

ДИФРАКЦИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ПРОВОДИМОСТИ НА ГРАНИ (110) МОНОКРИСТАЛЛА ВОЛЬФРАМА

*П.П.Луцишин, Т.Н.Находкин, О.А.Панченко,
Ю.Г.Птушинский*

Показана дифракционная природа взаимодействия электронов проводимости с поверхностью металла. Исследован случай поверхностной рекомбинации электронов.

Согласно развитым ранее представлениям [1, 2], характер отражения электронов проводимости зависит от состояния поверхности металла и определяется дифракционными явлениями в наружном атомном слое

твердого тела. Это позволяет предполагать, что тангенциальные компоненты квазиимпульсов падающих и отраженных электронов связаны векторами обратной поверхностной решетки кристалла. Для регулярных, сохраняющих естественную трансляционную симметрию поверхностей, это может приводить к зеркальному отражению всех групп электронов. Эксперимент [3 - 6] подтверждает это обстоятельство.

Не менее важными являются случаи, когда на поверхности металла находится упорядоченная примесная пленка, симметрия которой отличается от симметрии грани-подложки. Настоящая работа посвящена исследованию влияния адсорбированных упорядоченных пленок кислорода на характер отражения электронов от грани (110) монокристалла W. Данные о структурных превращениях в адсорбированном слое получены методом дифракции медленных электронов (ДМЭ). Данные о характере отражения получены методом статического скин-эффекта [3, 7]. В этом случае, как известно, магнетосопротивление пластины зависит от характера отражения электронов и ориентации магнитного поля.

Конструкция экспериментального прибора позволяла проводить измерения на образцах, очищенных и сохраняемых в условиях высокого вакуума ($6 \cdot 10^{-10}$ мм рт.ст.). Установка включала систему ДМЭ, систему охлаждения образца, систему контроля температуры образца, источник газообразного кислорода, манометр и геттерный насос. Исследуемые образцы вырезались из слитка с отношением $R_{300\text{K}} / R_{42\text{K}} \sim 10^5$ в виде пластин с размерами $10 \times 4 \times 0,12$ мм³. Процедуры, связанные с очисткой поверхности, описаны ранее в работе [3]. Сильное ($\omega_c \tau \gg 1$) магнитное поле ($H = 9,4$ кЭ) лежало в плоскости образца и было перпендикулярно текущему через пластину электрическому току ($j \perp H$). Напыление кислорода проводилось на очищенную, охлажденную до ~ 5 К, поверхность кристалла.

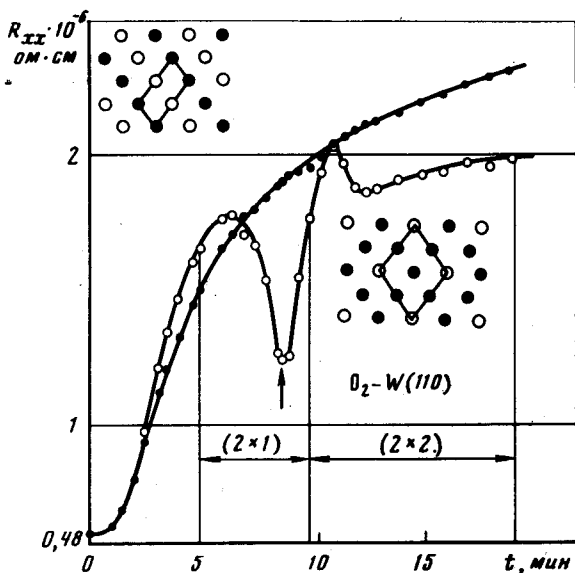


Рис.1. Зависимость R_{xx} от времени напыления кислорода: ● — пленка не подвергалась отжигу, ○ — после отжига

Соответствующие изменения магнетосопротивления $R_{xx}(t)$ приведены на рис.1. Отжиг пленки при ~ 400 К приводит к изменению хода $R_{xx}(t)$ в области существования упорядоченных структур (белые кружки). Ми-

нимуму на этой зависимости соответствует наибольшее развитие структуры (2×1); в максимуме структура (2×2) достигает наибольшего развития и остается затем практически неизменной. Последовательность наблюдавшихся картин ДМЭ приведена на рис.2. Первой из них соответствует дифракционная картина для чистого вольфрама. Отметим здесь, что система O_2 - грань (110) W многократно исследовалась ранее методом ДМЭ и наши данные в этой части совпадают с известными [8, 10]. Отметим также, что в результате резкого уменьшения коэффициента прилипания кислорода в области покрытий $\theta = 0,8$ [11], в наших условиях структура (1×1), соответствующая заполнению монослоя, не достигалась.

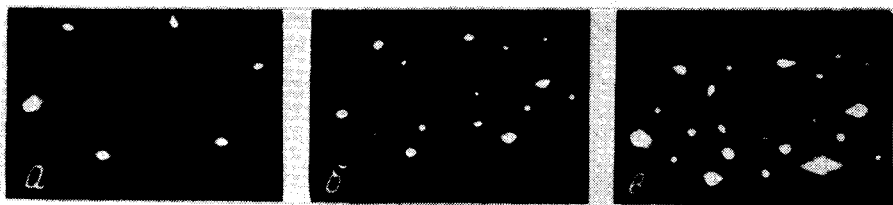


Рис.2. Последовательность дифракционных картин: *a* - чистая поверхность, *b* - структура (2×1) *c* - структура (2×2). В поле зрения объектива экран наклонен на угол $\sim 45^\circ$

При интерпретации полученных данных будем исходить из того, что отраженные электроны проводимости могут переходить в те состояния, которые обусловлены группой симметрии соответствующей двумерной поверхностной решетке и геометрией поверхности Ферми металла. Рассматриваемую геометрическую ситуацию поясняет рис.3, на котором представлена теневая проекция поверхности Ферми вольфрама на плоскость (110) [12]. Исследуем отражение электронов, предполагая, что симметрия понижена в два раза. По установившейся терминологии этому соответствует двумерная структура (2×2), которая представлена на рис.2, *c* и вставке рис.1. Так как векторы обратной поверхностной решетки равны теперь $\pi \hbar \mathbf{b}_{1,2}$ вместо $2 \pi \hbar \mathbf{b}_{1,2}$, то соответствующие им узлы обратной решетки могут размещаться как на электронных, так и на дырочных участках поверхности Ферми. При этом часть брегговских отражений не реализуется, так как некоторые узлы не совмещаются с какими-либо участками поверхности Ферми. Таким образом, неопределенность по импульсу в тангенциальных направлениях может приводить к переходам между электронным "валетом" и дырочным "октаэдром": в этом случае примесная упорядоченная пленка кислорода включает механизм поверхностной рекомбинации электронов.

Рассмотрим другую ситуацию, которая возникает при образовании структуры (2×1) (рис.2, *b* и вставка на рис.1). Для этой структуры неопределенность по импульсу в тангенциальных направлениях может приводить к перебросам между физически эквивалентными точками фазового пространства. Такие структуры, очевидно, дают зеркальные отраже-

ния. Отметим, также, что при "разрыхлении" пленки в предельном случае произвольного распределения адсорбированных частиц, поверхностное рассеяние носит, по-видимому, изотропный характер и сопровождается как внутри-, так и межзонными переходами.

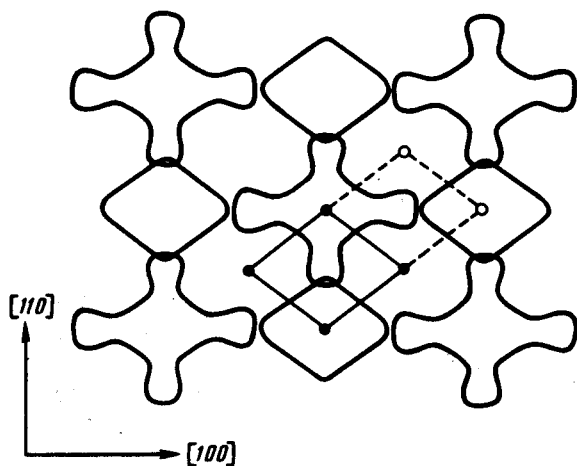


Рис.3. Проекция поверхности Ферми на плоскость (110). Сплошные линии – обратная решетка (2 × 1), штрихованные линии дополняют ячейку до (2 × 2)

Возвращаясь к экспериментальным данным рис.1, отметим следующее. Первому максимуму на кривой $R_{xx}(t)$ соответствует область неупорядоченной адсорбированной пленки, и, по-видимому, изотропное отражению электронов. Появление фазы (2 × 1) приводит к резкому падению сопротивления пластины и отражению электронов, близкому к зеркальному. Переход структуры (2 × 1) в (2 × 2) дает новое увеличение сопротивления R_{xx} . В этом случае рекомбинация носителей заряда приводит к ослаблению поверхностного тока в пластине, поскольку дрейф электронов и дырок, формирующих статический скин-эффект, происходит в различные стороны; это уменьшает подвижность квазичастиц у поверхности образца [13, 14].

Выражаем благодарность В.Ф.Гантмахеру и В.Г.Песчанскому за полезные замечания.

Институт физики
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
4 апреля 1980 г.

Литература

- [1] А.Ф.Андреев. УФН, **105**, 113, 1971.
- [2] Р.Ф.Грин. Сб. "Поверхностные свойства твердых тел", М. изд.Мир, 1972, стр.127.
- [3] П.П.Луцишин, О.А.Панченко, А.А.Харламов. ЖЭТФ, **64**, 2148, 1973.
- [4] А.А.Харламов, О.А.Панченко, И.Н.Яковкин. ЖЭТФ, **71**, 760, 1976.
- [5] А.А.Mitrjaev, О.А.Panchenko, J.J.Razgonov, V.S.Tsoi. Surface Sci., **75**, 376, 1978.
- [6] С.И.Божко, А.А.Митряев, О.А.Панченко, И.И.Разгонов, В.С.Цой. ФНТ, **5**, 739, 1979.

- [7] В.Г.Песчанский, М.Я.Азбель. ЖЭТФ, 55, 1980, 1968.
- [8] L.H.Germer, J.W.May. R.J.Szostak. Surface Sci., 4, 452, 1966; 7, 430, 1967.
- [9] G.C.Wang, M.G.Lagally. Surface Sci., 81, 69, 1979.
- [10] В.Е.Безвенюк, В.А.Ищук, Ю.Г.Птушинский, А.Г.Федорус. ФТТ, 21, 1273, 1979.
- [11] В.С.Босов, Б.А.Чуйков. УФЖ, 18, 1568, 1973.
- [12] В.В.Бойко, В.А.Гаспаров. ЖЭТФ, 61, 2372, 1971.
- [13] О.А.Панчеко, А.А.Харламов, Ю.Г.Птушинский. ЖЭТФ, 67, 780, 1974.
- [14] В.Г.Песчанский, К. Ясемидис. ФНТ, 6, 541, 1980.
-