

2

СВЕЧЕНИЕ ВОЗБУЖДЕННЫХ МОЛЕКУЛ ГЕЛИЯ, ВОЗНИКАЮЩЕЕ ПРИ БОМБАРДИРОВКЕ ТВЕРДЫХ МИШЕНЕЙ ПУЧКОМ БЫСТРЫХ ИОНОВ ГЕЛИЯ

В.В.Грицина, Т.С.Киан, А.Г.Козаль, Я.М.Фочель

В нашей работе [1] было установлено, что при бомбардировке металлических мишеней быстрыми ионами водорода возникает светящийся ореол, простирающийся на расстояние 1 – 1,5 см от поверхности мишени. Было показано, что свечение этого ореола обусловлено излучением быстрых атомов водорода, возникающих при рассеянии ионов первичного пучка поверхностью мишени. В настоящем сообщении приводятся результаты исследования свечения, возникающего при бомбардировке ряда твердых мишеней пучком быстрых ионов гелия.

При падении на мишень, выделенного магнитным анализатором пучка ионов He^+ с энергией 20 кэВ и плотностью тока ~ 300 ма/см² вблизи мишени наблюдается светящийся ореол, который появляется сразу же после начала бомбардировки мишени. Общий характер этого ореола такой же как и при бомбардировке мишени ионами водорода (см. рисунок в работе [1]). Светящаяся область простирается от поверхности мишени на расстояние ~ 1 см. Спектр этого свечения, снятый с помощью спектрографа ИСП-51 в направлении перпендикулярном плоскости, образованной осью пучка и нормалью к поверхности мишени, состоит из ряда линий атома гелия. Длины волн этих линий и соответствующие им переходы указаны на рисунке (см. вклейку). Доплеровское уширение линий спектра HeI , а также заметная протяженность светящегося ореола указывают на то, что эти линии испускаются быстрыми возбужденными атомами гелия, возникшими в процессе рассеяния и нейтрализации первичных ионов при их взаимодействии с поверхностью мишени.

Дальнейшие наблюдения показали, что через некоторое время, достигающее нескольких часов, кроме свечения быстрых возбужденных атомов гелия появляется новое свечение, плотно прилегающее к поверхности мишени. Спектр этого свечения, снятый в направлении, образующем угол 45° с нормалью к поверхности мишени (пучок ионов He^+ также образовывал угол 45° с нормалью), состоит из ряда полос (ри-

сунок)¹⁾. Определение длин волн кантов полос, а также длин волн линий вращательной структуры, там где она достаточно разрешена показало, что приповерхностное свечение испускается возбужденными молекулами гелия. Указанные на рисунке длины волн, определенные из ряда спектров, полученных в настоящей работе, в пределах ошибки измерений совпадают с соответствующими длинами волн, определенными по молекулярным спектрам гелия, испущенным плазмой конденсированного разряда в гелии [2 – 13]. По-видимому, отсюда можно заключить, что наблюдаемое в настоящей работе свечение возбужденных молекул гелия испускается ими после того, как они отлетели от поверхности мишени. Очень малая протяженность свечения, дающего полосатый спектр, указывает на то, что возбужденные молекулы гелия имеют сравнительно малые скорости.

Спектр, подобный приведенному на рисунке, полученному при бомбардировке ионами He^+ графитовой мишени, получался и при бомбардировке мишеней из других материалов (Ni , Pt , Pd). Однако на поверхности этих мишеней при длительной бомбардировке ионным пучком образовывалась пленка свободного углерода²⁾, поэтому влияние природы материала мишени на процесс образования возбужденных молекул гелия в указанных случаях нельзя было установить.

Относительно возникновения возбужденных молекул гелия в процессе бомбардировки мишени пучком ионов He^+ можно высказать следующие предварительные соображения. Из опытов повнедрению ионов в металлические мишени [14] известно, что сначала внедренные частицы накапливаются на некоторой глубине под поверхностью мишени, равной среднему пробегу ионов в материале мишени. По мере увеличения дозы облучения зона значительной концентрации вбитых частиц расширяется, и в конце концов достигает поверхности мишени. По-видимому, с наступлением момента выхода выбитых атомов гелия на поверхность мишени и начинает наблюдаться свечение возбужденных молекул гелия.

Возможны два механизма выбивания возбужденных молекул гелия с поверхности мишени:

1. Атомы гелия в поле адсорбционных сил образуют на поверхности

¹⁾ В этом спектре также есть и линии HeI , так как в щель спектрографа попадает не только приповерхностное свечение, но и свечение ореола.

²⁾ Такие углеродные пленки образуются благодаря разрушению молекул углеводородов, адсорбировавших на поверхности мишени, ударом ионов бомбардирующего пучка.

мишени стабильную молекулу He_2 в основном электронном состоянии ¹⁾. Падающий на поверхность мишени ионный пучок сообщает молекуле He_2 энергию возбуждения и импульс, необходимый для ее ухода с поверхности мишени.

2. Частицы гелия, диффундирующие на поверхность мишени, находятся на ней в атомарном состоянии. Часть этих атомов гелия благодаря бомбардировке ионным пучком находится в возбужденном состоянии. Благодаря рекомбинации возбужденных и невозбужденных атомов гелия образуются возбужденные молекулы гелия ²⁾. Импульс, сообщенный этим молекулам в конце каскада столкновений, вызванного проникновением первичного иона в мишень, заставит их слетать с поверхности мишени.

В заключение следует указать, что при бомбардировке твердых мишеней пучком ионов гелия должно наблюдаться излучение непрерывного спектра в области вакуумного ультрафиолета. Это излучение будет возникать при переходах возбужденных молекул He_2 в основное нестабильное состояние.

Харьковский
государственный университет
им. А.М.Горького

Поступило в редакцию
16 декабря 1968 г.

Литература

- [1] V. V. Gritsyna, T. S. Kijan, A. G. Koval', Ja. M. Fogel'. Phys. Lett., 27A, 292, 1968.
- [2] W. E. Curtis. Proc. Roy. Soc., A89, 146, 1914.
- [3] W. E. Curtis. Proc. Roy. Soc., A101, 56, 1922.
- [4] W. E. Curtis, R. C. Long. Proc. Roy. Soc., A108, 513, 1925.
- [5] W. Weizel. Zs. Phys., 44, 440, 1927.
- [6] W. E. Curtis, A. Harvey. Proc. Roy. Soc., A121, 381, 1928.
- [7] G. H. Dieke, T. Takamine, T. Suga. Zs. Phys., 49, 637, 1928.
- [8] W. Weizel. Zs. Phys., 51, 328, 1928.

1) Как известно, изолированные молекулы He_2 в основном электронном состоянии не стабильны.

2) Образованием возбужденных молекул гелия в указанном процессе рекомбинации определяется кинетика послесвечения в распадающейся гелиевой плазме [15].

- [9] W. Weizel. *Zs. Phys.*, **54**, 321, 1929.
- [10] G. H. Dieke, S. Imanishi, T. Takamine. *Zs. Phys.*, **54**, 826, 1929.
- [11] G. H. Dieke, S. Imanishi, T. Takamine. *Zs. Phys.*, **57**, 305, 1929.
- [12] Marshall L. Ginter. *J. Mol. Spectr.*, **17**, 224, 1965.
- [13] Marshall L. Ginter. *J. Mol. Spectr.*, **18**, 321, 1965.
- [14] Н. П. Катрич. Диссертация, Харьков, 1967.
- [15] C. B. Collins, W. W. Robinson. *J. Chem. Phys.*, **40**, 2208, 1964.