

СЗУЧ.12с

Ф-833

1029 / 2-77

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

21/3-77



7 - 10315

В.Франк, К.Г.Каун, П.Манфрасс

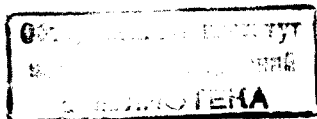
АППАРАТУРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРОВ
РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
ПРИ СОВПАДЕНИИ С РАССЕЯННЫМИ ИОНАМИ
В АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

1976

7 - 10315

В.Франк, К.Г.Каун, П.Манфрасс

АППАРАТУРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРОВ
РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
ПРИ СОВПАДЕНИИ С РАССЕЯННЫМИ ИОНАМИ
В АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ



Франк В., Каун К.Г., Манфрасс П.

7 - 10315

Аппаратура для измерения спектров рентгеновского излучения при совпадении с рассеянными ионами в атомных столкновениях

Описана эффективная аппаратура для измерений спектров рентгеновского излучения при совпадении с рассеянными ионами в атомных столкновениях. Аппаратура предназначена для исследования процессов ионизации в зависимости от параметра столкновения, обладает высоким временным разрешением и большой эффективностью регистрации частиц.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

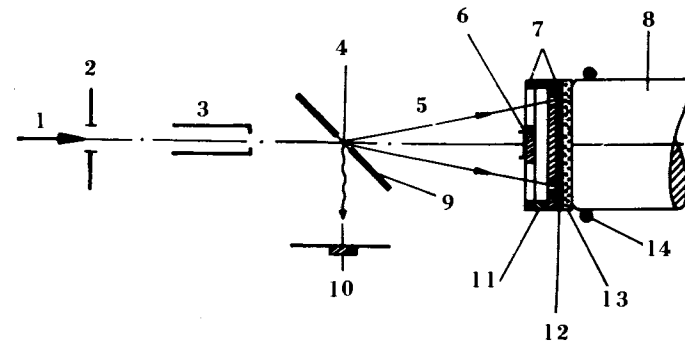
© 1976 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

В последнее время особое значение придается исследованию рентгеновских спектров квазимолекул, которые кратковременно образуются при столкновениях тяжелых ионов /1/. Сечения процессов ионизации внутренних атомных оболочек в атомных столкновениях сильно зависят от параметра столкновения рассеивающихся при этом ядер. Применение понятия "параметр столкновения" здесь вполне оправдано, потому что для тяжелых ионов даже при энергиях в несколько *МэВ/нуклон* можно описать движение рассеивающихся ядер классическими траекториями $R=R(t)$, поскольку в этом случае для $Z_1, Z_2 \geq 5$ всегда выполняется условие $Z_1 Z_2 e^2 / \hbar c \gg 1$. Представление о возникновении квазимолекул при столкновениях тяжелых ионов с атомами связано с тем, что относительная скорость рассеивающихся ядер даже при энергиях порядка нескольких *МэВ/нуклон* мала по сравнению со скоростью электронов на внутренних атомных оболочках. Поэтому электроны могут при столкновении ядер адиабатически изменять свои состояния и образовывать при достаточно близких расстояниях R между ядрами квазимолекулярные состояния, приходящие в предельном случае $R \rightarrow 0$ в состояния квазиатома с эффективным ядерным зарядом $Z_1 + Z_2$. Наличие вакансий в квазимолекулярных или квазиатомных состояниях и происходящие во время столкновения между ними электромагнитные переходы дают возможность для экспериментального исследования этих систем. До сих пор эксперименты по изучению таких квазимолекул /см., например, работы /2-4/ / проводились без выделения определенных параметров столкновения, т.е. измерялись только интегрированные по всем возможным траекто-

рям $R(t)$ квазимолекулярные спектры. Вместе с тем очевидно, что для более детального изучения состояний квазимолекул необходимо выделить определенные параметры столкновения путем измерения квазимолекулярных спектров при совпадении с рассеянными под определенным углом ионами. Ниже описана сравнительно простая и одновременно эффективная аппаратура для измерения спектров совпадений рентгеновских квантов с рассеянными ионами, с помощью которой проводились первые эксперименты на пучке ускорителя тяжелых ионов У-300.

Экспериментальные трудности при измерении таких совпадений заключаются в первую очередь в малом выходе квазимолекулярных X-лучей по сравнению с большим числом регистрируемых рассеянных ионов. Ионный детектор должен регистрировать максимально большое число ионов /порядка 10^5 в секунду и больше/, чтобы получить достаточное число совпадающих с ним рентгеновских квантов. Такие эксперименты усложняются на ускорителе У-300 дополнительно тем, что этот ускоритель работает в импульсном режиме со скважностью около 1 : 5, и не позволяет сформировать пучок ионов с диаметром меньше чем 8 мм без значительной потери его интенсивности. Последнее обстоятельство препятствует получению высокого углового разрешения при регистрации рассеянных ионов. Однако, для более детального изучения квазимолекулярных спектров достаточно варьировать параметры столкновения в пределах < 200, 200-500, 500-1000 и 1000-2000 Фм, чтобы получить информацию о внутренних состояниях двухцентровых тяжелых квазимолекул^{15/}. Экспериментально это осуществимо с помощью кольцевого детектора диаметром 30 мм, расстояние от которого до мишени можно изменять в пределах от 100 до 400 мм. Схема детектора показана на рисунке.

Детектором рассеянных ионов служит сцинтилляционная фольга толщиной 100 мкм с быстрым фотоэлектронным умножителем. Рассеянные ионы поступают через окно кольцевой диафрагмы шириной 1 мм, а нерассеянный пучок ионов перед детектором тормозит-



Принципиальная схема детектора ионов. 1 - пучок, 2 - диафрагма, 3 - коллиматорная система, 4 - мишень, 5 - рассеянные ионы, 6 - поглотитель, 7 - диафрагма, 8 - ФЭУ, 9 - держатель для мишени, 10 - Ge-детектор, 11 - кольцо, 12 - Al-фольга, 13 - сцинтилляционная фольга, 14 - прокладка.

ся цилиндром, изготовленным из алюминия. Первые опыты с ионами никеля при энергии 50 МэВ показали, что световые сигналы, вызванные ионами в сцинтилляционной фольге, достаточны для того, чтобы сигналы от мягкого рентгеновского излучения и вторичных электронов можно было дискриминировать. Для этого напряжение на фотоэлектронном умножителе выбиралось достаточно низким, чтобы такие сигналы не превышали шумовых сигналов ФЭУ при сохранении временного его разрешения. Сцинтилляционные фольги после длительной работы в течение 20 ч при нагрузке детектора $\sim 10^5$ импульсов в секунду не показали никаких ухудшений в работе. При этом было получено временное разрешение порядка нескольких наносекунд. Детектором X-лучей служил спектрометр с кристаллом из чистого германия с эффективным объемом $300 \text{ мм}^2 \times 7 \text{ мм}$, находящийся на расстоянии около 20 мм от мишени. Энергетическое разрешение его составляет около 250 эВ при энергии рентгеновских квантов 6 кэВ. Временное разрешение при регистрации рентгеновского излучения

$E_x \geq 6$ кэВ - примерно 20 нс. Это определяет временное разрешение аппаратуры в целом, поскольку для детектора ионов оно на порядок выше.

Для регистрации спектров совпадений служила стандартная электронная схема быстро-медленных совпадений с многоканальным анализатором.

Литература

1. *K.H.Kaun, W.Frank, P.Manfrass. JINR, E7-9629, Dubna, 1976.*
2. *P.Gippner et al. Phys. Lett., 52B, 183 /1974/.*
3. *W.Frank et al. Phys.Lett., 59B, 41 /1975/.*
4. *W.Frank et al. Z.Physik., A277, 333 /1976/.*
5. *K.Smith et al. J.Phys., B8, 75 /1975/;*
B.Müller and W.Greiner. Z.Naturforschung., 31a, 1 /1976/.

*Рукопись поступила в издательский отдел
22 декабря 1976 года.*