

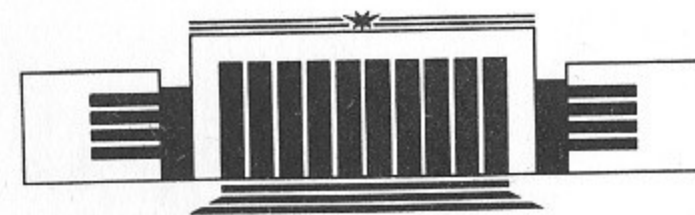


ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

В.В. Анашин, Н.Г. Гаврилов,
Э.П. Кругляков, Н.И. Чхало

ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАПЫЛЕНИЯ
МНОГОСЛОЙНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ЗЕРКАЛ

ПРЕПРИНТ 91-59



НОВОСИБИРСК

Лазерная технология напыления многослойных рентгеновских зеркал

Часть 1. Сверхвысоковакуумная установка для напыления рентгеновских зеркал

В.В. Анашин, Н.Г. Гаврилов,
Э.П. Кругляков, Н.И. Чхало

АННОТАЦИЯ

В работе описана автоматизированная установка предназначенная для напыления многослойных рентгеновских зеркал в вакууме $10^{-8} \div 10^{-10}$ торр. Для распыления материалов использовался твердотельный лазер ЛТИ-205 с модуляцией добротности. Приводятся типичные угловые зависимости коэффициентов отражения для Ti-Be и Ni-C структур.

@ Институт ядерной физики СО АН СССР

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в качестве отражающих и селективных элементов различных рентгенооптических схем часто используются многослойные рентгеновские зеркала (МРЗ) [1—3]. Наиболее распространенными способами приготовления МРЗ являются ионное распыление в различных его модификациях [4, 5] и электронно-лучевое испарение [6].

В работах [7, 8] сообщается об успешном использовании метода импульсного лазерного напыления (ИЛН) для создания МРЗ. Основные достоинства метода ИЛН:

- 1 — химическая чистота напыляемых слоев;
- 2 — относительная простота получения пленок металлов стехиометрическим составом;
- 3 — возможность получения сплошных пленок моноатомных размеров [9];
- 4 — возможность контроля толщины покрытия по числу импульсов лазерного излучения [8].

В данной работе описывается установка для напыления многослойных рентгеновских зеркал методом ИЛН в условиях сверхвысокого вакуума $P = 10^{-8} \div 10^{-10}$ торр. Производительность установки составляет два-три зеркала в день. Процесс напыления полностью автоматизирован и управляется от микро-ЭВМ Электроника-90.

УСТАНОВКА ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ЗЕРКАЛ

Установка, схема которой представлена на рис. 1, построена по шлюзовому принципу, позволяющему получать в камере напыления (1) сверхвысокий вакуум $10^{-8} \div 10^{-10}$ торр без регулярного прогрева.

Работа установки происходит следующим образом. Лазерное излучение через оптический ввод (6) фокусируется на мишени, испаряя ее. Продукты испарения осаждаются на подложке (4). Сканирование мишени по лазерному лучу осуществляется с помощью манипулятора (5), способного перемещаться по двум координатам с точностью позиционирования не хуже 0.1 мм. Подложка в процессе напыления может как охлаждаться до азотной температуры, так и прогреваться до 350° С. Расстояние между мишенью и подложкой изменяется от 60 до 180 мм.

Для визуального наблюдения за сменой подложек и мишеней служит окно (8), которое в процессе напыления закрыто раздвижным экраном. Оптический ввод лазерного излучения защищен от запыления вращающимся экраном (7). Откачка камеры напыления осуществляется комбинацией на базе магниторазрядных насосов и титановых испарителей (12, 11).

Подготовка и смена мишеней и подложек осуществляется следующим образом. Перед установкой подложек (мишеней) в камеру напыления их предварительно обезгаживают в шлюзовых камерах (2, 3), соединяющихся с камерой напыления через шиберы ДУ-80 (13). Шиберы имеют со стороны камеры напыления металлические уплотнения, а со стороны шлюзовой камеры—витоновые, что существенно увеличивает ресурс работы шиберов, без заметного ухудшения предельного вакуума.

Шлюзы откачиваются до давления $P = 10^{-6} \div 10^{-7}$ торр. После чего подложки (мишени) с помощью механической руки (14) транспортируются в камеру напыления.

Подложка в камере напыления крепится пружинным зажимом, который отжимается в верхнем положении механизма крепления подложки. Мишени крепятся пружинными направляющими в среднем положении манипулятора.

Большинство материалов и узлов не теряет своих вакуумных и механических свойств до температуры 350° С. Узлы, не допускающие длительного прогрева, изготовлены легко снимаемыми.

ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА ЛАЗЕРНОГО ИСПАРИТЕЛЯ

На рис. 2 представлена схема лазерного испарителя. Излучение лазера (1) проходит через стеклянную пластинку (2) и управляемую компьютером заслонку (3), фокусируется линзой (4) на мишень (5). Расстояние между мишенью, линзой и лазером выбирается таким образом, чтобы мишень располагалась в плоскости изображения линзой торца лазера. Такая схема, предложенная в работе [10], обеспечивает стабильность размера лазерного пятна на мишени.

Отраженное от стеклянных пластинок (2) и (6) излучение попадает на калориметр (7) и вакуумный фотодиод (8), которые служат для контроля и выбора режима работы лазера.

Для распыления используется твердотельный АИГ-Nd⁺³ лазер ЛТИ-205 с модуляцией добротности. Частота работы лазера $f = 14 \div 56$ Гц, энергия лазерного излучения в импульсе $E = 0.3$ Дж, длительность импульса $T = 12 \div 22$ нс.

Стабильность порции вещества, напыляемой за импульс, обеспечивается стабильностью энергии импульсов лазерного излучения [8].

На рисунках 3 и 4 приведены типичные угловые зависимости коэффициентов отражения для наиболее отработанных пар материалов Ni-C и Ti-Be. В первом случае длина волны зондирующего излучения $\lambda = 44,7 \text{ \AA}$ (линия $C_{k\alpha}$), во втором— $\lambda = 114 \text{ \AA}$ (линия $Be_{k\alpha}$).

В заключение авторы выражают глубокую признательность Ахсахану А.Д. и Салащенко Н.Н. за ряд ценных замечаний и техническую помощь, особенно на начальном этапе работы, а также Валька И.Е. и Токареву Ю.Ф. за усовершенствование системы электропитания лазера, что привело к повышению надежности работы лазера и большей стабильности энергии излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. AIP Proc. Conf. "Low Energy X-Ray Diagnostics", N 75, /Ed. D.T. Attwood, B.L. Henke. New York, 1981.
2. Рентгеновская оптика и микроскопия. /Под ред. Г. Шмаля, Д. Рудольфа. М.: Мир, 1987.
3. Physics, Fabrication, and Application of Multilayered Structures/NATO ASI Series, v.182./Ed. P.Dhes and C. Weisbuch. New York, 1988.
4. T.W. Barbee. Jr., Proc. SPIE, v.536 (1985) p.3.
5. T.W. Barbee. AIP Proc. conf. "Low Energy X-Ray Diagnostics", N 75, /Ed. D.T. Attwood, B.L. Henke. New York, 1981, p.131.
6. E. Spiller. Appl. Opt. v.15 (1976) p.2333.
E. Spiller. SPIE Conf. Proc. 536 (1985), p.3.
7. S.V. Gaponov, F.V. Garin, S.L. Gusevet al. Nucl. Instrum. and Meth. v.208 (1983) p.227.
8. А.Д. Ахсаханян, С.В. Гапонов, С.А. Гусев и др. Искусственные многослойные отражающие и селективные элементы для мягкого рентгеновского излучения. 2. Изготовление многослойных зеркал для мягкого рентгеновского излучения методом импульсного лазерного напыления.—ЖТФ, 4, с.755—762.
9. З.П. Бекетова, С.В. Гапонов, Б.С. Каверин и др. О возможности получения сверхтонких сплошных монокристаллических пленок с помощью лазеров.—Изв. вуз. Радиофизика, 1975, т.18, 6, с.908—913.
10. С.В. Гапонов, Н.Н. Салащенко. Вакуумное напыление с помощью импульсных лазеров.—Электронная промышленность, 1977, 1, с. 11—17.

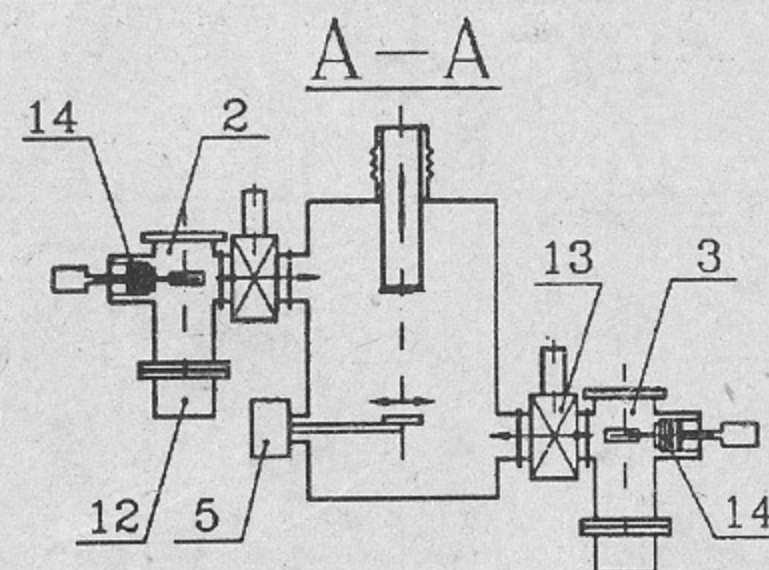
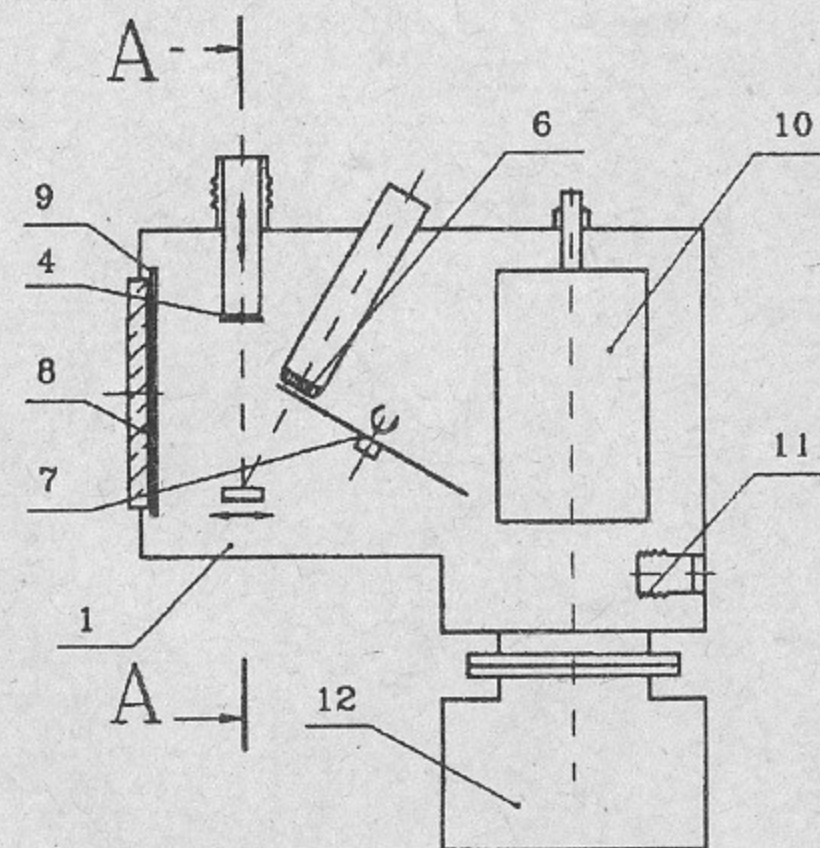


Рис.1. Сверхвысоковакуумная установка для напыления многослойных рентгеновских зеркал:

1—камера напыления, 2—камера шлюзовая для смены подложек, 3—камера шлюзовая для смены мишеней, 4—подложка, 5—манипулятор для мишени, 6—оптический ввод, 7—вращающийся экран, 8—окно для наблюдения, 9—защитный экран, 10—криогенный насос, 11—сублимационный насос, 12—магниторазрядные насосы, 13—шибер ДУ-80, 14—механическая рука для смены подложек и мишеней.

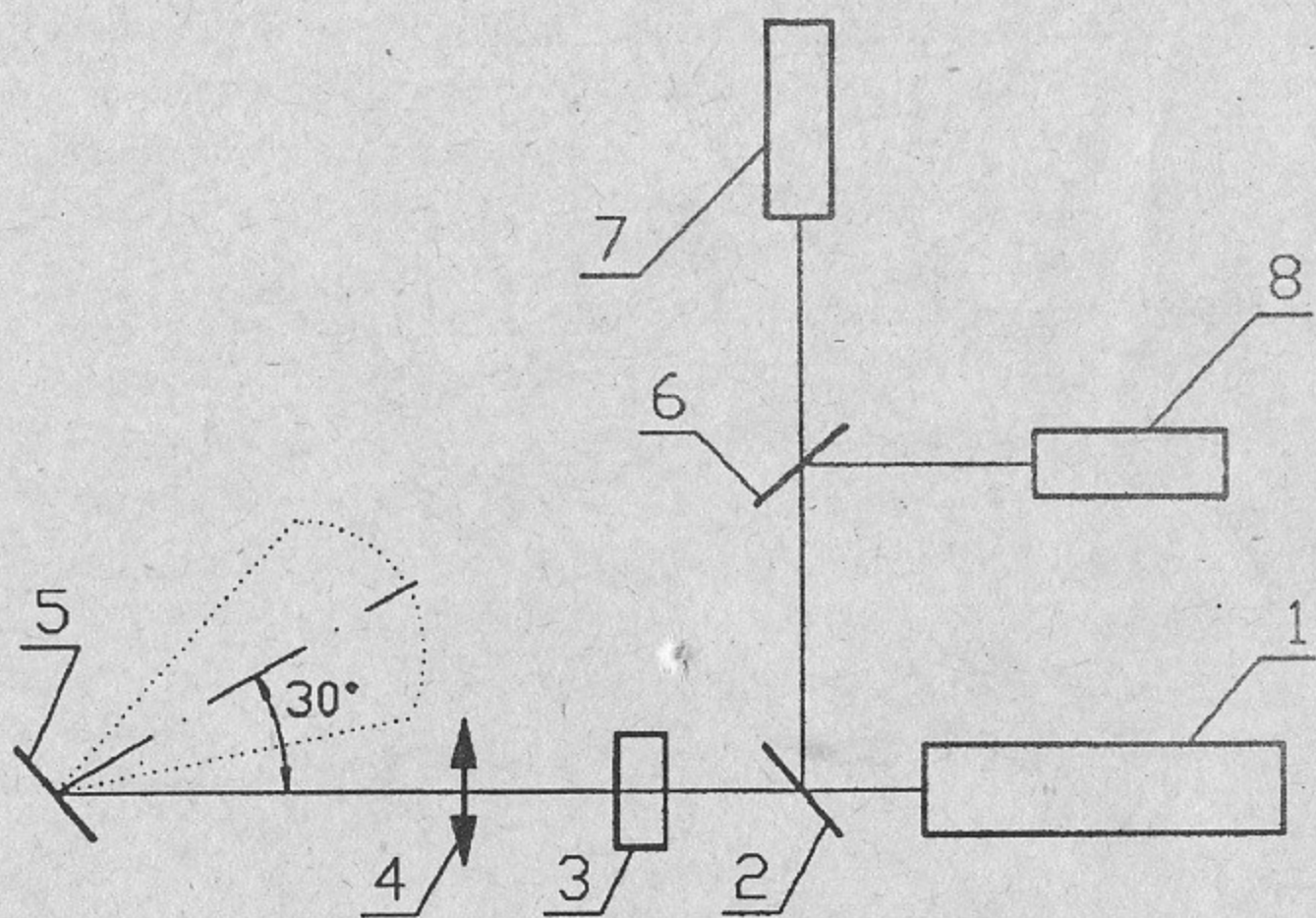


Рис. 2. Оптическая схема лазерного испарителя: 1—лазер ЛТИ-205; 2, 6—стеклянные пластинки; 3—заслонка; 4—линза; 5—мишень; 7—калориметр; 8—вакуумный фотодиод.

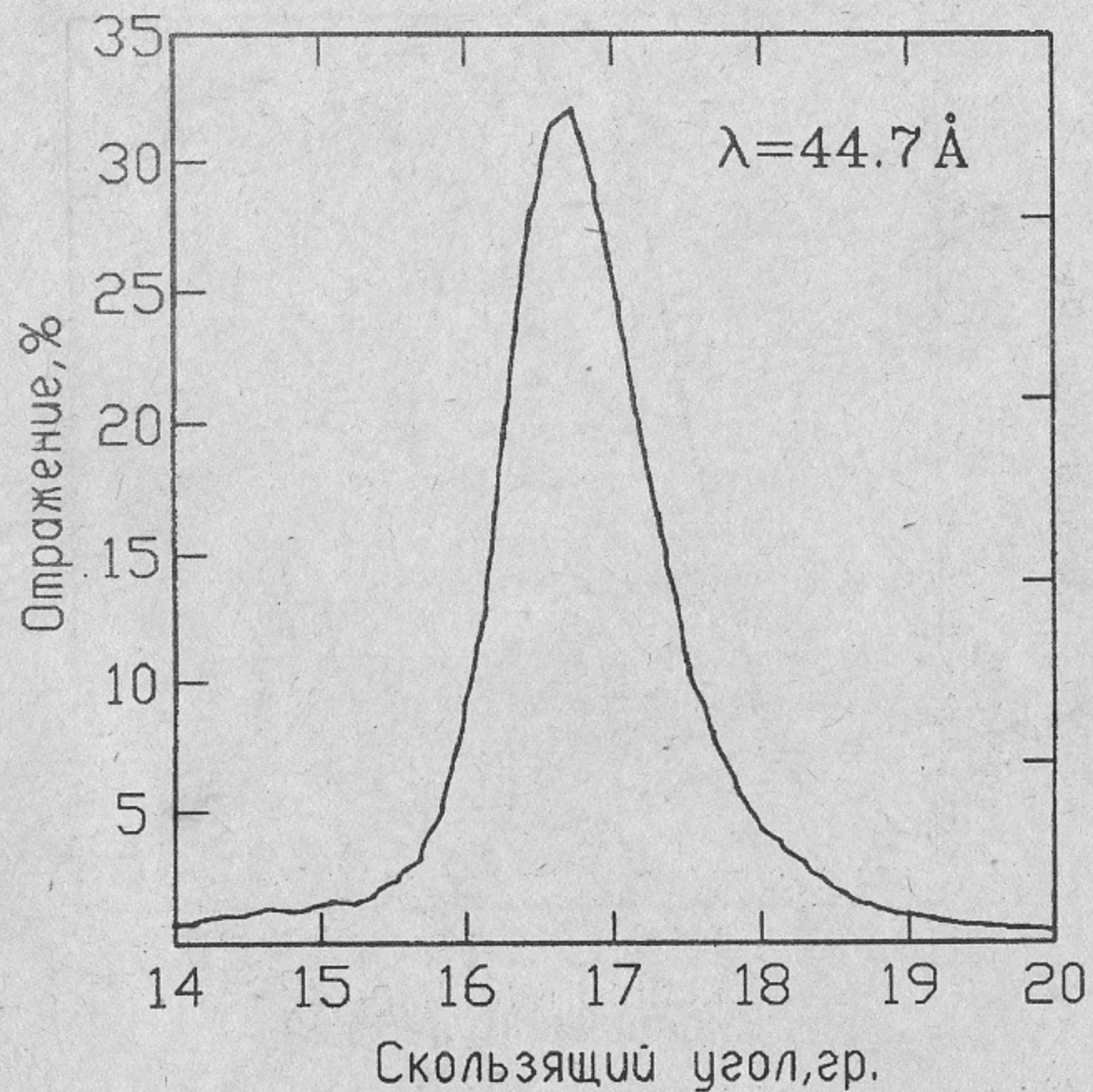


Рис. 3. Угловая зависимость коэффициента отражения для Ni-C структуры. Число периодов—30, толщина Ni-13 Å, толщина C-68 Å, длина волны $\lambda = 44.7 \text{ \AA}$ (линия $S_{K\alpha}$).

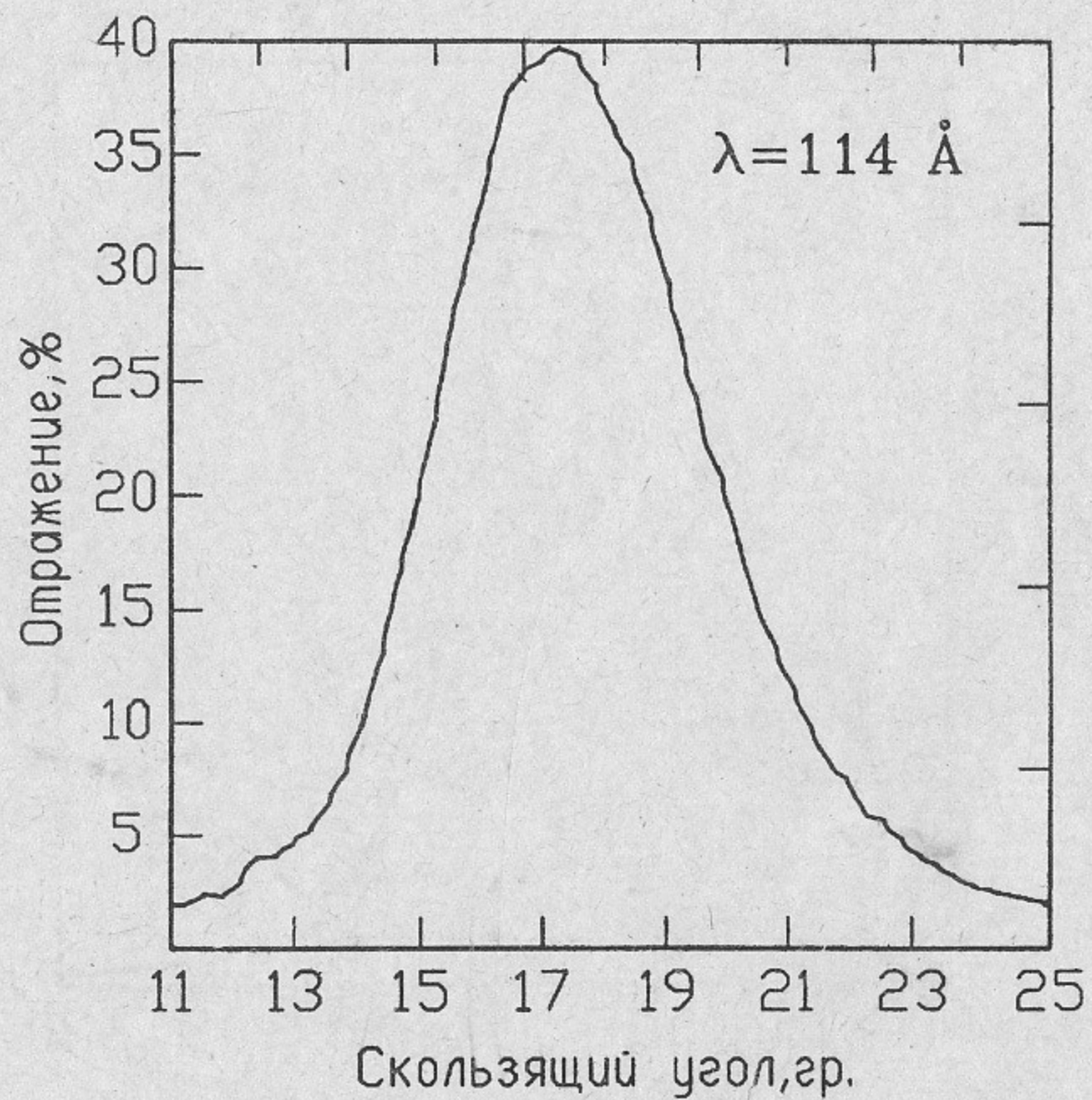


Рис. 4. Угловая зависимость коэффициента отражения для Т-Ве структуры. Число периодов—10, толщина Ti-104 Å, толщина Ве-104 Å, длина волны $\lambda = 114 \text{ \AA}$ (линия $\text{Be}_{K\alpha}$).

*В.В. Анашин, Н.Г. Гаврилов,
Э.П. Кугляков, Н.И. Чхало*

**Лазерная технология напыления многослойных
рентгеновских зеркал**

Ответственный за выпуск: С.Г. Попов

Работа поступила 5 июня 1991 г.

Подписано в печать 05.06 1991 г.

Формат бумаги 60 × 90 1/16. Объем 0,9 печ.л., 0,8 уч.-изд.л.

Тираж 180 экз. Бесплатно. Заказ № 59.

Ротапринт ИЯФ СО АН СССР, г. Новосибирск, 90.