

Управление пиковым коэффициентом отражения в многослойных рентгеновских зеркалах на основе бериллия

Согласно исследованиям последних лет, формирование переходных слоев на межфазовых границах может существенно сглаживать резкость границ раздела и тем самым уменьшать отражательную способность многослойных рентгеновских зеркал (МРЗ). Учитывая, что в любых оптических схемах применяется несколько МРЗ (например, до 10 штук в рентгеновских литографах), понижение отражательной способности МРЗ всего на несколько процентов приводит к потере в светосиле всего прибора в 1,5-2 раза. В этой связи контроль протяженности и состава переходных слоев в МРЗ является крайне актуальной задачей науки и техники. Проблема качества интерфейсов в МРЗ особо актуальна при переходе в коротковолновую область вследствие уменьшения величины периода МРЗ до считанных нанометров, а также использовании новых комбинаций пар веществ, для которых строение межфазовых границ еще мало изучено. В этой связи, нами впервые был применён комплексный подход, основанный на совместном использовании рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), в том числе РФЭС высоких энергий и рентгеновской рефлектометрии, к определению химического состава и протяженности промежуточных слоев в МРЗ: Mo/Si, Mo/Be, W/Be.

Методом фотоэлектронной спектроскопии были изучены состав и протяженность межфазовой границы в Mo/Si, Mo/Be, W/Be МРЗ, а также возможность влияния на ее свойства, и, как следствие, на величину пикового коэффициента отражения, путем введения тонкого интерслоя между соседними слоями. На примере традиционного зеркала Mo/Si МРЗ, ранее развитый нами подход был адаптирован к анализу состава и протяженности межслоевых областей в МРЗ (рис.1). Показано формирование силицидов MoSi₂ разной толщины (в зависимости от порядка следования слоев) на межфазовых границах. Отметим, что приоритет в подобных исследованиях принадлежит нашей группе.

Были изучены зеркала на основе нового для МРЗ материала – бериллия. Установлено формирование двух типов бериллидов разной стехиометрии и толщины на межфазовых границах в зависимости от порядка следования слоев. На рис.2 приведено формирование межслоевой области для Mo/Be МРЗ: установлено формирование MoBe_x, 4.0 < x < 5.0 на границе Be-на-Mo (BOM) и MoBe_y, 1.0 < y < 1.6, на границе Mo-на-Be (MOB). Выявленное подавление формирования слоя BOM по мере увеличения числа периодов в МРЗ (при сохранении слоя MOB) указывает на уменьшение числа объемных дефектов в пленке Mo.

Выполненная коллективом группы работа показала, что встраивание тонких слоев на межфазовой границе позволяет управлять величиной пикового коэффициента отражения МРЗ. В частности, нанесение слоя В₄С на плёнку Мо приводит к увеличению пикового коэффициента отражения, что находится в полном согласии с выявленным механизмом формирования межслоевых областей. Полученный результат будет способствовать оптимизации технологии изготовления многослойных рентгеновских зеркал на основе пар веществ: селективных Mo/Be и Mo/Si МРЗ для литографии в области 11 нм и 13.5 нм, соответственно, и широкополосного W/Be МРЗ для рентгенофлуоресцентного анализа. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (Грант РНФ 19-72-20125) и опубликована в журналах *J. Phys. Chem. C* (2019) (DOI: 10.1021/acs.jpcc.9b07800), *Phys. Chem. Chem. Phys* (2019) (DOI: 10.1039/C9CP04582A), издаваемом Королевским химическим обществом (Великобритания).

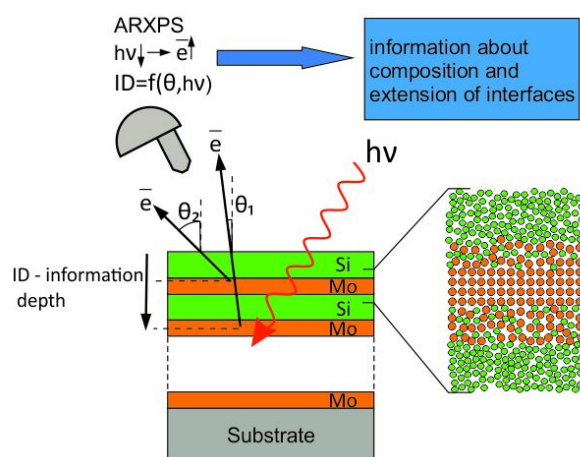


Рисунок 1

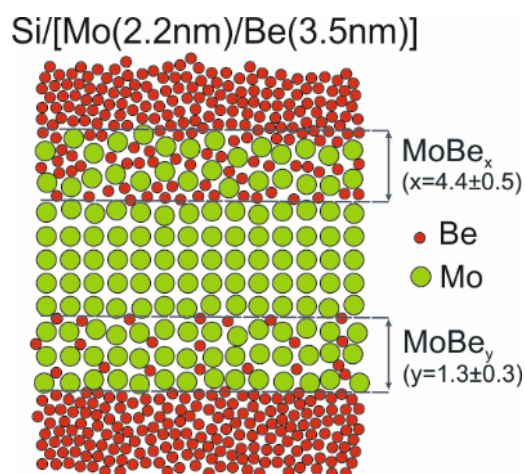


Рисунок 2

Авторы: научная группа д. ф.-м. н., профессора Е.О. Филатовой, кафедра электроники твердого тела.