Реферат

на тему: "Исследование нанообъектов методом электронной оже-спектроскопии. "

студент: Шерстобитов Н.С.

группа: Ф7-10-2/ФХ-10-2

преподаватель: Подгорный Д.А.

Москва 2013 г.

***Содержание***

Введение

Физические основы

Оже-процесс

Вероятность оже-эффекта

Глубина выхода оже-электронов

Анализ тонких пленок

Заключение

Список литературы

# ***Введение***

Когда какой-то атом ионизируется с образованием дырки с остовном уровне либо падающими фотонами, либо падающими электронами, обладающими достаточной энергией, ион в конечном счете теряет часть своей потенциальной энергии при заполнении этой дырки электронами с более мелких уровней, сопровождающемся передачей энергии. Эта энергия может либо выделиться в виде фотона, либо проявиться в виде кинетической энергии, переданной другому, более слабо связанному электрону. В случае этих конкурирующих процессов эмиссия фотонов преобладает только тогда, когда энергия начальной остовной дырки составляет более 10 кэВ. Именно этот физический процесс используется в обычных лабораторных источниках рентгеновского излучения. Альтернативная безызлучательная передача энергии в виде кинетической энергии эмитируемого электрона составляет основу оже-процесса, названного так в честь его первооткрывателя Пьера Оже. Основные преимущества такого метода - высокая чувствительность при проведении элементного анализа приповерхностной области толщиной 5-20 А, быстрота получения информации и возможность обнаружения всех элементов, следующих за гелием в таблице Менделеева. Оже-спектр дает надежную количественную информацию о составе приповерхностного слоя, а во многих случаях и сведения о химических связях. Первоначально ЭОС использовалась только для научных исследований, но сейчас она превратилась в стандартный метод лабораторного анализа. Она применяется в таких областях, как полупроводниковая технология, металловедение, катализ, минералогия и анализ полезных ископаемых, выращивание кристаллов. Круг ее применений быстро расширяется, и становятся более понятными основные механизмы ЭОС. Недавно появился ряд обзорных работ, посвященных этому методу и некоторым его приложениям.

# ***Физические основы***

В основе ЭОС лежат такие процессы, как ионизация внутренних атомных уровней первичным электронным пучком, безызлучательный оже-переход и выход оже-электрона в вакуум, где он регистрируется при помощи электронного спектрометра.

# ***Оже-процесс***

При бомбардировке материала электронами достаточных энергий внутренние оболочки (К, L, M и т.д.) некоторых его атомов могут быть ионизованы - образуется вакансия. Вакансия может заполняться за счет перехода электронов из внешних оболочек атома (L,M,N и т.д.).



При этом выделяется избыточная энергия Е1-Ек. Если эта энергия выделяется в виде фотона (радиационные переходы), то такой переход сопровождается флуоресцентным излучением. Если эта энергия передается другому электрону, находящемуся на этом же или другом энергетическом уровне, то этот электрон, имея достаточную энергию, выйдет из твердого тела (безизлучательные или оже-переходы). Второй эмитируемый электрон называется *оже-электроном.* Обычно оже-переходы обозначаются следующим образом. Первым записывается первоначально ионизованный уровень, затем уровень, с которого произошел переход электрона на появившуюся вакансию. И, наконец, записывается уровень, с которого происходит испускание оже - электрона. Энергию оже-электрона Ео можно оценить, исходя из энергий связи, например, для оже-процесса К-Li Ln.

Ео - Ек - (Ец, - E \*L ii),

где Ек - энергия связи К - и Li - оболочек нейтрального атома; Е\* Lii - энергия связи электрона в Lii - оболочке иона, имеющего одну вакансию в L-оболочке. Энергия связи данной оболочки в ионе, имеющем однодырочную конфигурацию, несколько больше, чем соответствующего ему атома.

Е\* - Ец (Z + AZ),

где (Z + AZ) - энергия связи электрона в L-оболочке, находящаяся в пределах значений для атомов с атомными номерами Z и Z+1, где 0 <AZ< 1. Например, Е для Z в районе 80 имеет значение AZ = 0,55. Более детальное рассмотрение оже-энергии требует знания связи, существующей между двумя незаполненными оболочками в конечном состоянии.

Из приведенной модели следует, что энергии оже-электронов характеризуют свойства атома, который испустил эти электроны. Пользуясь данными об атомных уровнях различных элементов, можно рассчитать ожидаемые величины оже-электронов для каждого сорта атомов.

Частным случаем эффекта Оже является переход Костера-Кронига, при котором первичная вакансия в некоторой оболочке заполняется электроном из той же оболочки (например, переход Li Lii M).

Для оже-процесса нужны, по крайней мере, два энергетических уровня и три электрона. Поэтому в атомах водорода и гелия оже-электроны возникать не могут.

Пиком Оже могут быть приписаны определенные энергии, а по ним определена соответствующая химическая природа атомов лишь в том случае, если оже-электроны выходят из поверхностного слоя без значительной потери энергии в результате неупругого рассеяния. Оже-электроны, претерпевшие перед выходом в вакуум неупругие столкновения, дадут просто вклад в энергетическое распределение вторичных электронов и могут несколько "размазать" пик в низкоэнергетическую зону.

Электроны, покидающие поверхность, должны терять определенное количество энергии, равное значению работы выхода. Необходимо также учитывать контактную разность потенциалов между образцом и анализатором.

# ***Вероятность оже-эффекта***

Относительная вероятность проявления оже-эффекта зависит от атомного номера исследуемого элемента. В первом приближении теории возмущения вероятность оже-перехода в единицу времени равна.

W - 2p/h | Y’1 Y’2 V Y1 Y2 dV1dV2|2

где Y1, Y2 и Y’1, Y’2 - исходные и конечные волновые функции двух электронов, участвующих в оже-переходе; V=e2/|r1-r2| - энергия взаимодействия электронов.

Расчеты показали, что вероятность оже-переходов растет с увеличением атомного номера Z, стремясь к насыщению для тяжелых элементов. Вероятность радиационных переходов с ростом атомного номера растет гораздо сильнее (~Z4). Поэтому с ростом атомного номера, вследствие значительного увеличения вероятности радиационных переходов, относительная вероятность проявления безизлучательных оже-переходов уменьшается. для легких атомов относительная вероятность оже-переходов составляет ~ 95%, а для тяжелых (Z > 70) ~ 10%.

# ***Глубина выхода оже-электронов***

Высокая чувствительность ЭОС к условиям на поверхности обусловлена малой средней длиной свободного пробега электронов с кинетической энергией 20-250 эВ. Оже-электроны, отдавшие энергию на возбуждение плазменных колебаний, на возбуждение внутренних оболочек или на межзонные переходы, исключаются из наблюдаемых оже-пиков и становятся частью почти однородного фона, на который накладываются оже-пики. Потери на фононах малы по сравнению с естественной шириной оже-пиков и не влияют на глубину выхода. Поэтому выход оже-электронов не зависит от температуры образца.

Глубину выхода оже-электронов чаще всего определяют опытным путем, нанося атомно-однородные слои на металлические подложки и регистрируя при этом ослабление оже-пиков подложки. Амплитуда пиков экспоненциально уменьшается с увеличением толщины покрытия, что согласуется с экспоненциальной зависимостью вероятности выхода от глубины, на которой расположен эмиттирующий атом. На основе данных различных экспериментаторов была построена "универсальная" кривая глубины выхода, представленная на рисунке выше. На рисунке видно, что глубина выхода слабо зависит от вида матрицы. Это и понятно, ибо основные механизмы потерь включают в себя возбуждение электронов валентной зоны, а плотность валентных электронов не является сильно меняющейся функцией *Z*.

электронная спектроскопия ионное распыление



# ***Анализ тонких пленок***

В комбинации с ионным распылением характерную для ЭОС чувствительность к состоянию поверхности можно использовать для определения профиля концентрации элементов по глубине в тонких пленках. Как показано на рисунке ниже, ионный пучок создает кратер, диаметр которого намного больше диаметра электронного зонда. Профиль концентрации по глубине получают путем непрерывной регистрации элементного состава на дне кратера в ходе распыления. Ионная бомбардировка, проводимая одновременно с электронной, оказывает малое влияние на оже-анализ, поскольку число вторичных электронов, возбуждаемых ионным пучком, намного меньше, чем при возбуждении первичным электронным пучком. Требуемое для нормальной работы ионной пушки постоянное давление аргона - 5\*10-5 мм. рт. ст. также практически не влияет на работу оже-спектрометра.



Главным преимуществом непрерывного ионного распыления в ходе записи оже-спектра перед записью спектра в перерывах ионного распыления является сильное уменьшение поверхностных загрязнений. В условиях, типичных для измерения профилей, поверхность распыляется со скоростью несколько атомных слоев в секунду. Если парциальное давление активных газов поддерживается на уровне К) - 7 мм рт. ст. или меньше, то максимальная скорость адсорбции загрязнений составляет 0,1 монослоя в секунду. При таких условиях концентрация поверхностных загрязнений не может превышать нескольких процентов атомного слоя. Откачка активных газов титановым ионно-сорбционным насосом, охлаждаемым жидким азотом, позволяет добиться значительно меньшей поверхностной концентрации загрязнений.

В ранних работах по измерению профилей результаты получались путем многократного сканирования энергии пропускания анализатора в интервале, охватывающем все нужные оже-пики. Изменение амплитуды этих пиков регистрировалось одноканальным самописцем. Такая методика была очень несовершенной, поскольку только небольшая часть сканируемого интервала энергий содержит оже-пики. Кроме того кривые зависимостей амплитуды оже-пиков от времени распыления приходилось строить вручную. В настоящее время при исследовании концентрационных профилей лишь для нескольких элементов пользуются мультиплексными системами, которые резко уменьшают время сбора данных и обеспечивают более удобную индикацию их. Возможности такой многоканальной системы иллюстрируются кривыми, представленными на рисунке ниже. Энергетические окна выбраны так, чтобы из всего спектра вырезались только нужные пики, а именно Si, О, Сг и Ni Анализ проводится поочередно в каждом из окон в последовательности 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4 и т.д.



При сканировании каждого окна электронная схема измеряет амплитуду соответствующего оже-пика и автоматически регистрирует ее на оси Y двухкоординатного самописца, когда достигается верхняя граница энергетического интервала. Изменение же координаты по оси X пропорционально времени распыления. В многоканальных схемах можно также изменять чувствительность независимо в каждом канале. Записи амплитуды оже-пиков О, Сг, Ni и Si, полученные непосредственно в ходе распыления нихромовой пленки.

В методике, сочетающей ЭОС с ионным распылением, разрешение по глубине определяется несколькими факторами. К ним относятся однородность ионного пучка на исследуемом участке поверхности, глубина выхода оже-электронов и однородность образца Потерями в разрешении из-за неоднородности ионного пучка можно пренебрегать в тех случаях, когда его размеры велики по сравнению с электронным пучком. Вклад глубины выхода составляет только 5-20А и остается постоянным в процессе распыления. Наиболее важным фактором, ограничивающим разрешение по глубине, является неоднородность образца, обусловленная неодинаковой толщиной тонких пленок на исследуемых поверхностях, наличием поликристаллических зерен, сравнимых по размерам с толщиной пленки, а также образованием выделений элементов пленки. Очевидно, что неоднородность толщины пленки ограничивает разрешение величиной, не превышающей процентной неоднородности толщины иленки на исследуемой площади.



Разрешение по глубине определяется относительными скоростями распыления преципитатов и матрицы пленки, содержащей выделения, а также зависимостью выхода распыления от ориентации зерен в поликри - сталлических пленках1). В общем разрешение по глубине не превышает примерно 10% распыляемой толщины, но в оптимальных условиях может достигать 3%. Наилучшее разрешение получено на аморфных пленках. Так, например, на фиг.12 приведен профиль, полученный для оптического покрытия; разрешение здесь составляет 3% глубины распыления.

# ***Заключение***

Метод электронной оже-спектроскопии основные области применения исследования нано объектов, которая непрерывно расширяются по мере совершенствования самого метода. Примером этого может служить появление сканирующей оже-спектроскопии, позволяющей получать карты распределения различных элементов с разрешением в несколько десятков нанометров, в результате чего стало возможно использовать ОЭС в микроэлектронике. Современные приборы дополнительно снабжены источниками ускоренных ионов, которые могут послойно стравливать образцы.

# ***Список литературы***

1) А. Зандерны Методы анализа поверхностей - М.: Издательство "Мир" 1979.

) Д. Бригс, Сиха М.П. Анализ поверхности методом оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии - М: Москва "Мир" 1987.

) Карлосон Т.А. Фотоэлектронная и Оже-спектроскопия. - Л.: 1981.

) Д. Вудраф, Т. Делачар Современные методы исследования поверхности-М: Москва "Мир" 1989.