

ПОСЛОЙНЫЙ РОСТ ПЛЕНКИ ЛИТИЯ НА ГРЯНЯХ (011) ВОЛЬФРАМА И МОЛИБДЕНА: ПРОЯВЛЕНИЕ В ИЗМЕНЕНИИ РАБОТЫ ВЫХОДА

Ю.С.Ведула, В.В.Поплавский

Впервые обнаружены особенности в изменении работы выхода при образовании полислоев Li на гранях (011) W и Mo, свидетельствующие о послойном росте пленок. Предполагается, что при 300 К формируются пленки с ориентацией (011) ОЦК, а при 77 К – с ориентацией (0001) ромбоэдрической решетки Li. Отличие объясняется полиморфизмом Li.

Фазовые изменения, происходящие в адсорбированных пленках по мере роста покрытия, проявляются в ряде характеристик, в частности, в концентрационной зависимости работы выхода. Известно, что основные изменения работы выхода ϕ заканчиваются с образованием первого монослоя адсорбата ¹.

В работе ставилась задача путем повышения точности измерений обнаружить особенности в изменении ϕ в процессе роста адсорбированных сверхмонослойных пленок. Исследовались системы Li – W (011) и Li – Mo (011). Применялся метод контактной разности потенциалов, при этом использовалась система автоматической записи кривых изменения ϕ поверхности в процессе адсорбции – $\phi(t)$ ². Чувствительность методики составляла несколько миллизектронвольт. Поток атомов лития был строго калиброванным, что позволило на основании данных $\phi(t)$ получить зависимости $\phi(n)$ (n – поверхностная концентрация атомов лития) (рис. 1). Калибровка осуществлялась по времени достижения ϕ_{max} при образовании первого слоя ³. В качестве исходной работы выхода чистых подложек принимались значения 5,35 и 5,0 эВ для вольфрама и молибдена соответственно ⁴. Зависимости $\phi(n)$ при образовании первого и второго слоя лития описаны в ^{3, 5} и здесь обсуждаться не будут.

При образовании сверхмонослойных покрытий при $T = 300$ К ϕ на обеих подложках претерпевает изменения до $n \cong 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ (рис. 1, вверху), т.е. вплоть до образования практически четырех атомных слоев. На кривых, воспроизведенных по диаграммным записям, наблюдаются изломы, которые, начиная со второго слоя, повторяются после нанесения очередной порции, равной $n_1 = (1,17 \pm 0,02) 10^{15} \text{ см}^{-2}$. Данная концентрация весьма близка к концентрации атомов на грани (011) ОЦК массивного лития, которая, в соответствии с величиной постоянной решетки лития при $T = 300$ К ($a = 3,502 \text{ \AA}$ ⁶), составляет $1,15 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$. Это позволяет заключить, что на исследованных подложках в процессе напыления на них лития послойно образуются монокристаллические пленки с ориентацией (011). Причем послойный рост пленки на молибдене осуществляется по меньшей мере до четырех слоев, а на вольфраме – немногим более трех слоев, после чего изменение ϕ прекращается. По-видимому, найденное при $n \gtrsim 5 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$ значение ϕ пленки лития, равное $3,11 \pm 0,05$ эВ, относится к плотноупакованной грани (011) лития. Другие экспериментальные данные о ϕ_{hkl} для лития нам не известны. Мож-

но лишь отметить, что полученное значение согласуется со значением для поликристаллического лития⁴.

В процессе напыления лития на молибден (011) при 77 К изменение ϕ наблюдается и после нанесения четвертого слоя (рис. 2). Обращает на себя внимание строгая периодичность полученной зависимости. При этом амплитуда изменения ϕ , равная вначале $\sim 0,015$ эВ, с толщиной пленки постепенно уменьшается и при достижении 9 – 10 слоев изменение ϕ в пределах разрешающей способности метода прекращается. Периоду зависимости соответствует концентрация $n_2 = (1,22 \pm 0,02) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$, что отличается от величины, полученной при 300 К. При объяснении этого факта необходимо учесть, что при $T < 80$ К, как это следует из недавно полученных результатов⁶⁻⁸, в кристалле лития происходит полиморфное превращение от ОЦК структуры к плотноупакованной ромбоэдрической фазе, параметры решетки которой $a = 3,0986 \text{ \AA}$, $c = 22,735 \text{ \AA}$ ⁶. Вполне вероятно, что такое превращение имеет место и в нашем случае. Величина n_2 с точностью $\sim 2\%$ совпадает с концентрацией атомов на плотноупакованной грани (0001) ромбоэдрической решетки лития ($1,203 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$), что свидетельствует в пользу образования при 77 К монокристаллической литиевой пленки с указанной гранью, параллельной поверхности подложки. Что касается уменьшения ϕ в области от четвертого до десятого слоев ($\lesssim 0,02$ эВ, рис. 2), то это, по-видимому, связано с незначительным уменьшением степени совершенства поверхностных слоев пленки по мере ее роста.

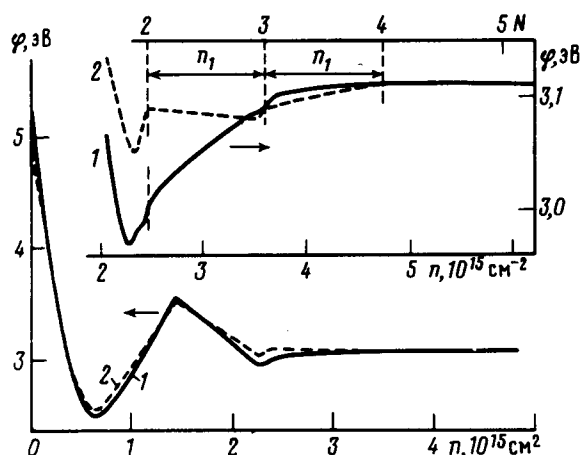


Рис. 1. Концентрационные зависимости работы выхода для систем Li – W (011) (1) и Li – Mo (011) (2). Вверху – кривые снятые, начиная с области заполнения второго слоя (N – число слоев, $n_1 = (1,17 \pm 0,02) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$). Температура подложек 300 К

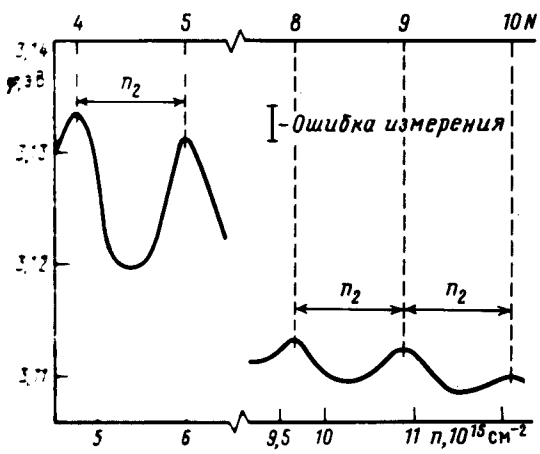


Рис. 2. Изменение ϕ от времени при образовании пятого и последующих слоев лития на грани (011) молибдена при 77 К (N – число слоев, $n_2 = (1,22 \pm 0,02) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$)

Несмотря на общность характера процесса роста пленок на вольфраме и молибдене при 300 К, зависимости $\phi(n)$ в области второго и третьего слоя на этих подложках существенно различны. Так, при образовании второго слоя изменение ϕ на вольфраме на $\sim 20\%$ больше, чем на молибдене, а в третьем слое величина изменения ϕ отличается почти на порядок. Кроме того, при

формировании третьего слоя на вольфраме наблюдается монотонное увеличение ϕ , а на молибдене — линейное ее уменьшение. Отметим, что атомная структура использованных подложек практически идентична (постоянные решеток отличаются лишь на $0,018 \text{ \AA}$) и поэтому не должна играть сколько-нибудь заметную роль в обнаруженных отличиях. Полученный результат может быть объяснен особенностью адсорбционной связи лития с вольфрамом и молибденом, а именно различным вкладом ионной и ковалентной составляющих связи. Последнее вытекает из того факта, что теплоты адсорбции лития на изученных подложках практически совпадают, однако дипольный момент связи на молибдене на $\sim 20\%$ меньше, чем на вольфраме. В целом можно заключить, что влияние подложек на электронные свойства пленок лития, растущих при 300 K , простирается на глубину приблизительно четырех слоев адсорбата. Заметим, что при исследовании диффузии в полислоях лития на гранях (011) вольфрама и молибдена также обнаружены существенные различия между этими подложками ^{5,9}.

Таким образом, повышение точности измерений ϕ позволило получить качественно новые физические результаты, свидетельствующие о послойном росте монокристаллических пленок щелочного элемента лития и о влиянии температуры на структуру формирующихся пленок в процессе адсорбции.

Авторы благодарны В.А.Ищуку, В.К.Медведеву и А.Г.Наумовцу за полезное обсуждение.

Литература

1. *Большов Л.А., Напартович А.П., Наумовец А.Г., Федорус А.Г.* УФН, 1977, **122**, 125.
2. *Ведула Ю.С., Наумовец А.Г., Поплавский В.В.* Препринт Института физики АН УССР № 12, 1987, Киев.
3. *Канах О.В., Федорус А.Г.* ЖЭТФ, 1984, **86**, 223.
4. *Фоменко В.С.* Эмиссионные свойства материалов, 1981, Киев.
5. *Loburets A.T., Naumovets A.G., Vedula Yu. S.* Surf. Sci., 1982, **120**, 347.
6. *McCarthy C.M., Tompson C.W., Werner S.A.* Phys. Rev. B, 1980, **22**, 574.
7. *Overhauser A.W.* Phys. Rev. Lett., 1984, **53**, 64.
8. *Berliner R., Werner S.A.* Phys. Rev. B, 1986, **34**, 3586.
9. *Ведула Ю.С., Наумовец А.Г., Поплавский В.В.* Всесоюзная конференция "Диагностика поверхности". Каунас, ноябрь 1986. Тезисы оригинальных докладов.