

УДК 537. 312- 535- 215

ИССЛЕДОВАНИЯ АТОМНОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУР АТОМАРНО-ЧИСТЫХ ГРАНЕЙ (111) И (100) GE

Блиев А.П., Кундухова М.Ч.

ГОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет
им. К.Л. Хетагурова», PCO-Алания, Россия, e-mail: kundukhova@yandex.ru

Для снижения сродства к электрону на поверхности германия методами ДЭНЭ, ИК- спектроскопии и поверхностной фотопроводимости были исследованы образцы германия двух ориентаций: (111) и (100). На грани (111) обнаружена метастабильная сверхрешетка (2×1). При нагревании образца или длительной выдержке в вакууме сверхрешетка (2×1) переходит в нормальную (1×1). Экспериментально было установлено, что грань (100) является более предпочтительной для получения на поверхности германия близкого к нулевому электронного сродства.

Ключевые слова: атомарно-чистая поверхность, германий, сродство к электрону, кристаллографические грани, фотопроводимость, электрическая структура

Германий в соответствии с зонной энергетической структурой является перспективным материалом для приемников красного и ИК-излучения. Попытки снизить сродство к электрону на поверхности Ge и получить эффективные приемники указанного диапазона проводятся с 70-х годов прошлого столетия. Однако в связи с поверхностными особенностями Ge эти попытки не увенчались успехом.

Методами дифракции электронов низких энергий (ДЭНЭ), ИК- спектроскопии, поверхностной фотопроводимости исследованы образцы германия дырочной проводимости ($P \approx (5...8) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$). Исследованы грани двух ориентации: (111) и (100). Методом ДЭНЭ установлено, что кристаллографическая структура атомарно-чистых поверхностей граней (111) и (100) различна. На грани (111) в вакууме не ниже $1 \cdot 10^{-9}$ тор обнаружена так называемая сверхрешетка (2×1) (рис. 1 а), которая метастабильна. При нагревании образца до $T \approx 110...120^\circ\text{C}$ или длительной выдержке в вакууме с остаточным присутствием паров воды и кислорода ($P_{\text{парц}} \approx 10^{-10}...10^{-11}$ тор) сверхструктура (2×1) переходит в (1×1). Кристаллографические исследования грани (100) в сверхвы-

соком вакууме показали отсутствие сверхрешеток на ней (рис. 1 б).

Далее были проведены исследования атомарночистой поверхности граней методом фотопроводимости. На обеих гранях (111) и (100) обнаружен фотосигнал при энергии облучающих фотонов 0,7 эВ и более. Фотосигнал при энергии облучающих фотонов больше ширины запрещенной зоны германия ($\Delta E_g = 0,7$ эВ) связан с собственным поглощением и началом электронно-дырочных переходов. Однако на грани (111) обнаружен фотосигнал при энергии $h\nu < \Delta E_g$, который появляется при энергиях фотонов в 0,15 эВ. Данная фоточувствительность обусловлена оптическими переходами между разрешенными зонами и поверхностными состояниями.

Термическая обработка (при $T \approx 120^\circ\text{C}$) неодинаково влияет на различные области спектра: если собственная фотопроводимость почти не изменяется, то в спектральном распределении поверхностной фотопроводимости наблюдается два новых процесса возбуждения с пороговыми энергиями при 0,4 и 0,47 эВ. Это, вероятно, связано с перестройкой поверхностной структуры (2×1) в обычную (1×1) (рис 2).

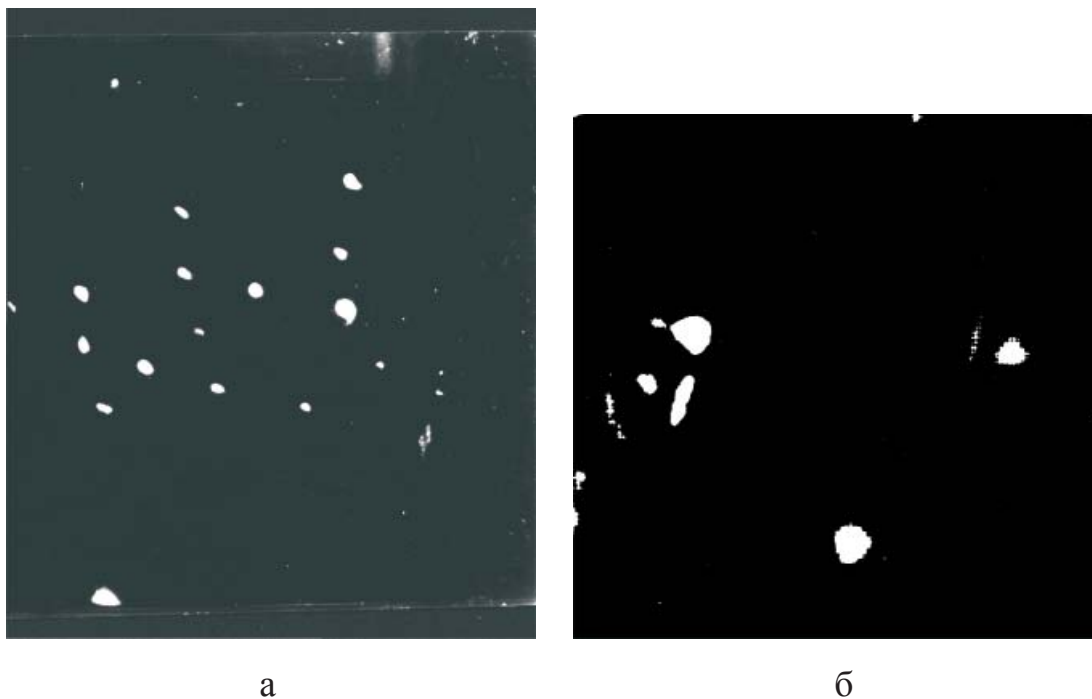


Рис. 1. Электграмма от поверхностей а) Ge (111), б) Ge (100)

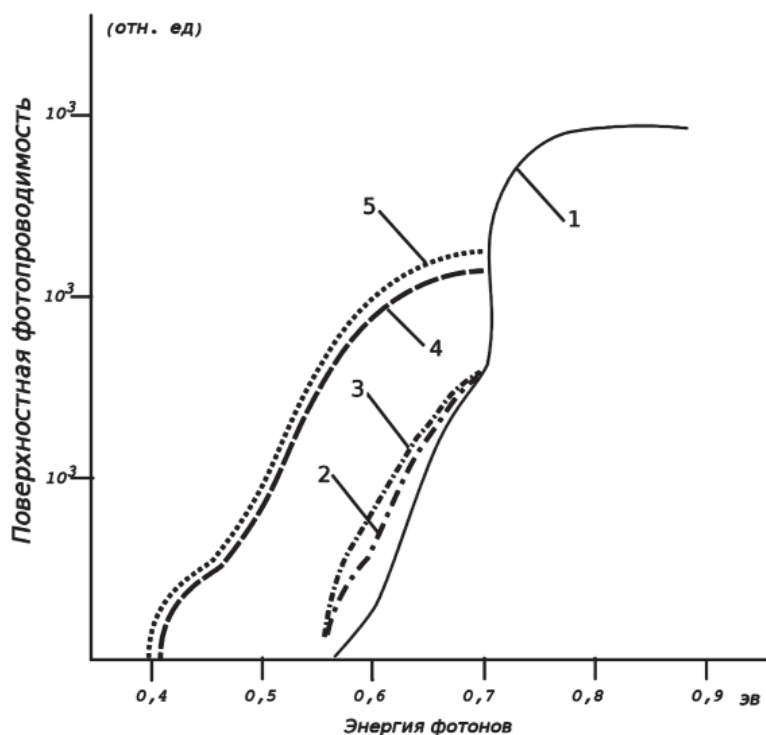


Рис. 2. Спектр поверхностной фотопроводимости атомарночистой, сколотой поверхности (111) германия до и после термических обработок: 1 — непосредственно после скола; после отжига: 2 — при 50°C ; 3 — при 100°C ; 4 — при 120°C ; 5 — при 200°C

Учитывая, что положения уровня Ферми на поверхности ($E_F - E_V = 0,01$ эВ, можно заключить: наблюдаемая на грани (111) поверхностная фотопроводимость обусловлена переходом электронов из валентной зоны на пустые (акцепторные) поверхностные состояния, расположенные выше потолка валентной зоны до энергий в 0,55 эВ. Этот факт подтверждается измерениями работы выхода электрона, которые установили, что при измерении типа проводимости от сильного р-типа, не меняя работу выхода, она составляет 4,72 эВ [1]. Измерения работы выхода проводились методом контактной разности потенциалов.

Из спектра фотопроводимости грани (100) следует, что на ней поверхностные состояния отсутствуют. Отсюда следует, что грань (100) является более предпочтительной для получения на ней близкого к нулевому электронного сродства.

ИК-Фурье спектроскопией установлено, что поверхность германия покрыта окисной пленкой, которую полностью невозможно удалить термической обработ-

кой. Эта окисная пленка не дает возможности снизить сродство к электрону на поверхности. В связи с этим нами была разработана методика удаления окисной пленки с поверхности германия. Для этого термическую обработку поверхности проводили в присутствии водорода, парциальное давление которого составляло порядка 10^{-6} тор. При этом кислород связывался с атомами водорода, и эти компоненты в виде паров воды откачивались. В качестве источника водорода использовался насос-генератор водорода НГВ-1.

Список литературы

1. Блиев А.П., Галаев А.А., Пархоменко Ю.Н. Взаимосвязь между атомарной структурой и работой выхода электрона на сколотой поверхности Ge (111) // Кристаллография. –1980 – Т. 25. – № 4.

Рецензенты:

Магкоев Т.Т., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой общей физики ГОУ ВПО СОГУ;

Козырев Е.Н., д.т.н., проф. зав. кафедрой электронных приборов СКГМИ, заслуженный деятель науки РФ.

STUDIES OF ATOMIC AND ELECTRONIC STRUCTURES OF ATOMICALLY CLEAN EDGES (111) AND (100) GE

Bliev A., Kundukhova M.

The North-Ossetion State University after K. L. Khetagurov, Vladikavkaz, the Republic of North-Ossetia-Alania, Russia, e-mail: kundukhova@yandex.ru

To reduce the electron affinity of the germanium surface, low-energy electron diffraction methods, infrared spectroscopy and surface photoconductivity, samples of germanium of two orientations (111) and (100) were studied. On the Edge (111) metastable superlattice (2×1) was detected. When the sample is heated or at prolonged exposure to vacuum the superlattice (2×1) transforms into a normal (1×1). It has been experimentally determined that the adge (100) is preferred for germanium surface, near-zero electron affinity.

Keywords: atomically clean surface, germanium, affinity electon, crystal face, fotoprovodimot, electric structure