

ДВУМЕРНЫЕ РЕШЕТКИ АДсорБИРОВАННОГО ВОДОРОДА НА ГРАНИ (011) ВОЛЬФРАМА И ИХ РАЗУПОРЯДОЧЕНИЕ

*В.В.Гончар, О.В.Канаш, А.Г.Наумовец,
А.Г.Федорус*

Исследована структура пленок водорода на грани (011) вольфрама и фазовые переходы порядок — беспорядок в этих пленках. Обнаружено разупорядочение двумерных решеток водорода при попадании на поверхность электронов с тепловыми скоростями.

Адсорбция водорода на металлах вызывает большой интерес как в связи с проблемами физики поверхности и катализа [1], так и в связи с проблемой металлического водорода [2]. В настоящей работе исследованы структура и процессы упорядочения и разупорядочения субмонослойных пленок водорода на грани (011) кристалла вольфрама. Эта грань имеет наиболее "гладкий" потенциальный рельеф, что, в принципе, должно благоприятствовать проявлению возможных квантовых эффектов при адсорбции водорода.

Структура двумерных пленок исследовалась методом дифракции медленных электронов при помощи электронографа, в котором образцы охлаждались жидким гелием [3].

По мере увеличения степени покрытия водорода наблюдаются изменения дифракционной картины, показанные на рис. 1, *a*, *б*, *в*, *д*. Этому соответствует образование упорядоченных структур $p(2 \times 1)$, (2×2) и $p(1 \times 1)$ при степенях покрытия θ ¹⁾ соответственно 1/2, 3/4 и 1. Дифракционные картины *a*, *б*, *в* и *д* с наиболее резкими рефлексами наблюдается после отжига пленки (при $T_{\text{отж}} = 30 - 160 \text{ K}$ в зависимости от θ). Однако и без отжига при адсорбции на поверхность образца, охлажденного до $T \approx 5 \text{ K}$, пленки не являются аморфными. В этих условиях в пленке устанавливается некоторый ближний порядок, о чем можно судить по электронограммам с диффузными рефлексами типа показанной на рис. 1, *г*, для $\theta = 1/2$. Одна из вероятных причин этого явления — локальное изменение потенциального рельефа подложки, индуцированное адсорбцией H_2 .

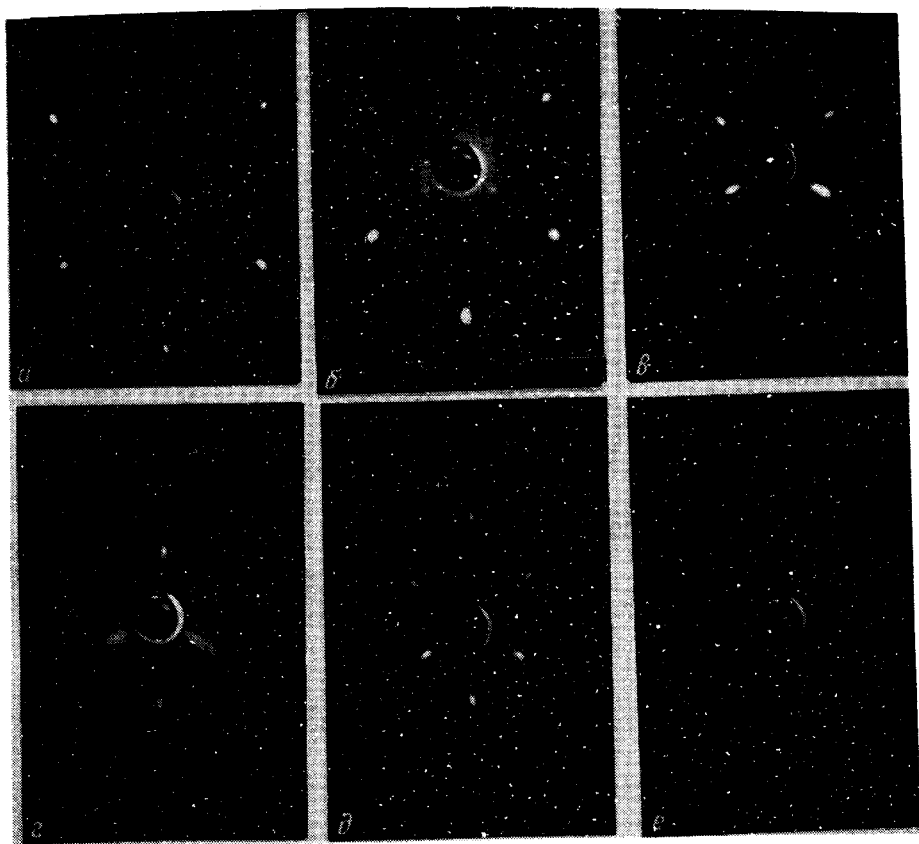


Рис. 1. Дифракционные картины системы $\text{H}_2 - \text{W}(011)$ при $T = 5 \text{ K}$: *a* — чистая подложка (энергия электронов 54 эВ); *б* — $\theta = 1/2$ после отжига $T = 120 \text{ K}$ (64 эВ); *в* — та же картина при энергии 21,4 эВ; *г* — $\theta = 1/2$ без отжига (22,1 эВ); *д* — $\theta = 3/4$ после отжига $T = 160 \text{ K}$ (18,8 эВ); *е* — $\theta = 3/4$ после двухминутной экспозиции под пучком электронов (22,1 эВ при плотности тока $5 \cdot 10^{-4} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$)

¹⁾ Под степенью покрытия здесь подразумевается отношение атомных концентраций адсорбата и поверхностных атомов подложки. Степень покрытия определялась из данных структурного анализа поверхности.

Кроме необратимых изменений структуры, происходящих при отжиге, в уже отожженных пленках можно наблюдать обратимые фазовые переходы порядок — беспорядок. Параметром, чувствительным к степени упорядоченности, является интенсивность сверхструктурных рефлексов при дифракции. На рис. 2 показаны температурные зависимости интенсивности собственных рефлексов структур $p(2 \times 1)$ и (2×2) . Они заметно отличаются от кривых, описываемых моделью Изинга (см., например, [4]). Более высокая критическая температура перехода для структуры (2×2) , которой соответствует фаза β_1 , обнаруживаемая в опытах по термодесорбции, характеризует более сильное взаимодействие между адатомами в этой фазе по сравнению с фазой β_2 , имеющей структуру $p(2 \times 1)$.

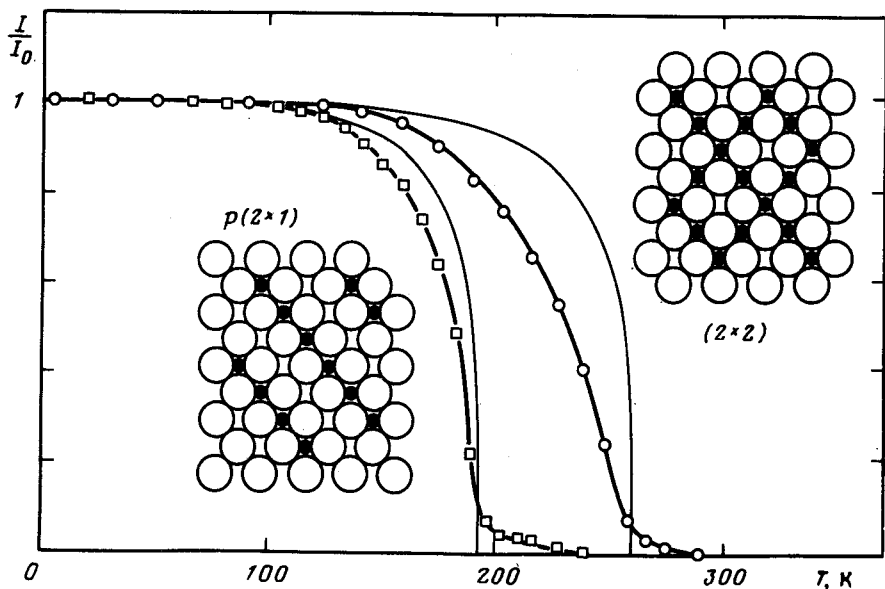


Рис. 2. Температурные зависимости интенсивности дифракционных рефлексов для структур $p(2 \times 1)$ и (2×2) . Гипотетические модели структур показаны рядом с соответствующими кривыми (светлые кружки — атомы вольфрама, черные — атомы водорода). Интенсивность нормирована по значению при $T = 5$ К. Тонкими линиями показаны кривые для модели Изинга

При достаточно низкой температуре двумерные решетки адатомов водорода разупорядочиваются вследствие попадания на поверхность электронов. Это проявляется в постепенном угасании сверхструктурных рефлексов на дифракционной картине (рис. 1, в) подобно тому, как это было описано ранее для системы $\text{Li} - \text{W} (011)$ [5]. Однако в отличие от прежде описанного эффекта, не было обнаружено какого-либо порога энергии электронов, разрушающих поверхностные структуры водорода на вольфраме (011). Энергетическая зависимость скорости электронно-стимулированного разупорядочения показана на рис. 3, на котором также приведена кривая задержки электронного тока пушки электронографа. Как ясно из сравнения этих зависимостей, в данном случае разупорядочение происходит под воздействием электронов с тепло-

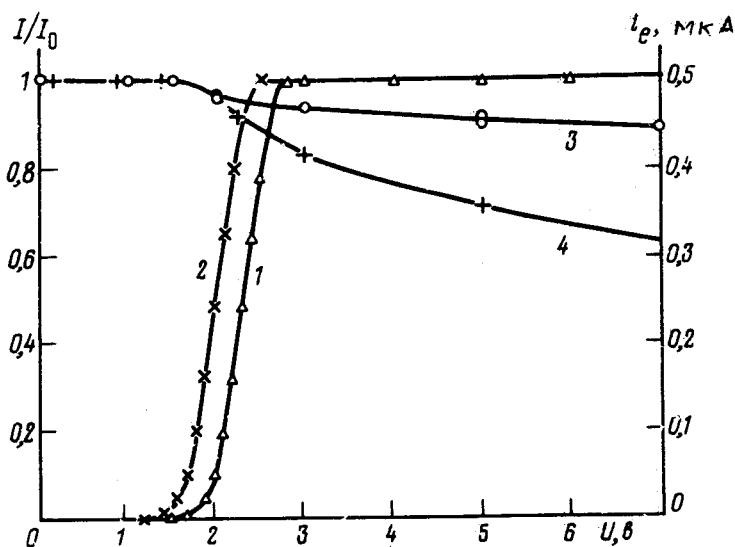


Рис.3. Вольт-амперные характеристики электронного тока i_e на кристалл (1, 2) и отношение интенсивности сверхструктурных рефлексов после одноминутной экспозиции под пучком к начальной интенсивности (3, 4) в зависимости от напряжения между катодом пушки и образцом. Кривые 1, 3 — для структуры $p(2 \times 1)$; 2, 4 — для (2×2)

выми скоростями. Заметный эффект затухания сверхструктурных рефлексов (на несколько процентов за 1 мин) удается зафиксировать уже при облучении кристалла пучком с током $5 \cdot 10^{-8}$ А и с энергиями электронов, соответствующими максвелловскому "хвосту" на участке задержки вольт-амперной характеристики (ток насыщения $5 \cdot 10^{-7}$ А, диаметр пучка 1 мм). По-видимому, дефекты в двумерной решетке могут создаваться даже предельно медленными электронами за счет энергии, выделяемой ими при попадании на поверхность. Напомним, что работа выхода грани (011) вольфрама, покрытой пленкой водорода, составляет 5 эВ. Вероятно, как и в случае электронно-стимулированной десорбции, адатом при взаимодействии с попадающим на поверхность электроном переходит в некоторое метастабильное возбужденное состояние. Под возбуждением здесь подразумеваются любые возможные переходы из основного состояния адатома, в том числе захват или потеря электрона и т. п. После возбуждения происходит смещение адатома к новому равновесному положению и, таким образом, часть энергии электронной подсистемы может быть передана атомной подсистеме. В результате этого в двумерной решетке может образоваться дефект.

Авторы благодарны Ю.М.Кагану, беседы с которым стимулировали постановку настоящей работы.

Литература

- [1] L.D.Schmidt. In Topics in Applied Physics, v.4, Interactions on Metal Surfaces, ed by R.Gomer, Springer-Verlag, Berlin, 1975, p. 63.
 - [2] Е.Г.Максимов, О.А.Панкратов. УФН, 116, 385, 1975.
 - [3] О.В.Канаш, А.Г.Наумовец, А.Г.Федорус. ЖЭТФ, 67, 1818, 1974.
 - [4] G.Doyen, G.Ertl, M.Plancher. J. Chem. Phys., 62, 2957, 1975.
 - [5] А.Г.Наумовец, А.Г.Федорус. ЖЭТФ, 68, 1183, 1975.
-