

ВУФ ИЗЛУЧЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ.

1. ПРИМЕНЕНИЕ К СПЕКТРОСКОПИИ ФТАЛОЦИАНИНОВ

Г.Ц. НЕРСИСЯН, В.О. ПАПАНЯН

Институт физических исследований НАН Армении

(Поступила в редакцию 20 октября 1994г.)

Разработан и испытан спектрометрический комплекс, предназначенный для регистрации спектров отражения, поглощения и возбуждения пленочных и массивных образцов в области 50-300 нм со спектральным разрешением до $3 \cdot 10^{-4}$ эВ. Применение ВУФ излучения плазмы от лазерного фокуса на газообразной либо твердотельной мишени делает возможным достижение спектральной интенсивности на образце $\sim 3 \cdot 10^6$ фотон/с·см⁻¹. В данном сообщении приводятся спектры некоторых металлфталоцианинов, полученные с помощью спектрометрического комплекса.

В связи с актуальностью получения спектров различных материалов в вакуумной ультрафиолетовой (ВУФ) области спектра возникает настоятельная необходимость в компактном и удобном источнике сплошного спектра. Наряду с использованием синхротронного излучения [1], в последние годы активно изучается возможность использования лазерной плазмы [2,3], излучение которой по интенсивности и доступности имеет некоторые преимущества. В предыдущей статье [4] были опубликованы результаты исследований разработанного и созданного нами спектрометрического комплекса на область длин волн 50-300 нм с использованием в качестве источника плазмы лазерного фокуса на твердых мишенях в вакууме. В данной работе сообщается об усовершенствовании установки путем использования лазерного фокуса в плотных газовых мишенях, контроля интенсивности реперного луча и т.д., а также приводятся полученные спектры отражения фталоцианинов. Продемонстрировано, что экспериментальный комплекс позволяет

осуществлять эффективную регистрацию спектров отражения, поглощения и возбуждения образцов различных материалов.

Спектрометрический комплекс (рис.1) включает вакуумный монохроматор ВМР-2, твердотельный лазер на неодимовом гранате (длительность импульса 15 нс, энергия 0,3 Дж), электронную систему регистрации и обработки и камеру источника излучения (газоразрядная трубка либо лазерная мишень). В настоящей работе в качестве мишени использовалась газовая камера объемом 200 см^3 , установленная перед входной щелью монохроматора и отделенная от него окошком из LiF . Камера имела боковые окна для ввода лазерного луча и визуального контроля оптического пробоя.

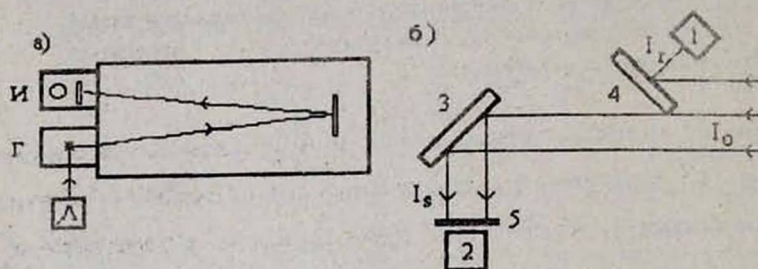


Рис.1. а) блок-схема экспериментальной установки: Л - лазер, Г - газовая камера, И - измерительная камера, О - образец, М - вакуумный монохроматор;

б) оптическая схема измерительной камеры, где показаны ВУФ излучение за выходной щелью монохроматора (I_0), а также опорный (I_r) и сигнальный (I_s) лучи: 1,2 - ФЭУ, 3 - исследуемый образец, 4 - расщепитель пучка со слоем салицилата натрия, 5 - слой салицилата натрия.

Лазерная плазма создается при фокусировании пучка линзой с фокусным расстоянием 6 см, создающей плотность излучения $1,5 \cdot 10^{10} \text{ Вт/см}^2$. Ось каустики лазерного фокуса ориентируется параллельно входной щели, что позволяет наиболее эффективно использовать свечение лазерной плазмы, которая имеет

продольный вертикальный размер около 7 мм и диаметр 0,7 мм, и обеспечить равномерное заполнение дифракционной решетки.

Континуумы излучения инертных газов находятся в области 150-300 нм с наложением уширенных линий, в основном, переходов атомных ионов инертных газов, а также водорода, кислорода и азота. Последние устраняются после надлежащей очистки газов и вакуумной системы. Как показали эксперименты, континуум лазерной плазмы гелия значительно слабее по сравнению с другими инертными газами. Наиболее подходящими оказались криптон и ксенон, континуум которых почти свободен от линейного спектра. Для исследований ВУФ спектров материалов важна коротковолновая граница излучения источника, которая определяется краем поглощения данного газа. Однако в данных экспериментах она определялась границей пропускания окна из LiF , а именно, на длине волны 140 нм пропускание составляло 30%.

В данной серии экспериментов использовался континуум излучения лазерной плазмы в криптоне. Заметим, что интенсивность излучения плазмы лазерного пучка зависит от давления газа. Существует оптимальное давление, выше которого интенсивность излучения падает. Для криптона оно составляет 1 атм. Порог оптического пробоя при этом давлении криптона равняется $3,7 \cdot 10^8$ Вт/см². Исходя из полученных ранее данных по эффективности оптической системы монохроматора и регистрирующей системы [5], можно оценить среднюю спектральную интенсивность ВУФ источника за выходной щелью монохроматора. Так, вблизи длины волны 220 нм она составляет $3 \cdot 10^6$ фотон/с·см⁻¹ при энергии импульса лазера 0,3 Дж и частоте следования импульсов 10 Гц. Для сравнения отметим, что этот параметр для синхротрона *DORIS* составляет 10^7 фотон/с·см⁻¹ (после монохроматизации)[1]. Достигнутая интенсивность источника ВУФ излучения при применении двухлучевой схемы,

которая описана ниже, позволила регистрировать коэффициенты отражения, поглощения и спектры возбуждения с точностью лучше 5% и спектральным разрешением от $3 \cdot 10^{-4}$ до $3 \cdot 10^{-2}$ эВ (в зависимости от ширины щелей монохроматора). Двухлучевая система (ранее в ВУФ диапазоне аналогичная схема была применена авторами [6,7]) реализуется с применением опорного сигнала (отображающего интенсивность излучения источника), который снимается с помощью делителя луча за выходной щелью монохроматора (рис.1). Расщепитель пучка (4) отражает опорный луч на ФЭУ (1). Остальной пучок направлен на подложку (3), на которую нанесен слой исследуемого материала. При исследовании спектра отражения, как показано на рис.1, отраженный луч (мы его называем сигнальным) попадает на слой салицилата натрия (5), флуоресценция которого регистрируется ФЭУ (2). При измерении спектра пропускания измеряется интенсивность проходящего луча.

Для калибровки зависимости излучения источника от длины волны в каждой серии измерений сначала регистрировался спектр отражения эталона (обычно алюминиевой пленки). Нестабильности же интенсивности от импульса к импульсу учитывались делением интенсивности сигнального луча на интенсивность опорного, которая проводилась с помощью специальной аналоговой схемы. Весь спектр сканировался автоматически, а результаты регистрировались на самописце.

Были измерены спектры отражения фталоцианина меди β -модификации (β -CuPc) и фталоцианина свинца моноклинной модификации ($PbPc(M)$) (рис.2). В качестве пробного материала для сравнения с хорошо известными в литературе данными использовался монокристалл кремния. Исследуемый образец β -CuPc представлял собой нанесенный на подложку спрессованный порошок, $PbPc(M)$ -поликристаллическую тонкую пленку.

Спектр отражения был получен для области длин волн 150-300 нм (4-8 эВ) с разрешением 0,03 эВ. Ранее опубликованные результаты в лучшем случае обеспечивали разрешение 0,5 эВ [8,9]. На спектре видны пики, соответствующие полосам поглощения, характерным для фталоцианинов: полоса N (264 нм), L (243 нм), C (214 нм), X_1 (172 нм), и X_2 (154 нм) [8,9]. Возможности установки позволяют разрешать тонкую структуру спектров, важную для интерпретации электронных переходов в металлфталоцианинах.

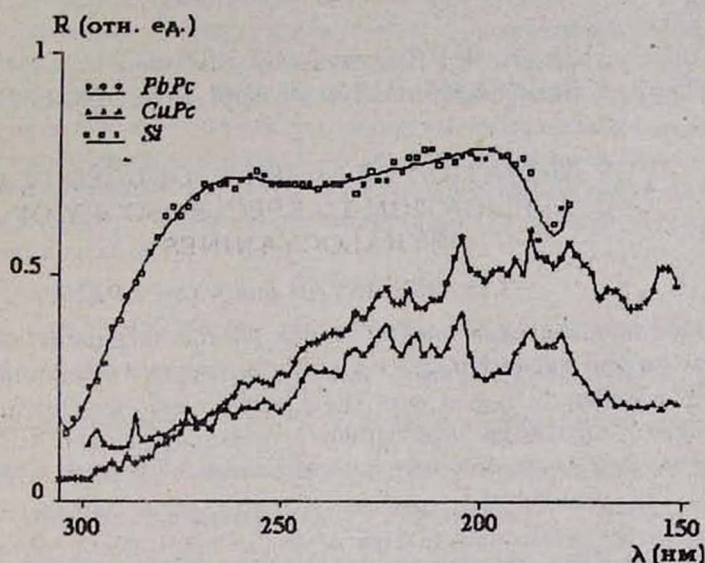


Рис.2. Зависимость коэффициента отражения от длины волны ВУФ излучения для β -CuPc, PbPc фталоцианинов и монокристалла кремния.

Авторы работы признательны М. В. Симоняну за предоставление образцов фталоцианинов и обсуждение результатов. Исследования, результаты которых приведены в данной публикации, стали возможны благодаря частичному финансированию со стороны Международного Научного Фонда гранта RY 6000.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синхротронное излучение, свойства и применение. М., Мир, 1981.
2. P.K.Caroll, E.T.Kennedy, G.O' Sullivan. Appl.Opt., 19 , 1454 (1980).
3. P.Laporte, N.Damany, H.Damany. Opt.Lett., 12 , 12 (1987).
4. Г.Ц. Нерсисян, К. Р. Мирзоян, В. О. Папанян. Изв. НАН Армении, Физика, 28 , 140 (1993).
5. А.Э. Маилян, Г.Ц.Нерсисян, В.О.Папанян. Квантовая электроника, 13, 1025 (1986).
6. В.Г. Богданов. В сб. " Физика вакуумного ультрафиолетового излучения", Киев, "Наукова Думка", 1974.
7. P.Laporte, J.L.Subtil, M.Bon, H.Damany. Appl.Opt., 20 , 2133 (1981).
8. E.H.Schechtman, W.E.Spicer. J.Mol. Spectr., 33 , 28 (1970).
9. H.Tada, K.Saiki, A.Koma. Jap. J. Appl. Phys., 28, L677 (1989).

VUV RADIATION OF LASER-PRODUCED PLASMA.

1. APPLICATION TO SPECTROSCOPY OF PHTHALOCYANINES

G.Ts. NERSISYAN and V.O. PAPANYAN

Spectrometric experimental device for measurements of reflection, absorption and excitation spectra of films and massive samples in 50 to 300 nm wavelength region with the spectral resolution down to $3 \cdot 10^{-4}$ eV is designed and tested. Application of plasma-produced VUV radiation from the laser beam focused onto a gaseous or a solid target makes it possible to achieve the spectral intensity on a sample up to $3 \cdot 10^6$ photon/s·cm⁻¹. Reflection spectra of β -CuPc and PbPc phthalocyanines obtained by using of this spectrometric device are reported here.

ԱՍԶԵՐԱՅԻՆ ՊԼԱԶՄԱՅԻ ՎՈՒՄ ՃԱՌԱԳԱՅԹՈՒՄԸ .

1. ՕԳՏԱԳՈՐԾՈՒՄԸ ՖՏԱԼՈՅԻԱՆԻՆՆԵՐԻ ՍՊԵԿՏՐԱՍԿՈՊԻԱՅՈՒՄ

Գ. Յ. ՆԵՐՍԻՍՅԱՆ, Վ. Օ. ՊԱՊԱՆՅԱՆ

Նախագծվել և փորձարկվել է սպեկտրամետրային համալիր, որը զրամցում է բաղաձայնի ու զանգվածային մնուշների կլամման, անդրադարձման և զրգման սպեկտրները ընդհուպ մինչև $3 \cdot 10^{-4}$ էՎ սպեկտրային լուծաչափությամբ սպեկտրի 50 - 300 նմ տիրույթում: Գազային կամ պինդ թիրախի վրա ստացվող լազերային կիզակետի պլազմայի ՎՈՒՄ ճառագայթման օգտագործումը հնարավոր է դարձնում մնուշի վրա $3 \cdot 10^6$ ֆոտոն/վ·սմ⁻¹ սպեկտրային ինտենսիվության ստացումը: Այս հաղորդման մեջ բերված են β -CuPc և PbPc ֆտալոցիանինների անդրադարձման սպեկտրները ստացված սպեկտրամետրային համալիրի միջոցով: