

ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫЙ РАСПАД НЕКОТОРЫХ АВТОИОНИЗАЦИОННЫХ СОСТОЯНИЙ MgI И MgII

В.С. Вукстич, Ю.В. Жменяк, Е.Н. Постой

В процессе электронно-атомных столкновений впервые обнаружен, наряду с оже-распадом, излучательный распад $2p^5 3s^2$ состояния MgII и однофотонный двухэлектронный переход с автоионизационного $2p^5 3s 3p 4p$ состояния MgI.

В работе спектроскопическим методом впервые исследовано возбуждение и распад автоионизационных состояний MgI и MgII, сопровождающийся испусканием ультрамягкого рентгеновского излучения. Использовалась методика пересекающихся электронного и атомного пучков, вакуумный монохроматор скользящего падения лучей на дифракционную решетку с эффективной областью спектра 10 — 40 нм и каналовый электронный умножитель в качестве детектора излучения. Концентрация атомов в зоне столкновений составляла около 10^{12} атом/см³, плотность электронного пучка изменялась в пределах 1,2 — 2,5 А/см² в интервале энергий от 50 до 1000 эВ, энергетическая неоднородность электронов при этом не превышала 2 эВ.

Прежде всего тщательно изучен спектр излучения магния в диапазоне 10 — 40 нм. При этом обнаружены линии MgIII, MgIV и MgV, длины волн и пороги возбуждения которых известны из [1], а также две не-

отождествленные линии с длинами волн $20,4 \pm 0,1$ и $24,9 \pm 0,1$ нм. Для отождествления последних нами рассмотрены данные об энергетических уровнях атома магния и его ионов [1], данные экспериментов по фотопоглощению паров магния в ультрамягкой рентгеновской области спектра [2], а также данные по энергетическим спектрам электронов, возникающих при электронной бомбардировке атомов магния [3]. На основании этих данных была построена схема дискретных энергетических уровней MgI , $MgII$ и $MgIII$ (рис. 2), на которой указаны состояния, обусловленные: 1) возбуждением одного из $3s$ - и $2p$ -электронов и одновременным возбуждением обоих указанных электронов нейтрального атома; 2) ионизацией одного или двух электронов с одновременным возбуждением еще одного электрона в случае $MgII$, $MgIII$.

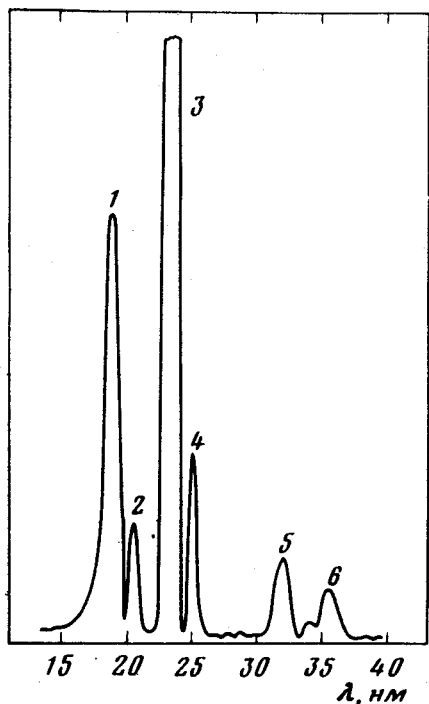


Рис. 1. Эмиссионный спектр магния при энергии налетающих электронов $E = 500$ эВ; 1 — 18,6/18,8 нм ($MgIII$); 2 — 20,4 нм (MgI); 3 — 23,1/23,4 нм ($MgIII$); 4 — 24,9 нм ($MgII$); 5 — 32,1/32,3 нм ($MgIV$); 6 — 35,1/35,5 нм (MgV)

Далее исследовались энергетические зависимости эффективности возбуждения обнаруженных линий (рис. 3), особенно тщательно припоговое их поведение. Шкала энергий корректировалась по известному [1] порогу возбуждения одной из самых интенсивных в спектре линий 23,4 нм. Таким образом установлены пороги возбуждения обнаруженных линий 20,4 и 24,9 нм, которые соответственно равны (61 ± 1) и (58 ± 1) эВ. Из рис. 2 видно, что исходные для этих линий уровни могут относиться к MgI или $MgII$. Учитывая тот факт, что для линии $20,4 \pm 0,1$ нм энергия перехода составляет $60,8 \pm 0,3$ эВ и согласуется в пределах ошибок эксперимента с порогом ее возбуждения 61 ± 1 эВ, приходим к выводу, что конечным состоянием данного спектрального перехода может быть только основное состояние атома. Как видно из схемы уровней (рис. 2) в интервале энергий 61 ± 1 эВ лежат только три известных

[2] уровня: $2p^5 3p^2 3d$, $2p^5 3s 3p 4p$ и $2p^5 3s 3p 5p$. По-видимому, исходным для линии 20,4 нм будет состояние $2p^5 3s 3p 4p$, так как по сравнению с ним возбуждение уровня $2p^5 3s 3p 5p$ будет менее вероятным, а для возбуждения и распада уровня $2p^5 3p^2 3d$ требуется большая перестройка оболочек.

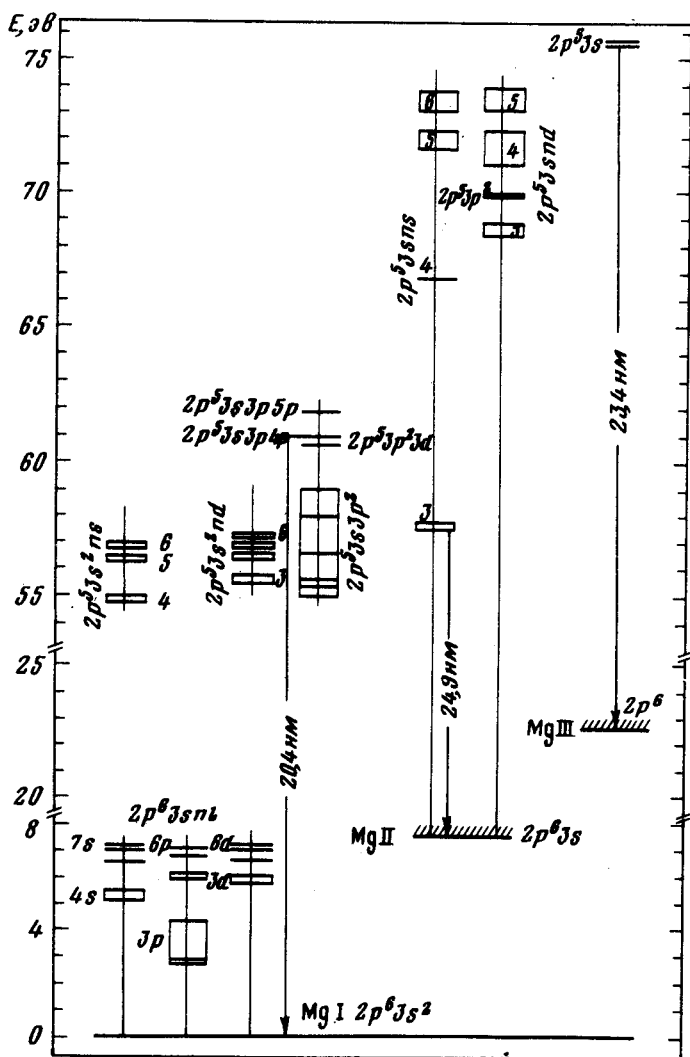


Рис. 2. Схема энергетических уровней Mg I, Mg II и Mg III

Таким образом, на основании анализа результатов эксперимента и литературных данных [1 - 3] можно утверждать, что линия 20,4 нм является результатом двухэлектронного однофотонного перехода в системе атома магния.

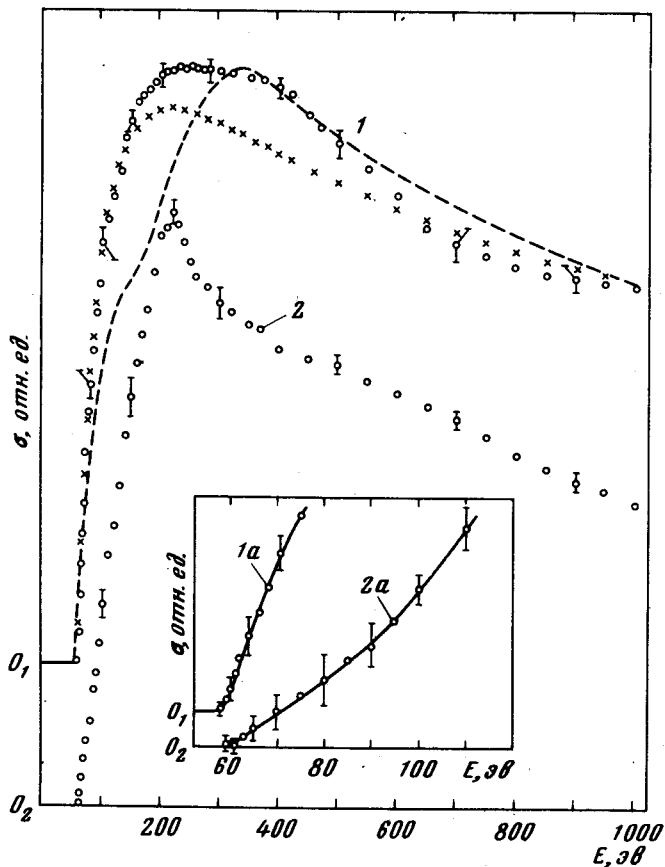


Рис. 3. Энергетические зависимости эффективных сечений возбуждения спектральных линий магния: 1 и 1а – 24,9 нм; 2 и 2а – 20,4 нм; пунктир – расчет [4]; × – наш расчет по методу [5]; вертикальными отрезками указан 90%-й доверительный интервал

Что касается линии 24,9 нм, то исходя из порога возбуждения 58 ± 1 эВ и длины волны, ее можно идентифицировать как результат излучательного распада автоионизационного $2p^5 3s^2$ состояния $MgII$. Излучение с близкими длинами волн могут давать также переходы между уровнями $2p^5 3s^2 ns$, $2p^5 3s^2 nd$ и $2p^6 3sns$, $2p^6 3s nd$ нейтрального атома. Однако в области энергии возбуждения линия 24,9 нм ($E = 58 \pm 1$ эВ) лежат только высоковозбужденные уровни этих конфигураций, которые, как известно, возбуждаются с малой вероятностью, и их радиационный распад не может дать столь сильную линию (см. рис. 1).

Функция возбуждения линии 24,9 нм, пронормированная на теоретический расчет [4, 5] при $E = 1000$ эВ (см. рис. 3), удовлетворительно описывает процесс $2p$ -ионизации магния. Если бы исходным для этой линии было состояние $2p^5 3s^2 nl$, вид функции возбуждения ее следовало бы ожидать подобным функциям возбуждения автоионизационных состояний атомов других щелочноземельных элементов [6].

Заметим, что состояние $2p^5 3s^2$ эффективно распадается безызлучательно [3]. Линии, соответствующие переходу $L_{23} - M_1 M_1$, являются самыми интенсивными в спектре оже-электронов. Остается невыясненным вопрос о соотношении вероятностей излучательного и безызлучательного распада этого состояния. Исходя из сравнения интенсивностей линии 24,9 нм и резонансного дублета $MgIII$ (23,1/23,4 нм) и учитывая экспериментальное значение сечения двукратной ионизации маг-

ния [7], можно лишь указать значение сечения возбуждения линии 24,9 нм в максимуме $\sim 5 \cdot 10^{-19}$ см².

Авторы благодарят И.П.Запесочного за постоянное внимание к работе и обсуждение ее результатов.

Ужгородский
государственный университет

Поступила в редакцию
19 июля 1979 г.

Литература

- [1] А.Р.Стриганов, Н.С.Свентицкий. Таблицы спектральных линий нейтральных и ионизованных атомов. М., Атомиздат, 1966.
 - [2] J.M.Esteva, G.Mehlman. The Astrophys. J., 193, 747, 1974.
 - [3] В. Breuckmann, V. Schmidt, W. Schmitz. J. Phys. B: Atom. and molec. Phys., 9, 3037, 1976.
 - [4] G. Peach. J. Phys. B, 3, 328, 1970.
 - [5] J.V.Mann. J. Chem. Phys., 46, 1646, 1967.
 - [6] И.С.Алексахин, Г.Г.Богачев, И.П.Запесочный, С.Ю.Угрин. Доклады АН СССР, сер. А, №4, 327, 1978.
 - [7] Frithjof Karstensen, Manfred Schneider. J. Phys. B: Atom. and Molec. Phys., 11, 167, 1978.
-