

О НАБЛЮДЕНИИ НОВОЙ МОДИФИКАЦИИ Ag В СИСТЕМЕ InSb(110) + Ag

В.Ю.Аристов, И.Л.Болотин, В.А.Гражулис

Сообщается о наблюдении методом дифракции медленных электронов новой кристаллической модификации серебра, возникающей при напылении в сверхвысоком вакууме ультратонких пленок Ag на поверхность InSb (110)-1 × 1 при 10 К.

Результатов низкотемпературных исследований для систем металл – полупроводник опубликовано крайне мало, см. ¹. В ¹, по-существу, впервые были проведены исследования

такого типа на примере $\text{Si}(111)\text{-}2 \times 1 + \text{Ag}$. В настоящей статье представлены результаты исследований методом ДМЭ начальных стадий формирования ультратонких пленок Ag на поверхности скола $\text{InSb}(110)$ при температуре подложки $T_{\text{п}} \approx 10 \text{ К}$ в условиях сверхвысокого вакуума ($\sim 10^{-10}$ торр). Средняя толщина пленок Ag, также как и в ¹, варьировалась в интервале $\theta = 0 \div 20$ монослоев; один монослой ($\theta = 1$) соответствует числу атомов подложки $\text{InSb}(110)$ на единице площади, т.е. $6,74 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$.

Кратко рассмотрим поведение картины ДМЭ в процессе напыления Ag при $T_{\text{п}} = 10 \text{ К}$. (Заметим, что энергия первичного пучка электронов в наших экспериментах варьировалась в интервале $20 \div 100 \text{ эВ}$, другие детали эксперимента описаны в ¹).

При $0 \leq \theta \leq 0,1$ наблюдается четкая картина ДМЭ от поверхности подложки $\text{InSb}(110)$. При $0,1 \lesssim \theta \lesssim 1$ происходит увеличение фона на картине ДМЭ с ростом θ и одновременно уменьшение интенсивности рефлексов $\text{InSb}(110)$. При $\theta \sim 1 \div 1,5$ уже виден лишь один фон, рефлексы $\text{InSb}(110)$ исчезают полностью, никаких новых рефлексов не возникает. Здесь полезно сделать замечание.

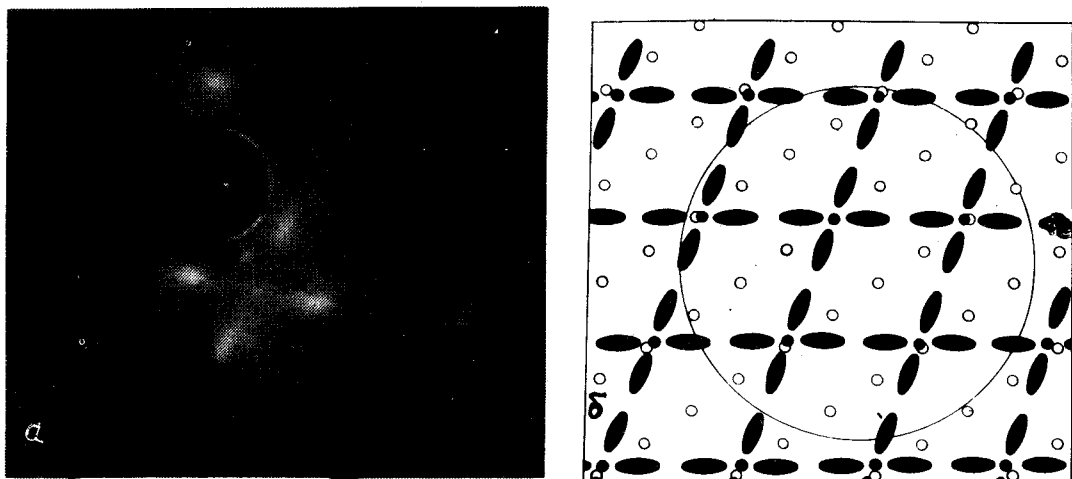


Рис. 1. *a* – Дифракционная картина от $\text{InSb}(110) + \text{Ag}$ ($\theta \approx 5$), $E_p = 67 \text{ эВ}$; *b* – схема, поясняющая представленную дифракционную картину: \circ – места расположения рефлексов подложки InSb до напыления серебра; \bullet – основные рефлексы, соответствующие ОЦК (110) структуре Ag, \ominus – сателлиты основных рефлексов серебра

Есть основание предполагать, что атомы Ag, адсорбированные при 10 К, распределяются по поверхности подложки случайно ¹, образуя сильно разупорядоченную двумерную систему с малой длиной ближнего порядка $\xi_{\text{Ag}} \sim a_{\text{Ag}}$, где a_{Ag} – постоянная решетки массивного Ag. По этой причине не видны никакие рефлексы ДМЭ от Ag, см. выше. Исчезновение рефлексов подложки $\text{InSb}(110)$ при $\theta \sim 1 \div 1,5$ не может быть объяснено эффектом "экранировки" пленкой Ag поверхности $\text{InSb}(110)$. Эффект экранировки должен возникать при значениях $\theta \gtrsim 3$ ¹. Следовательно, исчезновение рефлексов $\text{InSb}(110)$ при $\theta \sim 1 \div 1,5$ необходимо трактовать как результат существенного нарушения трансляционной симметрии нескольких атомных слоев у поверхности $\text{InSb}(110)$, возникающего в результате сильного химического взаимодействия разупорядоченной системы атомов Ag с подложкой сразу же после адсорбции при 10 К, в противоположность системе $\text{Si}(111) + \text{Ag}$ ¹.

Теперь рассмотрим поведение $\text{InSb}(110) + \text{Ag}$ при дальнейшем росте θ .

При $1 \lesssim \theta \lesssim 4$ поверхность $\text{InSb}(110) + \text{Ag}$ продолжает оставаться сильно разупорядоченной (аморфной), не дающей никаких рефлексов ДМЭ. Однако, при $\theta = \theta^* = 4 \div 4,5$ наблюда-

ется интересное явление, а именно, переход системы в упорядоченное состояние; при этом в картине ДМЭ возникают новые рефлексы, см. рис. 1, *а*, не повторяющие ранее исчезнувшие рефлексы подложки InSb (110). Таким образом мы, по-видимому, имеем дело с фазовым переходом типа аморфное \rightarrow кристаллическое состояние при постоянной температуре ($T \approx 10$ К). Критическим параметром является толщина пленки Ag.

Итак, существует критическое значение $\theta = \theta^* = 4 - 4,5$, при котором возникает указанный переход. С ростом θ заметно растет интенсивность возникших рефлексов ДМЭ вплоть до $\theta \sim 5$; при дальнейшем увеличении θ до $\theta \sim 20$ (случаи $\theta > 20$ в настоящей работе не изучались) интенсивность рефлексов остается примерно постоянной. Таким образом, переход "размыт" по θ в интервале θ от ~ 4 до ~ 5 . Это, по-видимому, связано с большими флуктуациями в толщине пленки, возникающим при низкой температуре подложки ¹.

Если по основным рефлексам картины ДМЭ, показанной на рис. 1, *а* построить решетку узлов в прямом пространстве, и в каждом узле расположить атом Ag, то получится картина, показанная на рис. 2, *а*. Полезно рис. 2, *а* сравнить с рис. 2, *б*. Легко заметить, что расположение атомов Ag на рис. 2, *а* практически повторяет пространственное расположение атомов первого и второго слоев InSb (110), если бы они были совмещены в одной плоскости. Это позволяет предположить, что после упорядочения атомы Ag в первом монослое располагаются в "пустотах" над атомами второго слоя InSb. Оказывается, что межатомное расстояние (d) в представленной на рис. 2, *а* решетке Ag в пределах ошибки эксперимента ($\sim 2\%$) соответствует межатомному расстоянию в массивном серебре, обладающем ГЦК структурой с постоянной решетки $a_{\text{ГЦК}} \cong 4,1 \text{ \AA}$ и $d \cong 2,9 \text{ \AA}$. Однако, нетрудно заметить, что расположение атомов Ag на рис. 2, *а* на самом деле не соответствует никакой плоскости ГЦК решетки Ag, но совпадает с плоскостью (110) гипотетической ОЦК решетки.

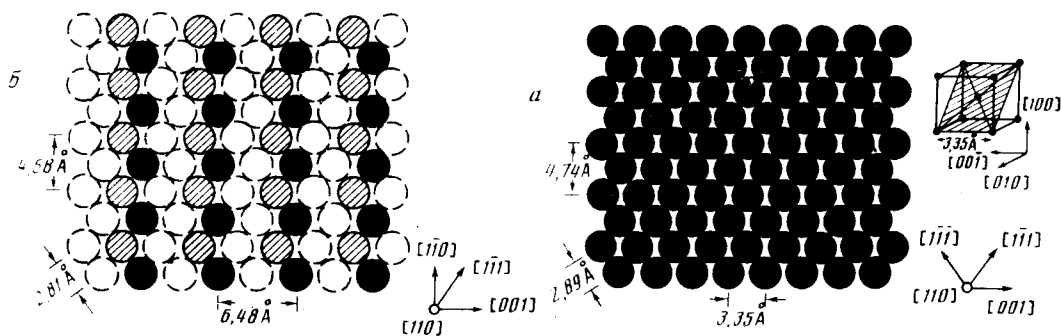


Рис. 2. *а* – Схема возможного двумерного расположения атомов Ag, соответствующего дифракционной картине от основных рефлексов на рис. 1. Справа показана решетка ОЦК с параметром $\sim 3,4 \text{ \AA}$, имеющая такое же расположение атомов в плоскости (110); *б* – схема расположения атомов In и Sb на сколотой поверхности InSb(110). Пунктиром показаны атомы второго слоя; ● – атомы In; ⊗ – атомы Sb

Таким образом, мы приходим к основному результату настоящей работы: при $\theta > \theta^*$ и $T_{\text{п}} = 10$ К в итоге структурного перехода на поверхности InSb (110) возникает ОЦК модификация Ag с $a_{\text{ОЦК}} \cong 3,4 \text{ \AA}$.

Результаты дополнительных исследований, полученных нами "необычных" пленок серебра, во всем интервале 10 – 300 К будут опубликованы позднее.

Авторы выражают благодарность В.Л.Покровскому за полезные обсуждения.

Литература

Аристов В.Ю., Болотин И.Л., Гражулис В.А., Жилин В.М. ЖЭТФ, 1986, 91, 1411.