

**ИСПЫТАНИЕ ЗЕРКАЛЬНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ОБЪЕКТИВОВ С ПОМОЩЬЮ
МЯГКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ "ПЛАЗМЕННОГО ЗЕРКАЛА"
ЭЛЕКТРОИОНИЗАЦИОННОГО CO₂-ЛАЗЕРА**

В. А. Слемзин, Н. М. Соляр, И. В. Холин, А. Д. Чугунов,
В. А. Чупрына

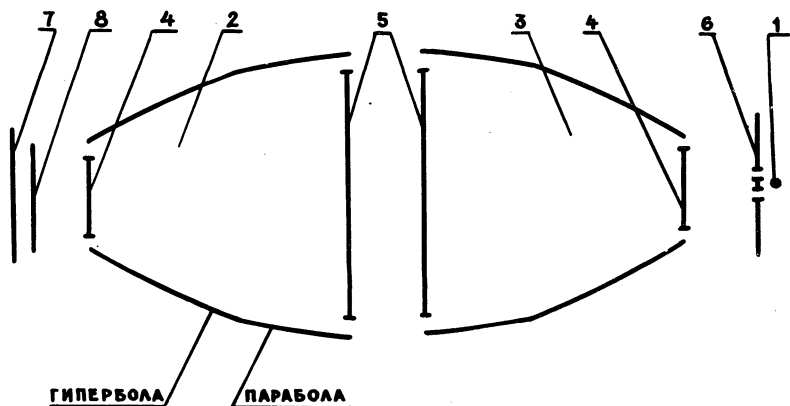
УДК 522.21: 535.818: 621.375.826

Демонстрируется возможность использования излучения лазерной плазмы для контроля качества поверхности и формы зеркальных рентгеновских объективов скользящего падения.

Одно из перспективных направлений рентгеновской астрономии связано с разработкой зеркальных телескопов скользящего падения, работающих в спектральном диапазоне $\lambda \sim 10-100 \text{ \AA}$ /1/. Для испытания таких телескопов необходимы интенсивные источники мягкого рентгеновского излучения. Применение рентгеновских трубок в указанном диапазоне встречает серьезные трудности из-за низкой яркости их излучения. Возможность же использования синхротронного излучения пока ограничена из-за сложности и высокой стоимости его источников - мощных ускорителей электронов.

Перспективным источником мягкого рентгеновского излучения является плотная лазерная плазма с температурой в несколько миллионов градусов /2/. В настоящей работе использовалось излучение высокотемпературного "плазменного зеркала", образующегося на поверхности твердой мишени под действием сфокусированного излучения мощного электроионизационного CO₂-лазера, работающего в простой однокаскадной схеме /3/. При работе лазера формировался импульс излучения в виде регулярного пуга наносекундных пучков с полной энергией $\sim 150 \text{ Дж}$. Температура плазмы составляла несколько сотен электронвольт. Размер горячей области плазмы мог изменяться, в зависимости от условий фокусировки, в пределах $0,3 + 2 \text{ мм}$. Подробно лазерная установка и параметры "плазменного зеркала" рассмотрены в /4,5/.

Исследовалась пара идентичных объективов типа "параболоид-гиперболоид" с никелевым отражающим покрытием /I/ в схеме, показанной на рис. 1. Излучение плазмы подсвечивало диафрагму с отверстиями



Р и с. 1. Оптическая схема эксперимента: 1 - плазменное зеркало; 2 - объектив, формирующий изображение; 3 - объектив-коллиматор; 4,5 - кольцевые диафрагмы; 6 - диафрагма с отверстиями; 7 - пленка; 8 - фильтр

ями, помещенную в фокусе объектива, служившего коллиматором. Изображение отверстий в фокусе другого объектива регистрировалось на фотопленке. Для защиты пленки от засветки прямым излучением и для ограничения рассеянного излучения на входном и выходном отверстиях объектива устанавливались кольцевые диафрагмы.

Объективы представляли собой гальванические реплики с матрицы из дюралюминия /6/ и имели следующие размеры: входной диаметр - 15 см, длина - 24 см, расстояние от входного отверстия до фокуса - 30 см, фокусное расстояние параболоида - 42 см. Форма поверхности рассчитывалась по методике, описанной в /1/.

Фокусирующие характеристики объективов контролировались по изображениям диафрагмы, полученным в видимых и рентгеновских лучах. В последнем случае перед фотопленкой устанавливался фильтр из 8 мкм лавсана и 0,4 мкм алюминия. При этом система эффективно

пропускала излучение в узкой области $\lambda \sim 44 \text{ \AA}$. Более длинноволновое излучение поглощалось фильтром, коротковолновое - отсекалось из-за резкого уменьшения коэффициента отражения никелевого покрытия.



Р и с. 2. Изображение диафрагмы в видимых (а) и рентгеновских (б) лучах

На рис. 2 представлены фотографии изображения диафрагмы с двумя отверстиями диаметром 2 мм и расстоянием между ними 2 мм. В видимом свете система дает удовлетворительное качество изображения. В рентгеновских лучах изображения отверстий сливаются в одно пятно, ясно видна засветка рассеянным излучением (неравномерность его распределения связана с характером заполнения апертуры объективов в данной схеме). По-видимому, отражение рентгеновского излучения поверхностью исследуемых объективов носило диффузный характер из-за большой величины микронеровностей по сравнению с длиной волны. Удовлетворительное разрешение в видимом свете (по дополнительным измерениям - около 0,3 мм) говорит о достаточной точности воспроизведения формы поверхности.

Таким образом, предложенная методика дает возможность контролировать с помощью одного и того же источника как форму (в видимых лучах), так и качество отражающей поверхности (в рентгеновских лучах) рентгеновских объективов.

Авторы благодарят Л. А. Вайнштейна, В. А. Бойко и И. Л. Бейгмана за полезные обсуждения.

Поступила в редакцию
28 марта 1977 г.

Л и т е р а т у р а

1. И. Л. Бейгман, Л. А. Вайнштейн, Ю. П. Войнов, В. П. Шевелько, Труды ФИАН, 77, 14 (1974).
2. В. А. Бойко, О. Н. Крохин, Г. В. Склизов, Труды ФИАН, 76, 186 (1974).
3. Н. Г. Басов, И. А. Бережной, В. А. Бойко, В. А. Данилчичев, В. Д. Зворыкин, В. В. Игнатьев, И. В. Холин, А. Ю. Чугунов, Письма в ЖТФ, 1, 1105 (1975).
4. В. А. Бойко, В. А. Данилчичев, В. Д. Зворыкин, Т. Г. Иванова, И. В. Холин, А. Ю. Чугунов, Квантовая электроника, 4, № 6 (1977).
5. Н. Г. Басов, В. А. Бойко, В. А. Данилчичев, В. Д. Зворыкин, Т. Г. Иванова, А. Н. Лобанов, А. Ф. Сучков, И. В. Холин, А. Ю. Чугунов, Препринт ФИАН № 14, М., 1977 г.
6. И. Л. Бейгман, Л. А. Вайнштейн, Ю. П. Войнов, Д. А. Гоганов, Н. И. Комяк, С. Л. Мандельштам, И. П. Тиндо, Н. А. Шацкий, А. И. Шурыгин, Труды ФИАН, 77, 3 (1974).