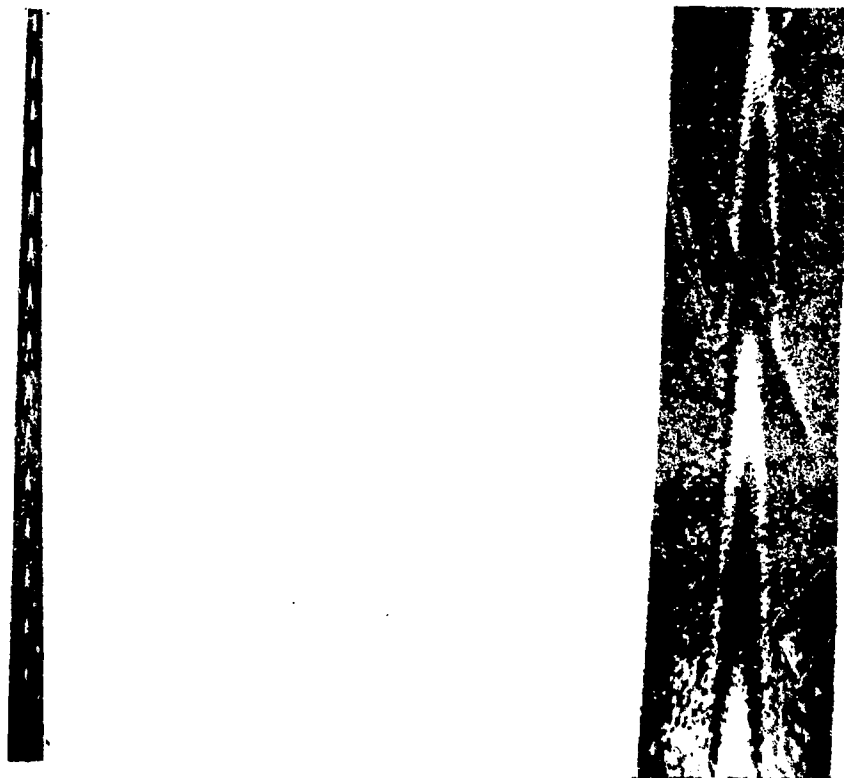


Рис.4



Рис.5



Рис-6

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 - Схема I синхротронного канала ускорителя.

1 - отклоняющий магнит, 2 - вакуумные шиберы,
3 - радиационный затвор, 4 - система откачки,
5 - антивибрационный столик.

Рис.2 - Интерференционные картины от интерферометра типа Л-Л-Л,

а) - на синхротронном излучении $\lambda = 0,7\text{Å}$;
экспозиция 20 мин.Ма,

б) - на рентгеновской трубке типа БСВ-II с анодом M_0
 $\lambda_{M_0, K_\alpha} = 0,71\text{Å}$, экспозиция 90 мин. при максимальной
нагрузке трубки.

Рис.3 - Спектральная интенсивность СИ : Заштрихована область
полученных муаровых картин.

Рис.4 - Рефлекс ($\overline{220}$) от клиновидного кристалла кремния с уг-
лом $3,5^\circ$.

а-увеличение 10x, $\lambda = 0,82\text{Å}$

б-участок с дислокацией, увеличение 100x

Рис.5 - Рефлекс ($\overline{351}$), $\lambda = 0,44\text{Å}$, увеличение 33x

Рис.6 - Рефлексы ($\overline{220}$) и ($\overline{224}$) от клиновидного кристалла
кремния с углом 20° .

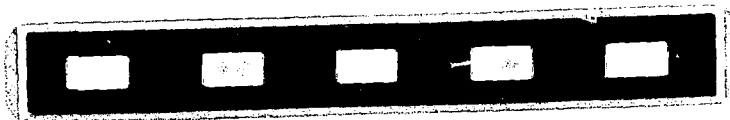
а) -рефлекс ($\overline{220}$) $\lambda = 0,5\text{Å}$, увеличение 20x

б) -рефлекс ($\overline{224}$) $\lambda = 0,8\text{Å}$, увеличение 33x

ЛИТЕРАТУРА

1. U. Bonse, G. Materlik, DESY, SR-76/09, 1976
2. W. Greaff, U. Bonse, Z. Physik B. 27, 19-32, 1977
3. U. Bonse, G. Materlik, W. Schroder J. Ap. Grys. 9, 223, 1976
4. И. П. Карабеков, Д. Л. Егикян и др. ЕФИ-258(51)-77
5. D. C. Creagh, M. Hart, Phys. State Sol. 37, 735, 1970.
6. N. Kato, A. R. Lang Acta Cryst, 12, 787, 1959
7. M. Hart, DL/SRF/P3, 1975.
8. P. Skalicky, C. Malgrande, Act. Cryst. A 28, 501, 1972.

Рукопись поступила 29-го июня 1979 г.



Редактор Л.П.Мукаян
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 278

ВФ- 0596I

Тираж 299

Препринт ВФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 15/Х-79г. 1,0 уч.изд.л, Ц. 7 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван-36, пер.Маркаряна 2