

- [5] Захаров В.Е., Манаков С.В., Новиков С.П. и др. - Теория солитонов: Метод обратной задачи, М.: Наука, 1980, 319 с.
- [6] Акустические кристаллы, под ред. М.П. Шаскольской. М.: Наука, 1982, 631 с.

Киевский госуниверситет
им. Т.Г. Шевченко

Поступило в Редакцию
25 января 1984 г.

Письма в ЖТФ, том 10, вып. 11

12 июня 1984 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЭМИССИИ КРИСТАЛЛА MgO С ПРИМЕНЕНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.В. Кожевников, В.Н. Колобанов,
В.М. Михайлин, Н.А. Тимченко,
А.А. Шевцов

В течение последних лет широко изучались различными методами электронные и оптические свойства кристаллов окиси магния, которые, обладая кубической структурой, являются модельной системой диэлектрика с широкой запрещенной зоной. В настоящей работе впервые исследована фотоэмиссия монокристалла MgO в области энергий возбуждающих фотонов от 10 до 30 эВ. Использование для возбуждения фотоэмиссии синхротронного излучения, имеющего непрерывный спектр, позволило получить как семейство кривых энергетического распределения фотоэлектронов для фиксированных энергий возбуждающих фотонов, так и спектральные зависимости квантового выхода фотоэлектронов, имеющих различную энергию.

Исследования проводились на канале синхротронного излучения ускорителя „Сириус” НИИ ЯФ при ТПИ, оборудованном специализированным монохроматором, имеющим видоизмененную монтировку Водстворта без входной щели и вертикальную плоскость дисперсии [1]. Спектральное разрешение такого прибора в основном определяется размером изображения источника в плоскости выходной щели, в данном случае вертикальным размером электронного пучка в ускорителе, и составляет 0,2–0,3 нм. Расходящийся после выходной щели пучок излучения фокусируется на поверхность образца тороидальным зеркалом с золотым покрытием. Измерения проводились при остаточном давлении $\sim 5 \cdot 10^{-9}$ Тор и температуре 300 °К с помощью анализатора с тормозящим полем. В качестве образца использовался монокристалл MgO , выращенный в ИФ АН ЭССР по методике, описанной в [2]. Для компенсации заряда, возникающего на поверхности кристалла при фотоэмиссии, образец облучался широким пучком низкоэнергетических электронов с $\mathcal{E} = 1,5$ эВ.

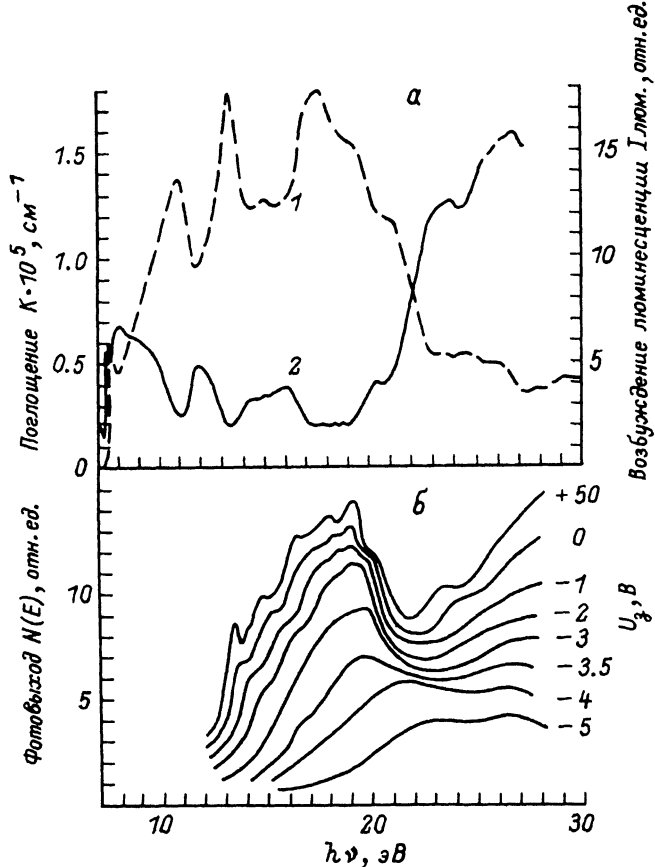


Рис. 1. а) спектр поглощения (1) и спектр возбуждения люминесценции (2) кристалла MgO ; б) спектры квантового выхода фотоэмиссии при различных задерживающих потенциалах.

Циклическая работа ускорителя с частотой 5 Гц позволила разделить по времени процессы измерения фотоэмиссии, осуществлявшееся во время цикла ускорения (44 мс), и компенсации заряда пучком электронов, проводимой в промежутках между циклами. Интенсивность потока электронов, необходимая для компенсации возникающего на образце заряда, подбиралась экспериментально в зависимости от режима работы ускорителя и выделяемой монохроматором энергии падающих на образец квантов. Регистрация спектров осуществлялась в режиме счета отдельных фотоэлектронов с использованием автоматизированной системы на основе ЭВМ «Саратов-2» и разработанного программного обеспечения [3].

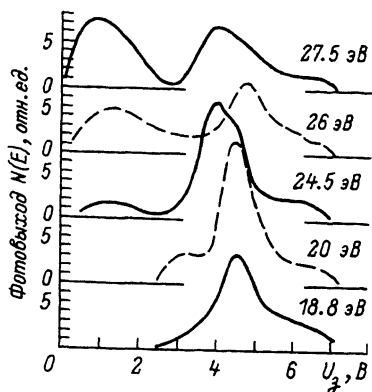
Результаты измерений представлены на рис. 1 и 2. На рис. 1, б представлены спектры квантового выхода фотоэмиссии кристалла MgO при различных потенциалах на тормозящей

Рис. 2. Энергетические распределения фотоэлектронов, вышедших из кристалла MgO при энергиях возбуждающих фотонов от 18,8 до 27,5 эВ.

сетке анализатора. Для сравнения на рис. 1, а приведены спектры возбуждения люминесценции и поглощения такого же кристалла, измеренные на канале СИ ускорителя С-60 ФИАН [4].

Эмиссия фотоэлектронов начинается при энергиях возбуждающих фотонов $h\nu = E_g + E_a$, где E_g - ширина запрещенной зоны, а E_a - энергия сродства к электрону. По нашим данным граница фотоэффекта для кристаллов MgO лежит при 9,9-10,0 эВ.

При увеличении энергии возбуждающих фотонов до 13 эВ выход фотоэмиссии быстро возрастает. В области энергии фотонов 13-19 эВ на фоне общего роста выхода фотоэмиссии наблюдается структура, коррелирующая с особенностями в спектре поглощения и определяемая, по-видимому, межзонными переходами. При повышении энергии возбуждения от 19,5 до 21,5 эВ наблюдается резкое уменьшение выхода фотоэмиссии, достигающее минимума около 22 эВ. При дальнейшем увеличении энергии фотонов выход фотоэмиссии снова возрастает и к 28 эВ достигает величины, соответствующей значению в максимуме при 19 эВ. Причем, при увеличении задерживающего потенциала квантовый выход в высокоэнергетической области существенно уменьшается, что говорит о большой доле низкоэнергетических электронов в общем числе фотоэлектронов, вышедших из кристалла. Такое поведение спектров квантового выхода фотоэмиссии в высокоэнергетической области возбуждения можно объяснить генерацией в кристалле MgO вторичных электронно-дырочных пар. В пользу этого механизма говорит также резкое возрастание при тех же энергиях возбуждения квантового выхода люминесценции (см. рис. 1, а). Начало размножения электронных возбуждений непосредственно проявляется в энергетических распределениях фотоэлектронов, измеренных при фиксированных энергиях возбуждающих фотонов в интервале от 18,8 эВ до 27,5 эВ (рис. 2). При энергии фотонов 18,8 эВ и 20 эВ в этих распределениях отсутствуют медленные фотоэлектроны ($U_3 \leq 2$ эВ), а общая их ширина соответствует, по-видимому, ширине валентной зоны в MgO . Из данных измерений ширину энергетического распределения фотоэлектронов можно оценить в 5-6 эВ. При увеличении энергии возбуждающих фотонов



в спектре энергетического распределения появляются медленные фотоэлектроны, относительная доля которых возрастает с увеличением энергии фотонов от 24,5 до 27,5 эВ. Появление медленных фотоэлектронов и рост выхода фотоэмиссии при энергии возбуждения больше 22 эВ на фоне продолжающегося резкого падения коэффициента поглощения свидетельствуют об идущих в *MgO* процессах размножения электронных возбуждений вследствие неупругого рассеяния первичных фотоэлектронов на валентных электронах кристалла.

Авторы выражают благодарность Ч.Б. Лушику за полезные обсуждения полученных результатов и А.А. Маароосу за приготовление кристаллов.

Л и т е р а т у р а

- [1] К о ж е в н и к о в А.В., Т и м ч е н к о Н.А. Монохроматор нормального падения для работ с синхротронным излучением в области 40-180 нм. - ПТЭ, 1982, № 2, с. 185-187.
- [2] М а а р о о с А.А. Монокристаллы *MgO* и *MgO-Al* повышенной чистоты. - Труды Института физики АН ЭССР, 1982, т. 53, с. 49-56.
- [3] П р е с л е р В.Т., Т и м ч е н к о Н.А., Ш е в ц о в А.А. Математическое обеспечение системы автоматизации эксперимента по фотоэлектронной спектроскопии с использованием синхротронного излучения. - В кн.: Тез. докл. П Всес. семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. - Новосибирск, 1982, с. 204-205.
- [4] А л е к с а н д р о в Ю.Н., В а с и л ь е в А.Н., К о л о б а н о в В.Н., Л у ш и к Ч.Б., М а а р о о с А.А., М а к о в В.Н., М и х а й л и н В.В., С ы р е й ш и к о в а Т.И., Я к и м е н к о М.Н. Исследование спектров возбуждения люминесценции и отражения окиси магния в области энергий 5÷28 эВ. - Тр. ИФ АН ЭССР, 1982, т. 53, с. 31-48.

Научно-исследовательский
институт ядерной физики
при Томском политехническом
институте им. С.М. Кирова

Поступило в Редакцию
25 февраля 1984 г.