

11

© 1991

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОЙ УПОРЯДОЧЕННОСТИ ПЛЕНОК
ЖЕЛЕЗО-ИТТРИЕВОГО ГРАНАТА
НА ЭМИССИЮ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ

Л.С. И л ь и н с к и й, А.А. Л а в р е н т ь е в

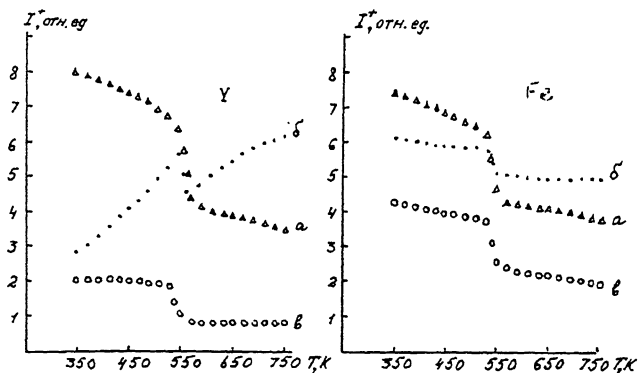
Особенности изменения эмиссии вторичных частиц под действием ионной бомбардировки при фазовых переходах представляют интерес при изучении механизмов взаимодействия атомных частиц с поверхностью твердого тела.

Для ферромагнитных материалов зависимости коэффициентов распыления и вторичной ионной эмиссии наиболее полно изучены в работах [1, 2]. В качестве мишеней использовались никель, кобальт и другие материалы. Обнаружено изменение выходов атомов и ионов под действием ионной бомбардировки при переходе материалов из ферромагнитного в парамагнитное состояние. Как правило, наблюдается увеличение коэффициентов распыления и уменьшение эмиссии вторичных ионов, что связывается с изменением энергии связи атомов и плотности электронных состояний вблизи уровня Ферми.

Представляет интерес определение характера изменения коэффициента распыления и вторичной ионной эмиссии при изменении магнитной упорядоченности многокомпонентных ферромагнитных материалов. В качестве такого материала использовались монокристаллические пленки железо-иттриевого граната (ЖИГ) Y_3FeO_{12} . ЖИГ переходит из упорядоченного ферромагнитного в неупорядоченное парамагнитное состояние при $T = 550$ К. Исследования проводились на вторично-ионном анализаторе, созданном на базе статического масс-спектрометра МИ-1201Б. Эпитаксиальные пленки ЖИГ толщиной 12 мкм распылялись пучком ионов Ar^+ с энергией 6 кэВ под углом 60° относительно нормали к поверхности. Плотность ионного тока составляла $2 \cdot 10^{-3}$ А/см². Давление в рабочей камере поддерживалось на уровне $4 \cdot 10^{-6}$ Па. Нагрев образца в температурном диапазоне 300...800 К осуществлялся электронной бомбардировкой.

Полный коэффициент распыления ЖИГ определялся посредством измерения скорости распыления при фиксированной температуре. Глубина кратера травления оценивалась с помощью профилометра. Шаг изменения температуры составлял $\Delta T = 20$ К. Обнаружено, что полный коэффициент распыления ЖИГ в парамагнитном состоянии в 2,5...3,0 раза больше, чем в ферромагнитном состоянии.

Нами регистрировались энергетические спектры вторичных ионов основных компонентов пленок ЖИГ, находящихся в ферромагнитной



Температурная зависимость ионного выхода компонентов ЖИГ: а – энергетическое окно 0... 40 эВ; б, в – низкоэнергетичная и высокоэнергетичная составляющие спектра вторичных ионов соответственно.

и парамагнитной фазах. Измерения показали, что при переходе через точку Кюри происходит трансформация формы кривой энергетического распыления и смещение максимума распределения. При этом характер изменения спектра различен для ионов Y^+ и Fe^+ . Энергетический сдвиг происходит в область меньших энергий и для Y^+ составляет $\Delta E=2$ эВ, а для Fe^+ $\Delta E=6$ эВ. При комнатной температуре положение максимума энергетического распределения E_m для Y^+ и Fe^+ отличается на 6 эВ, $E_m(Y) < E_m(Fe)$.

Авторами ранее исследована температурная зависимость ионно-ионной эмиссии компонентов ЖИГ [3, 4]. Регистрировались пики вторичных ионов Y^+ , Fe^+ , Fe^{3+} в широком энергетическом диапазоне $\Delta E=0...40$ эВ. В настоящей работе изучен характер изменения вторично-ионного сигнала компонентов ЖИГ для низкоэнергетичной и высокоэнергетичной составляющих энергетического спектра вторичных ионов. На рисунке показаны зависимости ионного выхода от температуры. Из представленных кривых видно, что при переходе из упорядоченного в неупорядоченное магнитное состояние имеет место аномальное уменьшение сигнала вторичных ионов основных компонентов ЖИГ. В то же самое время характер изменения ионного выхода Y^+ и Fe^+ в широком температурном диапазоне различен для низкоэнергетичной и высокоэнергетичной составляющих спектра. Для ионов иттрия, покидающих поверхность с низкими энергиями (до положения максимума E_m), наблюдается увеличение сигнала с ростом температуры, в то время как ток ионов с высокими энергиями уменьшается. Температурная зависимость выхода вторичных ионов железа имеет ниспадающий характер как для низкоэнергетичной, так и для высокоэнергетичной составляющих. Анализ кривых энергетического распределения и характера изменения ионного выхода различных компонентов

ЖИГ в состояниях магнитной упорядоченности и парамагнитном позволяет сделать следующие выводы. Различие в положении максимума энергетического распределения для ионов γ^+ и Fe^+ говорит о различном значении энергии связи атомов иттрия и железа на поверхности пленки. При этом предполагается, что в области максимума формы кривых энергетического распределения распыленных атомов и ионов идентичны. В результате преимущественного распыления одной из компонент изменяется состав распыляемой поверхности и как следствие нарушается кристаллическая и электронная структура поверхности. Кроме того, энергия связи атомов в парамагнитном состоянии меньше, чем в ферромагнитном (максимум энергораспределений сдвигается влево на несколько электронвольт при переходе через точку Кюри). Уменьшение энергии связи в парафазе приводит к увеличению выхода атомов при ионной бомбардировке. Магнитная упорядоченность материала пленок ЖИГ влияет и на долю распыленных ионов с низкими и высокими энергиями. Это связано с вероятностью нейтрализации выбитых ионов вблизи границы вакуум-твердое тело. Различный характер в поведении сигнала компонентов с разными энергиями может говорить об отличных механизмах ионообразования для атомов иттрия и железа.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Ю р а с о в а V.E. // Vacuum. 1986. V. 36. N 10. P. 609.
- [2] Е в д о к и м о в И.Н., Ю р а с о в а В.Е. // Поверхность. 1988. № 9. С. 5.
- [3] И л ь и н с к и й Л.С., Л а в р е н т ь е в А.А. // Тез. докл. Всесоюз. конф. „Ионно-лучевая модификация материалов“. Каунас, 1989. С. 111.
- [4] I l y i n s k y L., L a v r e n t j e v A. // Vacuum. 1991. V. 42. N 1/2. P. 173.

Поступило в Редакцию
9 апреля 1991 г.