

УДК 535.33:538.971

І.С. Шароді

Ужгородський національний університет, 88000, Ужгород, вул. Волошина, 54  
e-mail: ishar@ukr.net

## СПЕКТРАЛЬНИЙ СКЛАД ВИПРОМІНЮВАННЯ РОЗСІЯНИХ ЧАСТИНОК ПРИ БОМБАРДУВАННІ ІОНАМИ КАЛІЮ ПОВЕРХНІ АРСЕНІДУ ГАЛІЮ

Проаналізовано спектральний склад випромінювання при взаємодії прискорених іонів калію з поверхнею арсеніду галію, а також приведено виявлені в досліджуваному випромінюванні нові спектральні лінії атомів і іонів калію.

**Ключові слова:** іони калію, арсенід галію.

### Актуальність

Дана робота присвячена аналізу спектрального складу випромінювання при взаємодії прискорених іонів з поверхнею арсеніду галію й окремих металів з метою встановлення природи спектральних ліній, які спостерігались нами у виконаних раніше експериментах, але не були ідентифіковані через те, що в спектрах традиційних джерел випромінювання такі спектральні лінії не виявляються. Подібні за природою спектральні лінії спостерігали при іонному розпорошенні лужних металів і інші дослідники [1, 2]. Ми дійшли того ж висновку, що й автори цих робіт, пов'язавши появу нових переходів з автоіонізаційними станами атомів лугу, які формуються в специфічних умовах збудження при вибиванні та відльоті частинок калію від поверхні напівпровідника. Іонами калію нами бомбардувались різні метали, однак їх спектри суттєво різнилися від того, що отримували при бомбардуванні поверхні арсеніду галію щодо виявлених спектральних ліній атомів та іонів калію. Розсіювання іонів калію на металах супроводжувалось утворенням переважно збуджених іонів калію, а на матеріалах типу арсеніду галію – нейтралізацією іонів поблизу поверхні напівпровідника та формуванням збуджених і перезбуджених (автоіонізаційних) атомарних станів і менш ефективного збудження іонів.

### Методика і техніка

Експерименти проведені на установці «Ореол» [3]. Мішень у вигляді тонкої пластинки арсеніду галію ( $10 \times 10 \times 0,3$  мм<sup>3</sup>) бомбардували іонами калію з енергією 10 кеВ при густині струму  $0,1$  мА/см<sup>2</sup> і глибокому вакуумі (близько  $10^{-6}$  Па). Випромінювання, яке емітували розпорошені та розсіяні частинки, аналізували за допомогою світлосильного монохроматора МДР-2 із спектральним розділенням  $0,1$  нм, а його інтенсивність вимірювали з використанням високочутливого фотопомножувача типу ФЭУ-106. Спектрограми записували з допомогою самопишучого пристрою в діапазоні  $200-830$  нм. Ідентифікація спектральних ліній здійснювалась за допомогою спектроскопічних таблиць.

### Результати

Спектр випромінювання при бомбардуванні іонами калію поверхні арсеніду галію містить в дослідженому оптичному діапазоні спектральні лінії атомів та іонів калію, атомів та іонів галію, а також іонів миш'яку. Останні є розпорошеними частинками матеріалу мішені. Ідентифікація їх спектральних ліній труднощів не викликала. Що стосується атомів та іонів калію, то вони можуть бути як розсіяними частинками, так і розпорошеними із числа імплантованих в поверхневі шари мішені,

що бомбардується цими іонами. Виявлені нами в дослідженому випромінюванні нові спектральні лінії атомів та іонів калію приведені в таблиці. Приведені також для порівняння відносні інтенсивності та перехо-

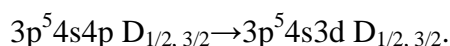
ди окремих найбільш інтенсивних відомих спектральних ліній атома та іона калію. Переходи для некласифікованих спектральних ліній в таблиці не вказані.

Таблиця

**Довжини хвиль та відносні інтенсивності некласифікованих та окремих відомих спектральних ліній калію**

Довжина хвилі, <i>нм</i>	Приналежність лінії	Інтенсивність, <i>відн.од.</i>	Конфігурація	
			нижнього стану	верхнього стану
334,5	К II	4	?	?
336,2	К I	11	$3p^5 4s 4p$	$3p^5 4s 3d$
337,4	К II	1,2	?	?
338,1	К II	2	$3p^5 4p$	$3p^5 4d$
604,5	К I	7	$3p^5 4s 4p$	$3p^5 4s 3d$
609,9	К I	3	$3p^5 4s 4p$	$3p^5 4s 3d$
611,7	К I	9	$3p^5 4s 4p$	$3p^5 4s 3d$
687,7	К I	31	$3p^5 4s 4p$	$3p^5 4s 3d$
691,1	К I	10	$3p^6 4p$	$3p^6 6s$
693,1	К I	16	$3p^5 4s 4p$	$3p^5 4s 3d$
766,5	К I	7500	$3p^6 4s$	$3p^6 4p$

Що стосується атомарних ліній, то ми пов'язуємо їх із переходами між перебудженими станами нейтрального атома калію, які лежать вище першого потенціалу збудження. Наприклад, для спектральних ліній 604,5 нм і 611,7 нм це можуть бути переходи типу



Зазначимо, що атомарні лінії є інтенсивніші за іонні. Іонних спектральних ліній спостерігалось тільки декілька, до того ж малої інтенсивності, хоча у випадку взаємодії іонів калію з поверхнею металів саме іонні лінії є найбільш інтенсивними. Правда, це справедливо тільки для металів з атомною масою більшою за атомну масу бомбардуючих іонів калію. Тобто на легших атомах мішені не відбувається розсіяння іонів калію назад, а тільки вибиваються імплантовані частинки, які є повільними за енергією відльоту та не формують при взаємодії з електронною підсистемою поверхні збуджені стани іонів [4-6].

Важливо також зазначити, що при даному способі формування збуджених станів атомів калію можливе перезаселення більш високо лежачих рівнів. Адже спостерігається порушення правила, за яким із збільшенням енергії збудження рівня заселеність зменшується. Так, ми не спостерігаємо спектральні лінії атома калію 693,6 нм, 606,4 нм, 696,5 нм, що відповідають переходам із більш низько лежачих рівнів конфігурації  $3p^6 4d$ , тоді як спостерігаємо досить інтенсивні переходи із рівнів конфігурацій  $3p^6 6s$  та  $3p^6 nd$  ( $n=5,6$ ).

### Висновки

Отже, застосування способу збудження частинок при розпорошенні та розсіянні у системі вдало вибраних партнерів „бомбардуючий іон-поверхня твердого тіла”, можна здійснювати пошук створення лазера, у т.ч. для вакуумно-ультрафіолетового діапазону, що надзвичайно актуально [7-9].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kierkegaard K. et al. Possible additions to spectrum of core-excited neutral sodium // *Phys. Rev. A.* - 1986. - Vol.33. - №2. - P. 1389-1391.
2. Veje E. Possible additions to the spectra of core-excited neutral potassium, rubidium and cesium // *Phys. Rev. A.* - 1987. - Vol.36. - №3. - P. 1474-1477.
3. Поп С.С., Белых С.Ф., Дробнич В.Г., Ферлегер В.Х. Ионно-фотонная эмиссия металлов. - Ташкент: Изд. ФАН Узб.ССР, 1984. - 200 с.
4. Дробнич В.Г., Поп С.С., Есаулов В.А. Доплеровская томография потока атомных частиц. - Ужгород: Закарпаття, 1998. - 125 с.
5. Поп С.С., Дробнич В.Г. Модели образования возбужденных состояний атомов, распыленных при ионной бомбардировке металлов // *Поверхность. Физика, химия, механика.* - 1985. - №.3. - С. 5-12.
6. Поп С.С., Шароди И.С. Эмиссия фотонов при ионной бомбардировке поверхности твердых тел// *Известия РАН. Серия физ.* - 2004. - Т.68. - №2. - С. 277-296.
7. Holgrem D.E. et. al. Laser spectroscopy of Na I quartets// *Phys. Rev. A.* - 1985. - V.31. - №2. -P. 677-683.
8. Borovik A.A. (Jr), Shimon L.L., Borovik A.A. Excitation of autoionizing states in potassium by electron impact // *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика.* - 2007. - №20. - С. 80-84.
9. Богачьов Г.Г. Емісійна ВУФ спектроскопія автоіонізаційних станів атомів металів // *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика.* - 2007.- №20. - С. 119-124.

Стаття надійшла до редакції 28.05.2011

I.S. Sharodi

Uzhhorod National University, 88000, Voloshin Str., 54  
e-mail: ishar@ukr.net

## **SPECTRAL STRUCTURE OF RADIATION OF SCATTERED PARTICLES UNDER POTASSIUM IONS BOMBARDMENT OF ARSENIDE OF GALLIUM SURFACE**

The spectral structure of radiation under interaction of accelerated potassium ions with arsenide of gallium surface is analyzed. Some new spectral lines of potassium atoms and ions in investigated radiation are given as well.

**Key words:** potassium ions, arsenide of gallium.

И.С. Шароди

Ужгородский национальный университет, 88000, Ужгород, ул. Волошина, 54

e-mail: ishar@ukr.net

## **СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ИЗЛУЧЕНИЯ РАССЕЯННЫХ ЧАСТИЦ ПРИ БОМБАРДИРОВКЕ ИОНАМИ КАЛИЯ ПОВЕРХНОСТИ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ**

Проанализирован спектральный состав излучения при взаимодействии ускоренных ионов калия с поверхностью арсенида галлия, а также приведены выявленные в исследованном излучении новые спектральные линии атомов и ионов калия.

**Ключевые слова:** ионы калия, арсенид галлия.