

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



Б-432

11/1-76
P9 - 9281

Г.И.Белинская, И.А.Голутвин, А.С.Дубовик,
Ю.Т.Кирюшин, А.А.Мальцев, Б.М.Степанов

106/2-76

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ЗЕРКАЛЬНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ
ТРАКТ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОННОГО КОЛЬЦА
ПО СИНХРОТРОННОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

1975

P9 - 9281

**Г.И.Белинская, И.А.Голутвин, А.С.Дубовик,
Ю.Т.Кирюшин, А.А.Мальцев, Б.М.Степанов**

**ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ЗЕРКАЛЬНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ
ТРАКТ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОННОГО КОЛЬЦА
ПО СИНХРОТРОННОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ**

Направлено в ПТЭ

Создание ускорителя тяжелых ионов требует развитой диагностики электронного кольца на различных радиусах сжатия в камере компрессора. Энергетические и геометрические параметры электронного кольца можно оценить, измерив его синхротронное излучение. Спектр излучения зависит от энергии электронов и радиуса их орбиты, как

$$\lambda_{\max} \sim \frac{R}{\gamma^3},$$

где λ_{\max} - максимум синхротронного излучения; R - радиус электронной орбиты; γ - энергия электрона.

При выбранных начальных значениях $R_0 = 40$ см и $\gamma_0 = 4,5$ спектральный диапазон регистрируемого излучения лежит в инфракрасной области $\Delta\lambda = 1 \div 20$ мкм. Для регистрации синхротронного излучения в этой области изготовлен специальный оптический тракт с отражающими активными элементами, обеспечивающими широкополосность всего устройства. Отражающие элементы изготовлены из стекла с поверхностью заданной кривизны и покрыты слоем серебра путем напыления в вакууме.

Коротковолновая граница спектрального диапазона обусловлена качеством обработки отражающей поверхности зеркал и материалом отражающего покрытия.

Ограничение на спектральный диапазон в длинноволновой области накладывает дифракция. Длинноволновая граница спектрального диапазона зависит от относительного отверстия системы и длины волны, формирующей изображение.

На рис. 1 показана принципиальная оптическая схема. В фокусе первого сферического зеркала $f/4$ находится

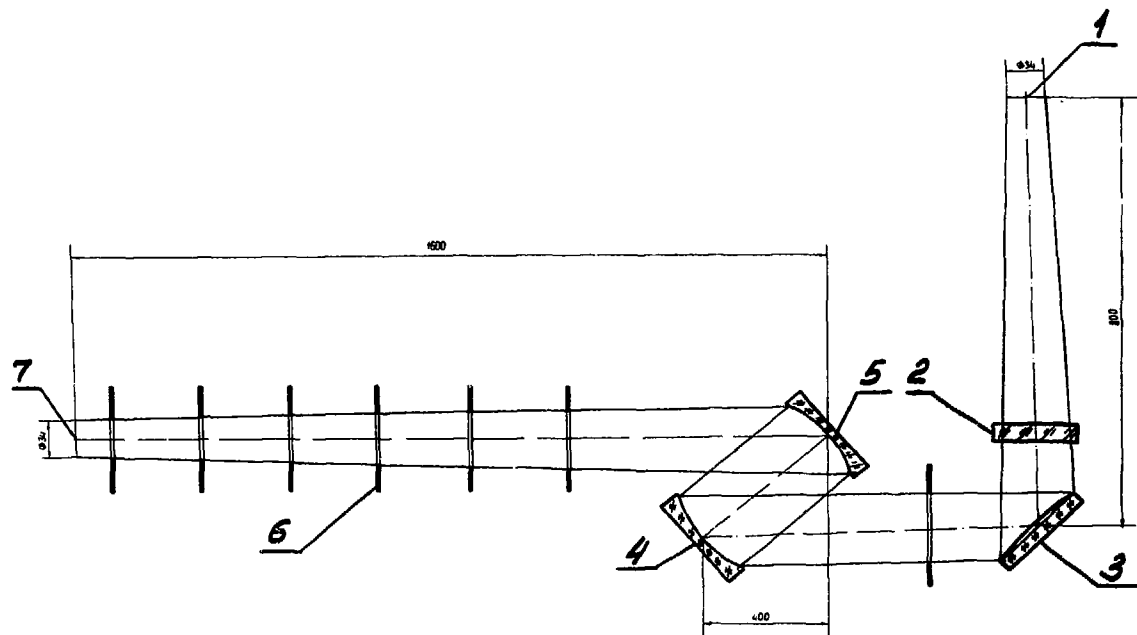


Рис. 1. Принципиальная оптическая схема. 1 - плоскость сечения электронного кольца; 2 - высоковакуумное защитное стекло, работающее в ИК-области; 3 - отклоняющее зеркало; 4 и 5 - сферические зеркала; 6 - диафрагма; 7 - плоскость изображения.

объект наблюдения. Так как синхротронное излучение является остронаправленным и распространяется в узком конусе, угол раствора которого $\sim \frac{1}{\gamma}$, то видимым будет не все электронное кольцо, а только его сечение, перпендикулярное оптической оси системы. Изображение сечения тора строится в фокальной плоскости второго сферического зеркала /5/, где расположена чувствительная поверхность регистрирующего устройства.

Отклоняющее зеркало /3/ меняет направление оптической оси на 90° . Его поверхности первоначально была придана цилиндрическая форма, чтобы исправить астигматизм сферических зеркал, работающих в наклонных пучках лучей. В дальнейшем, для получения оптимального качества изображения, оптическая система установки была исследована методом частотно-контрастных характеристик с применением расчетов на ЭВМ. При этом было установлено, что наилучшее качество изображения получается при отклоняющем зеркале не цилиндрической формы, а плоской. По-видимому, астигматизм в оптической системе установки действует слабее, чем другие aberrации /сферическая, кома и т.д./. Соответствующие частотно-контрастные характеристики показаны на *рис. 2* и *3*. По оси абсцисс отложена пространственная частота (ν) - количество линий на 1 мм; по оси ординат - относительное изменение контраста изображения по сравнению с объектом (К). Из рисунков можно видеть, что если принять за критерий снижения контраста в изображении уровень 0,02 /визуальное разрешение/, то при использовании цилиндрического зеркала в меридиональной плоскости установки /плоскость чертежа/, разрешающая способность оптической системы составляет 5-6 *лин/мм*. Судя по результатам расчетов, это лучший вариант разрешения цилиндрического зеркала.

При использовании плоского зеркала /3/ разрешающая способность установки составляет 9-10 *лин/мм*.

На *рис. 2* и *3* верхние кривые /отмечены крестиками/ относятся к центру поля зрения, нижние /отмечены точками/ - к краю поля зрения.

Основные характеристики зеркальной системы приведены в таблице.

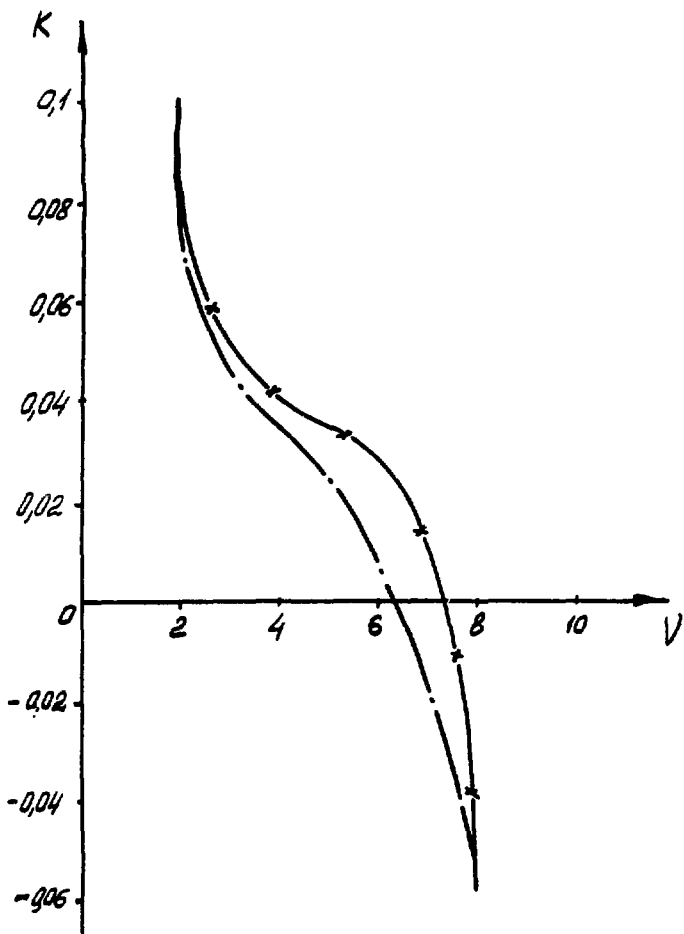


Рис. 2. Частотно-контрастная характеристика оптического тракта с цилиндрическим отклоняющим зеркалом.

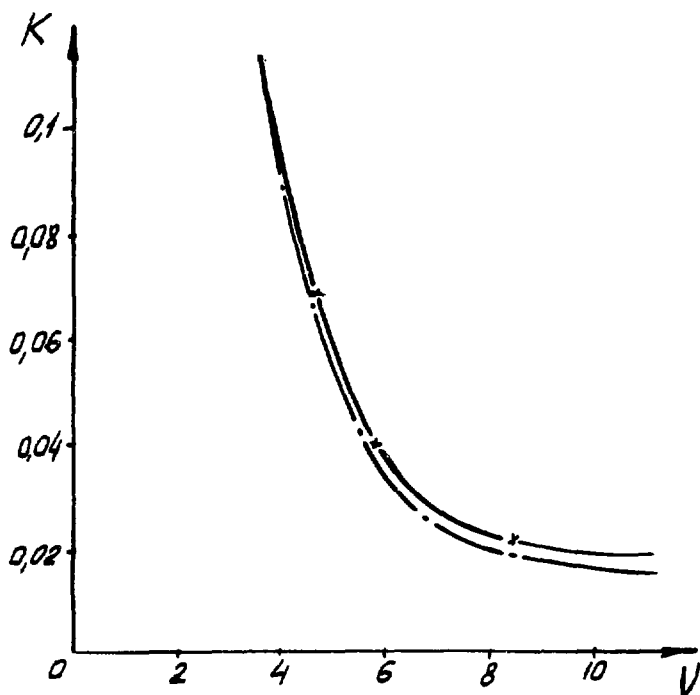


Рис. 3. Частотно-контрастная характеристика оптического тракта с плоским отклоняющим зеркалом.

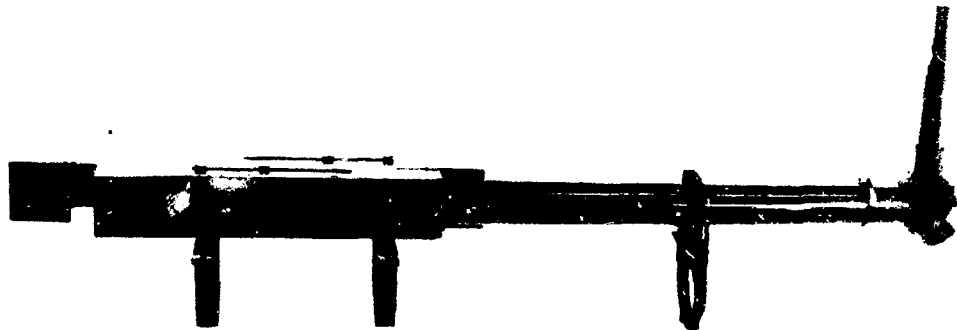


Рис. 4. Конструкция оптического практа.

Таблица

Основные технические данные и характеристики

- | | |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Область применения | - установка работает в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра /ограничение спектрального диапазона связано только с покрытием зеркал и дифракцией/. |
| 2. Фокусное расстояние сферических зеркал | - $f = 1600 \text{ мм}$ |
| 3. Относительное отверстие | - 1 : 21 |
| 4. Увеличение | - 1^{λ} |
| 5. Фотографическая разрешающая способность | |
| а/ в фокальной плоскости установки | - 7 мм^{-1} |
| б/ при смещении: на $\pm 5 \text{ мм}$ | - 7 мм^{-1} |
| $\pm 10 \text{ мм}$ | - 7 мм^{-1} |
| $\pm 15 \text{ мм}$ | - 7 мм^{-1} |
| $\pm 20 \text{ мм}$ | - 5 мм^{-1} |
| 6. Поле зрения в плоскости объекта | - $\phi 34 \text{ мм}$ |
| 7. Габариты, мм | - $2000 \times 360 \times 370$ |

Конструкция зеркальной системы представлена на рис. 4. Устройство в виде отдельного узла крепится на жесткой опоре к бетонной стене. Все детали и узлы выполнены из немагнитных материалов. Отсутствие хроматической аберрации позволяет вести наладку прибора и его юстировку в видимой области оптического спектра. Для проведения точной фокусировки на исследуемый объект сферические зеркала могут перемещаться вдоль оптической оси на $\pm 50 \text{ мм}$. Предусмотрена возможность использования различных типов регистрирующих устройств для видимой и ИК-области.

*Рукопись поступила в издательский отдел
4 ноября 1975 года.*