

с максимальным расстоянием между антеннами равным 36 км. Разрешение VLA составляет до $1''$ на длине волны 10 см. Еще большей разрешающей способности позволяют достичь глобальные РСДБ-сети — глобальная европейская сеть EVN, североамериканская сеть VLBA, инструмент MERLIN (Великобритания). Наибольшего разрешения можно добиться, выведя один из радиотелескопов в космос (космический радиоинтерферометр). В настоящее время рассматривается и реализуется ряд таких проектов, в т. ч. и в России (проект «Радиоастрон»).

3.6. Рентгеновские телескопы и детекторы

Для регистрации жестких квантов используют их особенности взаимодействия с веществом. Для фотонов с энергией до 20–30 кэВ применяются детекторы, использующие фотоэффект в газе или в твердом теле. К ним относятся *пропорциональные газонаполненные счетчики*, амплитуда электрического импульса на выходе которых пропорциональна (в некотором спектральном диапазоне) энергии падающего фотона E .

Эффективность таких детекторов определяется сечением фотоионизации газа-наполнителя (обычно инертный газ Ar, Xe) и коэффициентом пропускания окна счетчика (используется фольга легких металлов Be, Al толщиной 10–100 мкм, или органические пленки толщиной 1–10 мкм и меньше). Для быстрого прекращения электрического разряда в инертном газе, вызванного попаданием жесткого кванта, добавляют отрицательно заряженные молекулы метана или CO_2 . Спектральное разрешение таких счетчиков невелико ($E/\Delta E \sim 5$) и обратно пропорционально квадратному корню из энергии падающего фотона. Площадь отдельных газонаполненных пропорциональных счетчиков доходит до 300 см^2 .

Фотоны с энергией $h\nu$ от 30 кэВ до 10 МэВ регистрируются *сцинтиляционными детекторами*, в качестве которых используют кристаллы NaI или CsI с добавками Tl или сцинтилирующие органические пластмассы. Падающий фотон вызывает в сцинтилирующем веществе вспышку УФ или видимого излучения, амплитуда которой в определенном спектральном диапазоне пропорциональна энергии поглощенного кванта. Импульсы видимого излучения регистрируются фотоумножителями. Площадь сцинтиляционных детекторов ограничена технологией выращивания монокристаллов CsI

или NaI и, как правило, не превышает 100–300 см². Для регистрации рентгеновских фотонов их иногда преобразуют в пучок электронов. Для этих целей используются многонитяные двухкоординатные пропорциональные газонаполненные счетчики, диодные матрицы или матрицы ПЗС.

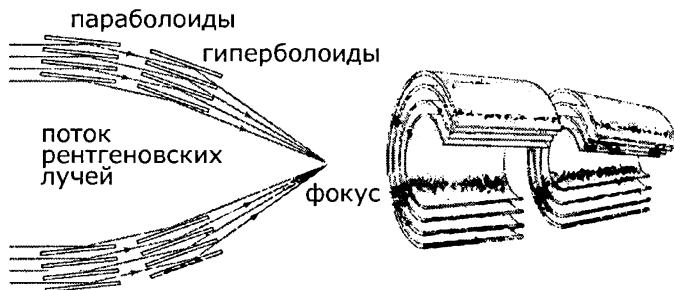


Рис. 3.7. Схема рентгеновского телескопа типа Уолтера с зеркалами косо-го падения.

В мягком рентгеновском диапазоне применяют отражательные фокусирующие телескопы (телескопы с зеркалами косо-го падения), строящие рентгеновское изображение. Работа таких телескопов основана на росте коэффициента отражения металлов с приближением угла падения к 90 градусам. Высокий коэффициент отражения (свыше 50%) для Au и Pt достигается при углах падения более 87°. Хорошее качество рентгеновского изображения дает двух-зеркальная система, состоящая из параблоида и гиперблоида вращения (рентгеновский телескоп косо-го падения типа Уолтера, см. рис. 3.7). Угловое разрешение современных телескопов косо-го паде-ния достигает 1" на энергиях 0.5–1 кэВ. Максимальная эффектив-ная площадь телескопов косо-го падения (около 1000 см²) реализо-вана на спутниках ХММ–«Ньютон» (ESA) и «Chandra» (NASA).

Для построения изображений в жестком рентгеновском и гам-ма-диапазоне ($h\nu \sim 30$ кэВ–10 МэВ) используют специфический метод кодированной апертуры. Суть его состоит в том, что перед приемником (обычно это кристаллы CdTe, CsI или Ge) устанавли-вают мозаику из чередующихся окошек и непрозрачных элемен-тов (из вольфрама или свинца). Маска формирует на элементах де-тектора «тень» от каждого источника, попадающего в поле зрения.

По форме этой тени после специальной математической обработки сигнала можно восстановить направление прихода фотонов относительно маски и их энергию. На космической гамма-обсерватории ИНТЕГРАЛ (телескоп IBIS) этим методом получены изображения гамма-источников с угловым разрешением порядка 10 угловых минут. Спектральное разрешение для линий в гамма-диапазоне (спектрометр SPI обсерватории ИНТЕГРАЛ) достигает ~ 2.2 кэВ на энергиях 1.33 МэВ.

Еще более жесткое гамма-излучение можно регистрировать и наземными приемниками света. Оптическое излучение, детектируемое фотоумножителями, рождается при прохождении атмосферы быстрыми частицами, образованными при взаимодействии жесткого гамма-кванта с атомами атмосферы (черенковское излучение). Крупнейшая действующая установка для регистрации сверхжесткого гамма-излучения с энергией свыше 100 ГэВ — H.E.S.S.⁴ — состоит из 4 телескопов для регистрации черенковского излучения от космических ливней, порождаемых такими фотонами в атмосфере Земли. Полная площадь каждого зеркала, состоящего из 382 60-сантиметровых сегментов, порядка 100 кв. м. Установка находится в Намибии в 100 км от столицы — г. Виндхука.

3.7. Поляризационные наблюдения

Еще один важный канал информации в астрономии представляют поляризационные наблюдения. Измерение поляризации излучения производят во всех спектральных диапазонах — от радиоволн до рентгеновского излучения.

Различают линейную и круговую (в общем случае — эллиптическую) поляризацию. Линейная поляризация характеризуется выделенной плоскостью (плоскостью поляризации), в которой колеблется вектор напряженности электрического поля \mathbf{E} электромагнитной волны. При круговой (эллиптической) поляризации происходит вращение вектора \mathbf{E} в плоскости, перпендикулярной лучу зрения. При оптических поляризационных наблюдениях излучение пропускается через вращающийся анализатор поляризации (поляририд), и после регистрации излучения выделяется переменная составляющая, пропорциональная степени его поляризации. Посколь-

⁴От англ. High Energy Stereoscopic System, а также в честь физика Виктора Гесса, открывшего космические лучи в 1912 году.