

06.1; 06.2; 12

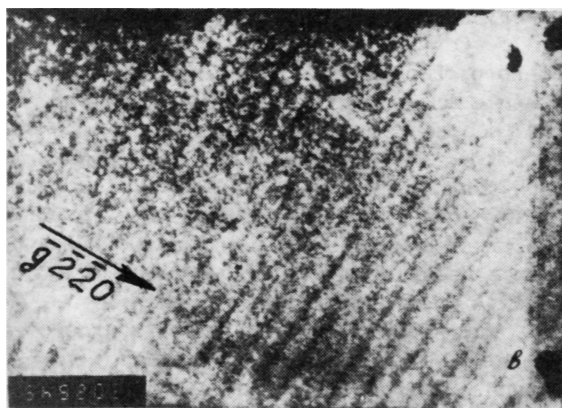
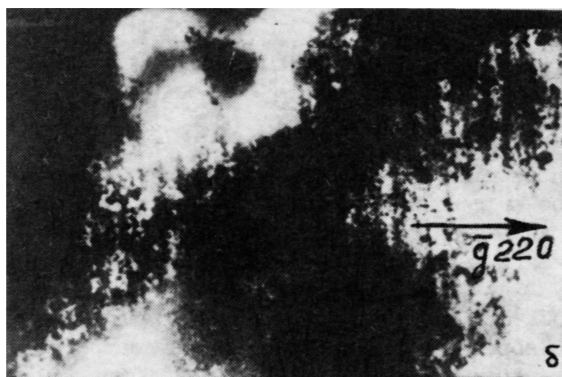
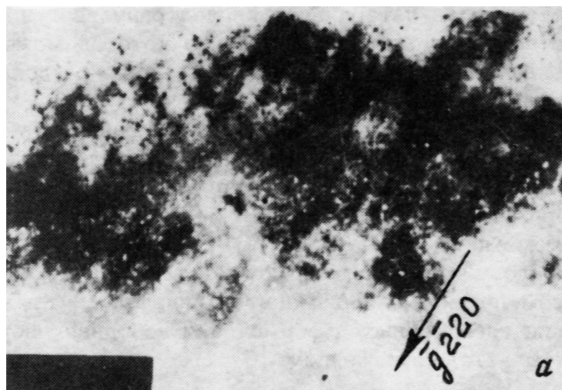
© 1992

УПОРЯДОЧЕННАЯ ЛАТЕРАЛЬНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ
ПЕРЕХОДНОГО СЛОЯ В СИСТЕМЕ $AuGe-GaAs$ В.И. Вдовин, С.А. Груша, Р.В. Конакова,
В.В. Миленин, А.А. Наумовец,
Л.С. Хазан, Ю.А. Тхорик

Взаимодействие полупроводника с элементами металлизации при формировании контакта приводит к образованию переходного слоя вблизи границы раздела [1]. На примере наиболее широко распространенной омической контактной пары $AuGe-GaAs$ этот эффект изучался на подвергнутых отжигу гетероструктурах [2]. Для описания структурных изменений в переходном слое была предложена модель неоднородной «зернистой» межфазной границы. Размеры зерен, их количество и химический состав определялись режимом термообработки структуры. В настоящей работе проведено исследование контактов $AuGe-GaAs$, которые не подвергались термоотжигам, а процессы межфазного взаимодействия стимулировались радиационно-полевыми обработками.

Контакты изготавливались в вакууме $1 \cdot 10^{-6}$ Тор термическим напылением $AuGe$ на нагретую подложку $n-GaAs$ (001), предварительно очищенную в HCl и промытую деионизованной водой. Часть полученных структур подвергалась облучению γ -квантами ^{60}Co дозами $5 \cdot 10^6 - 2 \cdot 10^7$ Р, либо совместной радиационно-левой обработке в режиме: доза облучения $2 \cdot 10^7$ Р, напряжение обратного смещения $V = 2$ В. Структурные исследования проводились с помощью просвечивающей электронной микроскопии продольных и поперечных сечений образцов.

Электронно-микроскопические исследования показали отсутствие пластической деформации вблизи границы раздела и выявили в этой области периодический контраст в виде параллельных полос, ориентированных вдоль одного направления типа $\langle 110 \rangle$ (рис. 1). Периодичность полос контраста в плоскости границы составляла около 0.2 мкм. Контраст наблюдался только в приграничной области $GaAs$ (на глубине менее 100 Å) и исчезал после кратковременного травления этой поверхности образца ионным пучком. В исходных структурах полосы контраста имели сильно размытые границы и неоднородную интенсивность. Радиационные и радиационно-левые обработки способствовали в некоторой степени более четкому проявлению контраста за счет повышения резкости границ и выравнивания интенсивности полос. Характерной особенностью контраста является сохранение ориентации полос и слабое изменение их интенсивности при варьировании дифракционных условий. Приведенные данные позволяют предположить, что описанный контраст имеет абсорбционный



Полосчатый контраст в $GaAs$ вблизи границы контакта $AuGe-GaAs_7$ (001): а - контрольная структура, б - после γ -обработки ($1 \cdot 10^7$ Р), в - после γ - полевой обработки ($2 \cdot 10^7$ Р, $V=2$ В). Слой $AuGe$ удален с поверхности $GaAs$ химическим травлением.

характер и обусловлен латеральной концентрационной неоднородностью твердого раствора, причина возникновения которой может быть связана с особенностями массопереноса на границе раздела исследуемой структуры.

Проведенные нами исследования профилей распределения элементов свидетельствуют о значительном размытии границы металлический слой-*GaAs*. Атомы *Ga* диффундируют и накапливаются в слое *AuGe*, а образовавшиеся в решетке полупроводника вакансии заполняются атомами *Au* и *Ge*.

Как отмечалось в [3-4], образование периодической структуры приводит к изменению кривизны эпитаксиальной системы и частичной релаксации собственных деформаций. Свободная энергия такой системы описывается выражением [6]

$$F(c, \varepsilon) = F_0(\bar{c}, \bar{\varepsilon}) + \int dV \left\{ \frac{\beta}{2} (\nabla \tilde{c})^2 - \mu \tilde{c} - \frac{\alpha}{2} \tilde{c}^2 + \frac{\gamma}{3} \tilde{c}^3 + \frac{\delta}{4} \tilde{c}^4 + \Gamma \tilde{c} \varepsilon + \frac{1}{2} G \varepsilon^2 + G \varepsilon \bar{\varepsilon} \right\}, \quad (1)$$

где интеграл берется по объему переходного слоя, входящие в подынтегральное выражение величины описаны в [6]. Минимум свободной энергии может соответствовать периодическому (в одном или в нескольких измерениях) распределению концентрации примеси $C(r)$, $[\tilde{C} = C(r) - \bar{C}]$, и деформации $\varepsilon(r)$, а не их „заданным“ средним значениям \bar{C} и $\bar{\varepsilon}$. Таким образом, концентрационное расслоение твердого раствора в переходной области контраста может быть энергетически выгодно. Подобное расслоение твердого раствора возможно даже в случае тонкой однородно легированной области в материале, когда $\varepsilon = 0$ [3, 5]. Если же $\varepsilon \neq 0$, как в случае переходного легированного слоя на нелегированной подложке, то условия расслоения значительно облегчаются [6]. Присутствие в исследованном твердом растворе *Ge*, усиливающего межфазное взаимодействие на границе раздела, также должно способствовать формированию латеральной неоднородности.

Таким образом, обнаруженный эффект полосчатой неоднородности приграничной области *GaAs* можно объяснить перераспределением диффундирующих в нее атомов металла в поле упругих напряжений. Концентрационное расслаивание твердого раствора *AuGe* в *GaAs* приводит к модуляции концентрации примеси в плоскости контакта вдоль одного направления и обеспечивает частичную релаксацию упругой деформации. При этом модуляция в остальных направлениях не реализуется, поскольку это приводило бы к увеличению свободной энергии системы за счет возрастания градиентного члена в (1). Однако при больших упругих напряжениях двух- и трехмерная модуляция концентрации примеси возможна, поскольку проигрыш в поверхностной энергии концентрационных доменов (градиентном члене) компенсировался бы значительным выигрышем в объемной энергии упругой деформации. Возможно, похожая с энергетической точки

зрения ситуация наблюдается в случае релаксации напряжений несоответствия в эпитаксиальных структурах путем генерации дислокаций несоответствия: в условиях малых напряжений формируются ряды однонаправленных дислокаций, а при больших напряжениях — ортогональные сетки дислокаций.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] B r i l l s o n L.J. // J. Phys. Chem. Sol. 1983. V. 44. N 8. P. 703-733.
- [2] M a s a k i O g a w a // J. Appl. Phys. 1980. V. 51. N 1. P. 406-412.
- [3] X а ч а т у р я н А.Т. Теория фазовых превращений и структура твердых растворов. М.: Наука, 1974.
- [4] Д и к ш г е й н И.Е., Т а р а с е н к о В.В. // ФТТ. 1983. Т. 23. В. 2. С. 482-489; 1984. Т. 24. В. 5. С. 1151-1156.
- [5] I l i a d i s A., S i n g e r R.E. // Solid. St. Electron. 1983. V. 26. N 1. P. 7-14.
- [6] K h a s a n L.S., H a r m a n R., T h o r i k Yu. M a t v e e v a L.A. // Proc. Symposium on Electron. Techol. Budapest, 1987. P. 340-346.

Институт полупроводников
АН Украины

Поступило в Редакцию
20 мая 1992 г.