

УДК 537.531

А. М. РОСТОМЯН

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ СИММЕТРИЧНЫХ ВВВ-ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ

Исследованы разные варианты рентгеновских симметричных интерферометров с брэгговской геометрией дифракции лучей. Эти интерферометры с отражающими зеркалами и расщепителем-анализатором пучка изготовлены из монокристаллического блока кремния. Теоретически рассчитаны и экспериментально реализованы варианты симметричных ВВВ-интерферометров с оптимальной толщиной расщепителя-анализатора.

Работа посвящена сравнительно малоизученному варианту рентгеновского интерферометра типа Бонзе–Харта [1–3] с брэгговской геометрией дифракции лучей. Эти монолитные интерферометры построены из монокристаллического блока кремния, обладающего весьма совершенной структурой, с отражающими зеркалами и пластинкой, служащей одновременно расщепителем-анализатором. Отражающие поверхности таких ВВВ-интерферометров могут быть разрезаны под разными углами φ по отношению к отражающим плоскостям таким образом, чтобы получить симметричный или асимметричный вариант ВВВ-интерферометров.

Общий вид одного из таких симметричных ВВВ-интерферометров с рентгенооптическим ходом лучей в нем представлен на рис. 1. Так как интенсивности интерферирующих Н-пучков являются неравными, только О-пучки могут предложить приемлемый контраст для интерференционной картины.

Целью данной работы является нахождение оптимальной толщины t для расщепителя-анализатора, которая должна быть достаточно мала для брэгговской трансмиссии и в то же время достаточно стабильна к внешним воздействиям.

Все эти варианты ВВВ-интерферометров были сконструированы и опробованы на выходной линии синхротронного рентгеновского излучения E2 (RÖEMO1) ускорителя DORIS III в DESY/HASYLAB (Германия) [4]. Во время экспериментов расщепитель-анализатор ВВВ-интерферометра лежал горизонтально (ВВВ-интерферометр на рис. 1, а повернут на 90°), так

как синхротронное излучение дает максимальную когерентность в вертикальном направлении.

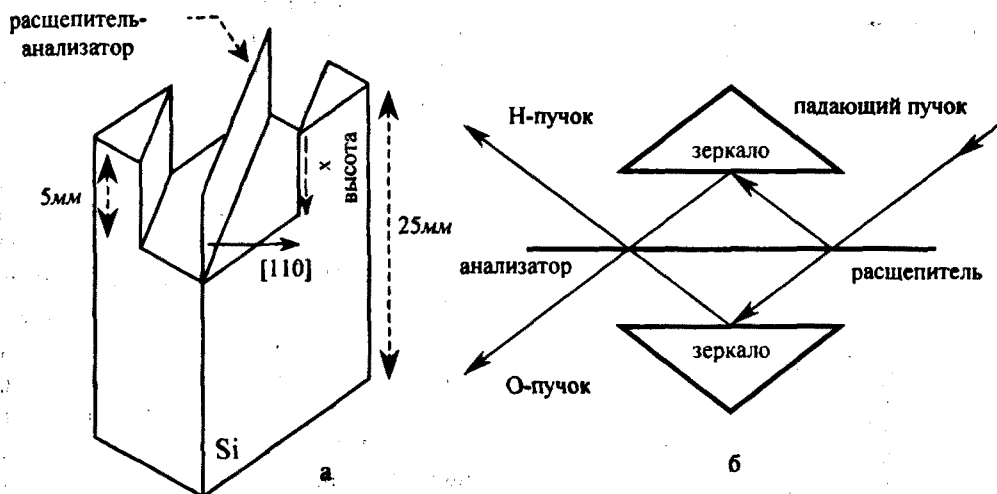


Рис. 1. Общий вид симметричного ВВВ-интерферометра (а) с ходом лучей (б) (вариант № 1 или № 2 в таблице).

В таблице приведены исследуемые варианты ВВВ-интерферометров и их соответствующие параметры при $\varphi = 0^{\circ}$.

№	Толщина расщепителя-анализатора t , мкм	Длина волны λ , Å	Энергия E , кэВ	Отражение
1	100	0,979	12,66	(220)
2	300	1,1625 0,775	10,66 16,0	(440) (660)
3	500	1,1625 0,775	10,66 16,0	(440) (660)

В этих исследованиях были получены интерференционные картины с встроенными интерференционными полосами, природа возникновения которых объясняется влиянием гравитации на горизонтально расположенный кремниевый расщепитель-анализатор, который изгибается вниз под воздействием гравитации, создавая сдвиг фаз между двумя интерферирующими пучками. Достоверность этого предположения подтверждается увеличением изгиба расщепителя-анализатора путем приложения равномерно распределенной дополнительной силы с помощью тонкой свинцовой накладке вдоль всего края расщепителя-анализатора, что тем самым уменьшает расстояние между интерференционными полосами (рис. 2). Это предположение подтвердилось также после поворота всего интерферометра на 90° . Теперь, когда расщепитель-анализатор находится в вертикальном положении, встроенные интерференционные линии отсутствуют.

Задачей проведенных экспериментов было определение природы возникновения таких полос в интерференционных картинах и их искусственной модуляции с помощью плексигласовых клиньев (3° , 4° или 5°), располо-

женных в одном из каналов ВВВ-интерферометра, для обеспечения сдвига фаз между двумя интерферирующими пучками.

Произведенные эксперименты показали, что из исследованных вариантов только интерферометр с наименьшей толщиной t расщепителя-анализатора (№ 1 в таблице) не дает встроенных линий, но, с другой стороны, этот вариант не реагирует и на сдвиг фаз, вводимый с помощью клиньев. Очевидно, это может быть объяснено влиянием внешних механических воздействий на стабильность горизонтально расположенного расщепителя-анализатора. Таким образом, опыт показывает, что в экспериментальных залах с разными родами шумов толщина $t=100\text{мкм}$ является пороговой для расщепителя-анализатора. Другие варианты (№2 и №3 в таблице) дают высококонтрастные встроенные интерференционные полосы (см. рис.3, а, б, в).

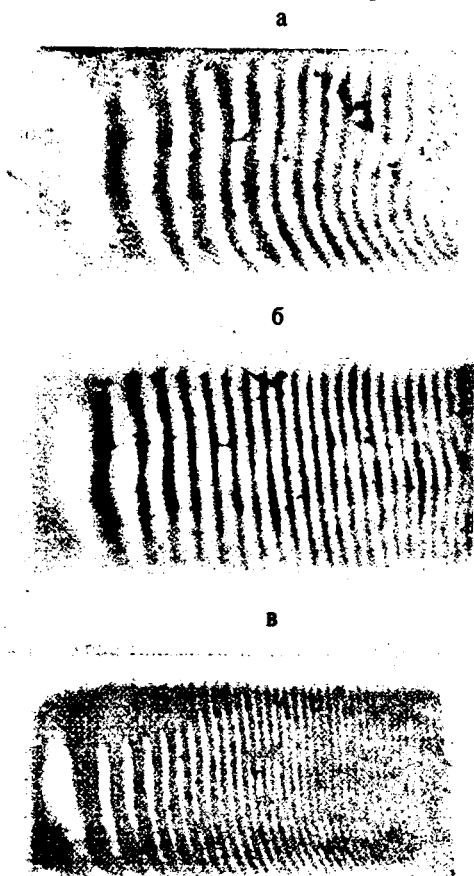


Рис. 2. Изменение интерференционной картины при изгибе расщепителя-анализатора под воздействием гравитации или приложенной силы: а) без дополнительного веса (собственный вес расщепителя-анализатора — 65мг); б) с дополнительным весом 5,2мг; в) с дополнительным весом 31,1мг.

С использованием формализма, воспроизводящего наблюдаемую $\Delta s \sim \lambda$ зависимость [2], было промоделировано расстояние Δs между интерференционными полосами во встроенных картинах при предположении, что изгиб горизонтально расположенного расщепителя-анализатора происходит под воздействием гравитационного поля Земли. Для исследования этого явления была рассчитана зависимость интенсивности интерференционных пучков от параметра x . На рис. 3а', б' приведены расчетные зависимости $I(x)$, сравнение которых с микроденситометрическими сканированными рентгеновскими снимками подтверждает согласие между теорией и экспериментом. Здесь же виден достаточно хороший контраст по всей области ($\approx 4 \times 3\text{мм}^2$) интерференционной картины.

Таким образом, с помощью произведенных опытов было показано, что высококачественные ВВВ-интерферометры могут дать хороший контраст (до 70%) и стабильность с расщепителем-анализатором толщиной в 300мкм. Эти экспериментальные исследования ВВВ-интерферометров с использованием синхротронного рентгеновского излучения могут служить основой для их дальнейшего применения в области рентгеновской оптики, в частно-

сти в опытах с интерферометром Майкельсона для разных высокоточных измерений [5].

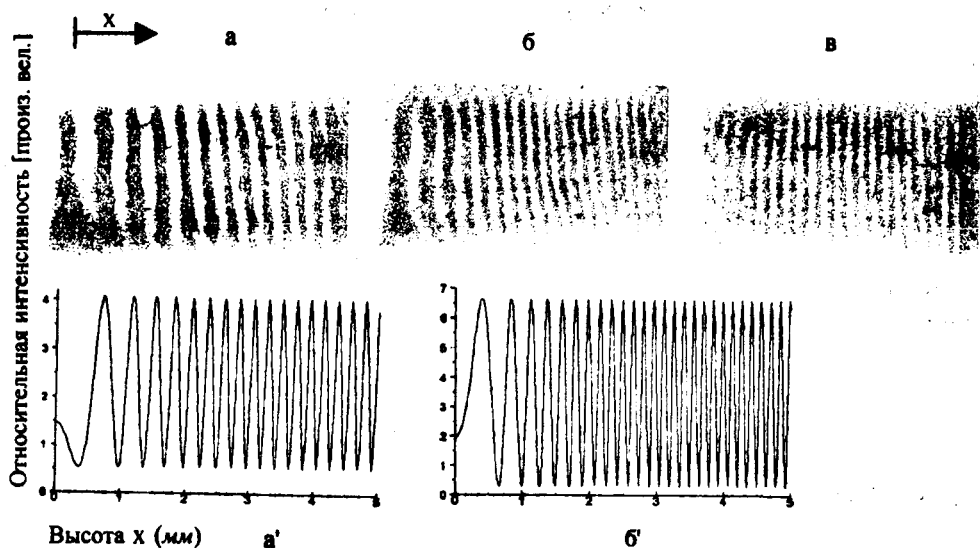


Рис. 3. Интерференционные картины О-пучка, полученные с помощью интерферометра № 2; $\varphi=0^\circ$, $t=300\text{мкм}$ (см. таблицу): а) встроенные линии для $\lambda=1,1625\text{Å}$ (без клина); б) встроенные линии для $\lambda=0,775\text{Å}$ (без клина); в) встроенные линии для $\lambda=1,1625\text{Å}$ (с 5° клином в одном из каналов); а'), б') моделированные интегрированные интенсивности $I(x)$, соответствующие встроенным интерференционным полосам а) и б).

Размер исследуемого поля отражений $\approx 4 \times 3\text{мм}^2$. На рисунках основа канала интерферометра находится с левой стороны.

Выражаю огромную благодарность проф. Г. Матерлику за предоставление возможности проведения опытов и руководство, В. Граеффу за ценные советы, Г.-И.ф.Аппен за изготовление образцов и особенно Е. Вьюргесу за повседневную помощь.

Кафедра физики твердого тела

Поступила 25.05.2004

ЛИТЕРАТУРА

1. Bonse U., Hart M. – Zeitschrift f. Physik, 1966, v. 194, p. 1–17.
2. Bonse U., Graeff W. X-ray and Neutron Interferometry. Topics of Applied Physics (edited by H.-J. Queisser), Berlin, Springer-Verlag, 1977, v. 22, p. 92–143.
3. Bonse U. – Physica B, 1988, v. 151, p. 7–21.
4. Wuerges J., Rostomyan A.M., Adams B., Graeff W. and Materlik G. Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY. Hamburger Synchrotronstrahlungslabor HASYLAB, Annual Report, 1997, Part-I, p. 997–998.
5. Appel A., Bonse U. – Phys. Rev. Lett., 1991, v. 67, № 3, p. 1673–1676.

ՌԵՆՏԳԵՆՅԱՆ ՍԻՄԵՏՐԻԿ BBB-ԻՆՏԵՐՖԵՐՈՍԵՏՐԵՐԻ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Ամփոփում

Դիտարկված են փնջի անդրադարձման բրեգյան երկրաչափությամբ ռենտգենյան սիմետրիկ ինտերֆերոմետրերի տարբերակներ: Փնջի տրոհիչ, անդրադարձնող հայելիներ և անալիզատոր ունեցող այս ինտերֆերոմետրերը պատրաստված են Si մոնոբյուրեղից: Տեսականորեն հաշվարկվել և փորձնականորեն իրականացվել են օպտիմալ հաստություն ունեցող տրոհիչ-անալիզատորով սիմետրիկ BBB-ինտերֆերոմետրերի տարբերակներ:

A. M. ROSTOMYAN

INVESTIGATION OF X-RAY SYMMETRIC BBB-INTERFEROMETERS

Summary

Different versions of X-ray symmetric interferometers with Bragg reflections are investigated. These interferometers with beam splitter, reflecting mirrors and analyzer are constructed from monolithic Si-crystal. Versions of symmetric BBB-interferometers with optimal lamella thickness are calculated and experimentally tested.