

621.384.612(049.3)

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ВОПРОСЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ

Synchrotron Radiation: Techniques and Applications/Ed. C. Kunz.—Berlin, Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1979.—442 p.—(Topics in Current Physics. V. 10).

В последние годы большое развитие получило использование синхротронного излучения в спектроскопических исследованиях.

Прогресс в этой области был чрезвычайно быстрым, и в результате до сих пор не было написано ни одной исчерпывающей монографии по синхротронному излучению. Советскому читателю известен лишь сборник переводов «Синхротронное излучение в исследовании твердых тел», изданный издательством «Мир» почти 10 лет назад. Данная книга дает подробное введение в предмет исследований, обзор современной теории и детальное представление о последних экспериментах. В написании книги приняли участие крупнейшие в мире специалисты по использованию синхротронного излучения: Х. Кунц — руководитель группы использования синхротронного излучения ДЭЗИ (ФРГ), Е. Роу — директор Центра Синхротронного излучения при Висконсинском университете, К. Кодлинг — один из первых экспериментаторов, использовавших синхротронное излучение в спектроскопии, и многие другие.

В первой, вводной главе после краткого экскурса в историю рассматриваются свойства синхротронного излучения, сначала для электрона, вращающегося по идеальной круговой орбите, а затем для пучка электронов, движущегося в магнитной системе реального ускорителя, накопителя или виллера. В конце главы проводится сравнение существующих источников синхротронного излучения в широком интервале от ультрафиолетовой до жесткой рентгеновской частей спектра с другими источниками. В большинстве случаев явное преимущество остается за источниками СИ. Именно это обстоятельство привело многие лаборатории к мысли о проектировании и строительстве накопителей специально для использования их в качестве источников синхротронного излучения.

Вторая глава посвящена характеристикам ускорителей и накопителей — источников синхротронного излучения. В ней описываются основные положения теории динамики электронов в накопительных кольцах, необходимые спектроскописту для понимания работы машины, которую он использует. Далее в этой главе рассматриваются два проекта спектроскопических источников — большого и малого накопительных колец (соответственно на 2,5 и 0,75 ГэВ), сооружаемых в США.

Необычные свойства синхротронного излучения выдвинули специфические требования к приборам и оборудованию, используемому в исследованиях на пучках этого излучения. Главными из таких необычных свойств являются: 1) неподвижность источника, 2) хорошая коллимация излучения в вертикальной плоскости, 3) непрерывность спектра, 4) высокая степень поляризации (электрический вектор горизонтален), 5) большие размеры источника в горизонтальной плоскости и 6) большое расстояние (исчисляемое метрами) между источником излучения и исследовательским оборудованием.

Вопросам создания спектральных и иных приборов, специально предназначенных для работы в пучках синхротронного излучения, посвящена третья, самая большая глава монографии. В этой главе описано общее расположение аппаратуры в двух лабораториях: на накопителе «Танталус I» на 240 МэВ в Висконсине (США) и накопителе ДОРИС на 5 ГэВ в Гамбурге (ФРГ); подробно рассмотрены свойства зеркал и зеркальных покрытий в далекой ультрафиолетовой области спектра, диспергирующие элементы, применяемые для монохроматизации синхротронного излучения (отражающие и пропускающие решетки, зонные пластинки и кристаллы), а также фильтры и поляризаторы.

Описаны конструкции монохроматоров для ультрафиолетовой и рентгеновской областей спектра, детекторы излучения, а также типичные установки, использующие эти приборы для самых различных применений от абсорбционной спектроскопии в ВУФ-области до интерферометрии и топографии в рентгене.

Следующая, четвертая глава посвящена теоретическим аспектам спектроскопии глубоких уровней. Прогресс в этой области в последние годы целиком обязан новой прецизионной информацией, полученной в экспериментах на пучках синхротронного

излучения. Интерес здесь обуславливается тем, что электроны на внутренних уровнях, не испытывают взаимодействия со стороны окружающих атомов и их положение целиком определяется данным атомом, в то время как внешние электроны ответственны за межатомные связи, природа которых различна в различных веществах.

Таким образом, изучая переходы между глубокими и внешними уровнями, можно получить в чистом виде информацию о наружных уровнях и их видоизменении под влиянием, например, изменения агрегатного состояния вещества или внесения примесей того или иного рода. Глава содержит довольно полный обзор по теории физики твердого тела, атомной и молекулярной физики в той части, которая касается процессов возбуждения глубоких уровней и переходов, сопровождаемых излучением, поглощением или рассеянием жестких фотонов.

Наибольшее внимание уделено детальному анализу атомных спектров, возбуждению экситонов, неупругому рассеянию в рентгеновской области спектра.

В пятой главе обсуждается та область атомной физики, исследования в которой выигрывают при использовании синхротронного излучения, а именно фотоабсорбционная спектроскопия, в основном в вакуумной ультрафиолетовой области спектра (10—1000 эВ).

Глава знакомит с экспериментальными методиками, которые можно использовать в пучках синхротронного излучения (поглощение, эмиссия электронов, масс-спектроскопия), ограничениями, возникающими из самой природы абсорбционной спектроскопии (эта методика позволяет исследовать лишь разрешенные переходы в атомах), а также наиболее интересными экспериментальными результатами. Особое внимание здесь уделено роли атомной спектроскопии в дешифровке сложных спектров твердых тел, а также сравнению с теорией экспериментальных данных, полученных методами фотоэлектронной спектроскопии.

Последние две главы, посвященные молекулярной спектроскопии и спектроскопии твердого тела, по характеру изложения наиболее точно передают общий, буквально энциклопедический характер всей монографии.

В шестой главе после подробного обзора данных, полученных методами абсорбционной спектроскопии, фотоэлектронной и масс-спектроскопии и исследования люминесценции, приводится полная таблица молекул, исследованных на начало 1978 г., с указанием использованного метода, энергетического интервала, в котором проводилось изучение и краткое описание результатов.

В главе, посвященной спектроскопии твердого тела, после небольшого общетеоретического введения подробно и последовательно описаны экспериментальные данные по металлам и сплавам, полупроводникам и диэлектрикам.

В целом книга дает четкое представление о новом быстроразвивающемся направлении спектроскопических исследований. Уникальные свойства синхротронного излучения позволяют проводить исследования по гораздо более широкой программе, чем это отражено в монографии. Сами авторы отмечают, что они намеренно не включили многие применения синхротронного излучения, в частности рентгенолитографию, метрологические исследования в ВУФ области, очень бегло осветили многие другие вопросы. Это замечание нельзя рассматривать как критику в адрес авторов, поскольку в одном томе «нельзя объять необъятное», каковым является поле использования синхротронного излучения.

Книга чрезвычайно интересна для научных работников и инженеров, спектроскопистов самых разных профилей, специалистов в области атомной, молекулярной физики, физики твердого тела, а также лицам, интересующимся вопросами использования ускорителей.

М. Н. Якименко