

ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА СУБМОНОСЛОЙНЫХ
ПОКРЫТИЙ Au И Ag НА ПОВЕРХНОСТИ Ge

Н.В. Д а н и л ь ц е в

Явление резонансного туннелирования в процессах полевой эмиссии электронов открывает широкие возможности при исследовании электронной структуры адсорбированных атомов на поверхности эмиттера. Впервые возможности электронно-полевой спектроскопии были продемонстрированы в работе [1] на примере адсорбции Ca , Va на разных гранях атомарно-чистой поверхности W эмиттера.

В данной работе были исследованы субмонослойные покрытия Au и Ag на разных гранях атомарно-чистой поверхности Ge эмиттера. Состояние поверхности эмиттера контролировалось по эмиссионному изображению на аноде спектрометра электронов полевой эмиссии [2]. В результате отжига и десорбции полем была получена атомарно-чистая поверхность Ge эмиттера, а эмиссионное изображение соответствовало выбранной кристаллографической ориентации (ось эмиттера совпадает с направлением $[111]$). При температуре эмиттера 300 К адсорбция золота и серебра на атомарно-чистой поверхности Ge эмиттера происходит различным образом. Адсорбция золота носит локальный островковый характер, серебро покрывает поверхность эмиттера достаточно равномерно, однако взаимодействие адсорбированных атомов с поверхностью зависит от кристаллографической грани. Это проявляется в том, что окрестность грани (100) обладает повышенной эмиссионной способностью, по сравнению с окрестностью грани (111).

Прогрев до 450 К субмонослойных покрытий золота и серебра на поверхности Ge эмиттера существенно изменяет взаимодействие адсорбированных атомов с поверхностью. Наблюдается резкое изменение эмиссионных изображений. Они приобретают явно выраженный симметричный характер (фотографии на рис. 1 и рис. 2), повторяющий симметрию подложки. Эмиссионные изображения, соответствующие субмонослойным покрытиям Au и Ag , после температурного прогрева практически совпадают, что свидетельствует о сходном характере адсорбции данных материалов на атомарно-чистой поверхности Ge эмиттера. Более резкое отличие адсорбции наблюдается на разных кристаллографических гранях, как для серебра, так и для золота. Взаимодействие атомов Ag с разными гранями было исследовано в работах [3, 4]. Оказалось, что химическая связь $Ag-Ge$ сильнее на грани (111) и существенно слабее на грани (100). С этим хорошо согласуется форма эмиссионных изображений систем $Au-Ge$, $Ag-Ge$. Проявляется это в том, что в окрестности граней (100) наблюдается яркая область, т. е. повышенная эмиссионная способность, окрестность грани (111) существенно темнее.

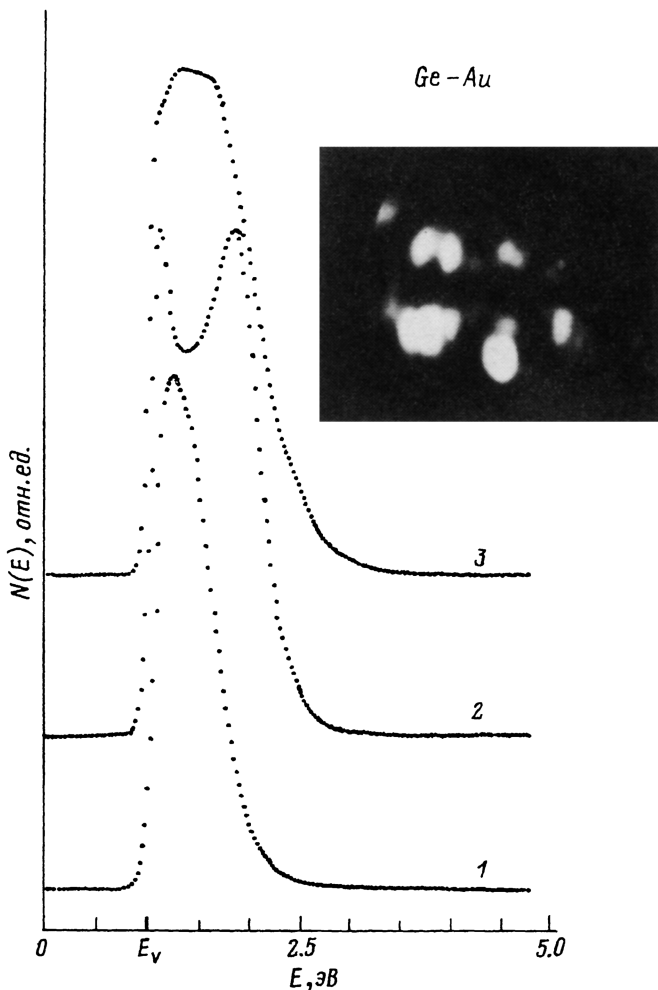


Рис. 1. Энергетическое распределение электронов полевой эмиссии при адсорбции Au на атомарно-чистой поверхности Ge эмиттера (1 - $U_a=1.5$ кВ, 2 - $U_a=1.6$ кВ, 3 - $U_a=1.65$ кВ).

На рис. 1 представлены спектры электронов полевой эмиссии, измеренные в кристаллографическом направлении (КН), соответствующем яркой области на эмиссионном изображении. Измерения проводились для разных значений анодных напряжений U_a , т. е. для разных значений величины поля у поверхности эмиттера. При переходе от одного спектра электронов к другому величина эмиссионного поля изменяется приблизительно на единицы процентов. При увеличении U_a в спектрах электронов полевой эмиссии (рис. 1, 1-2) наблюдается появление структуры (E_V - положение вершины

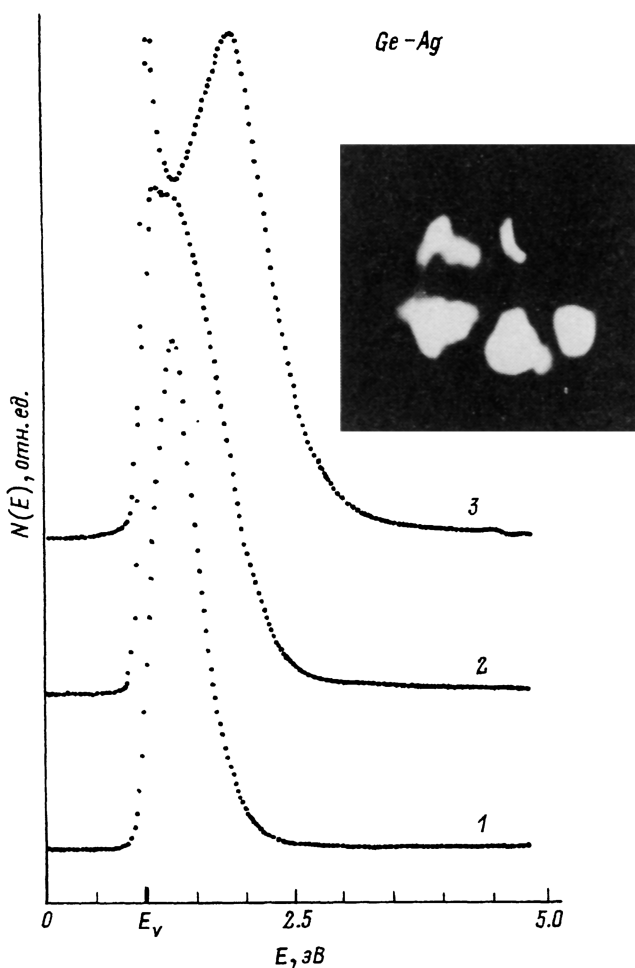


Рис. 2. Энергетическое распределение электронов полевой эмиссии при адсорбции *Ag* на атомарно-чистой поверхности *Ge* эмиттера (1 - $U_a=1.5$ кВ, 2 - $U_a=1.6$ кВ, 3 - $U_a=1.7$ кВ).

валентной зоны в объеме эмиттера). При дальнейшем увеличении U_a эта особенность смещается к дну валентной зоны, для еще больших значений U_a (спектр 3, рис. 1) структура в спектре электронов резко изменяет форму. Такое поведение связано с тем, что вначале возбужденные $6p$ уровни атомов Au , через которые наблюдается резонансное туннелирование, расположены выше вершины валентной зоны германия, т. е. при малых эмиссионных полях, и в основном определяют наклон низкоэнергетичного края спектра электронов, т. е. справа от максимума в спектре (кривая 1, рис. 1).

При увеличении U_a , т. е. величины поля у поверхности эмиттера, эти уровни вначале опускаются к вершине валентной зоны, пересекают ее, затем начинают перемещаться от вершины к дну валентной зоны. Таким образом, сначала наблюдается появление первого уровня, а затем второго. Энергетический интервал между особенностями в спектре электронов (спектр 3, рис. 1) совпадает по величине с энергетическим интервалом между этими уровнями в изолированном атоме Au . На рис. 2 представлены спектры электронов полевой эмиссии, соответствующие системе $Ag-Ge$, в том же КН. Для этой системы также наблюдается резонансное туннелирование через 5p уровни атомов Ag , однако в спектрах электронов появляется только одна особенность, т. к. энергетический интервал, разделяющий возбужденные 5p уровни атома Ag , существенно меньше, чем у Au . Необходимо отметить, что резонансное туннелирование наблюдается для всех КН в пределах ярких областей эмиссионных изображений. Отличие для разных КН заключается в том, что меняется относительная величина особенностей. Специфика данных систем (по сравнению с адсорбцией металлов на металлах) заключается в том, что уровни атомов адсорбата смещаются существенно при увеличении поля у поверхности эмиттера.

Таким образом, адсорбция атомов Au и Ag на атомарно-чистой поверхности Ge зависит от температуры эмиттера и кристаллографической грани. Изменение в спектрах электронов полевой эмиссии (по сравнению с атомарно-чистой поверхностью) связано с явлением резонансного туннелирования при субмонослойных покрытиях и в меньшей мере с изменением работы выхода эмиттирующей поверхности.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] P l u m m e r E.W., Y o u n g R.D. // Phys. Rev. B. 1970. V. 1. N 5. P. 2088-2109.
- [2] Д а н и л ь ц е в Н.В., М и л е ш к и н а Н.В. // ФТТ. 1986. Т. 28. В. 11. С. 3533-3536.
- [3] R o s s i G., A b b a t i I. // Phys. Rev. B. 1982. V. 25. P. 3619-3626.
- [4] M i l l e r T. // Solid State Com. 1984. V. 50. N 4. P. 327-330.

Ленинградский государственный университет

Поступило в Редакцию
17 мая 1989 г.