

СТАБИЛИЗАЦИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЫ ВЮРЦИТА В АРСЕНИДНЫХ НАНОПРОВОЛОКАХ ПОСРЕДСТВОМ УПРУГОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Алабада Русул

доцент, университет Аль-Мутанна, колледж сестринского дела, Ирак, г. Аль-Самава

STABILIZATION OF THE CRYSTALLINE PHASE OF WURTZITE IN ARSENIDE NANOWIRES THROUGH ELASTIC STRESS

Rusul Alabada

Docent, Al-Muthanna University, Coolege of nursing, Iraq, Alsamawa

Аннотация. Арсениды металлов группы бора в стандартных условиях обычно имеют только одну стабильную фазу – цинковую обманку.

Несмотря на это, нанопроволоки GaAs часто растут в метастабильной кристаллической фазе – вюрците. В этой статье мы показываем, что упругое напряжение может быть фактором, ответственным за рост нанопроволоки в метастабильной фазе.

Abstract. Arsenides of boron group metals at standard conditions typically have only one stable phase – zinc blende. Despite it GaAs nanowires frequently grow in a metastable crystal phase – wurtzite. In this paper we show that elastic stress could be the factor responsible for nanowire growth in the metastable phase.

Ключевые слова: нанопроволоки GaAs; нанопроволоки InAs; политипы; вюрцит; упругие напряжения; цинковая обманка.

Keywords: GaAs nanowires; InAs nanowires; polytypes; wurtzite; elastic stress; zinc blende.

Введение. Кристаллическая структура является одной из основных характеристик материала, сильно влияющей на его физические свойства. Большинство арсенидов III-V в объемной фазе образуют гранецентрированную кубическую решетку, так называемую кристаллическую структуру цинковой обманки (ZB).

Однако нанопроволоки (ННП) GaAs часто растут в метастабильной кристаллической фазе – вюрците (WZ). Обычно рост нитевидных нанокристаллов (ННК) в фазе WZ объясняют зарождением на трехфазной линии [1].

Это объяснение требует, чтобы рост ННК происходил в режиме моноцентрического послойного роста, поверхностная энергия боковых стенок меньше для фазы WZ и зарождение на тройной линии более благоприятно, чем в центре.

В этом объяснении имеется некое критическое значение радиуса ННК, выше которого ННК всегда должны расти в кристаллической фазе ZB.

Однако экспериментально наблюдались толстые ННК GaAs [2] или InAs [3] с диаметром больше предсказываемого теоретически критического радиуса и с кристаллической фазой WZ.

Кристаллическая структура рис.1. является одной из основных характеристик материала, сильно влияющей на его физические свойства.

Большинство арсенидов III-V в объемной фазе образуют гранецентрированную кубическую решетку, так называемую кристаллическую структуру цинковой обманки (ZB).

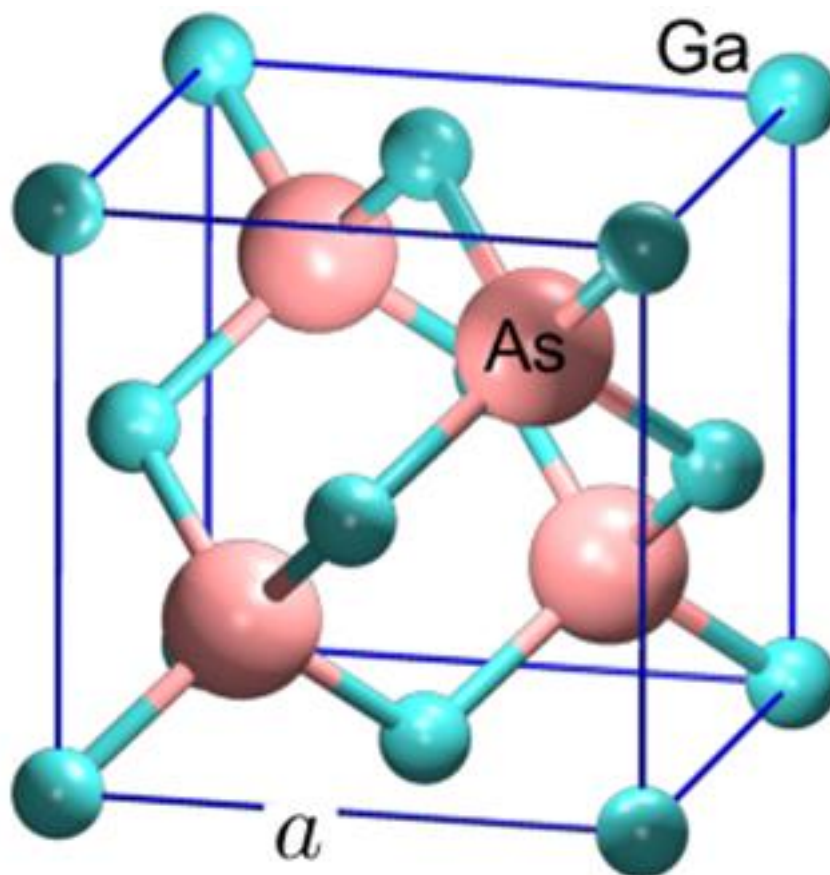


Рисунок 1. Структура ZB и WZ кристаллов GaAs

Модель. HEX (гексагональная) фаза GaAs становится стабильной при давлении среды более 100 GPa. Аналогичные расчеты для InAs дают противоположные 96,6 ГПа и не позволяют преодолеть фазовый барьер упругим напряжением.

Аналогичные рассуждения можно применить и к тройным нанопроволокам $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$.

На рис. 2 представлена разница энергии образования зародыша в фазе WZ и ZB на стебле WZ для различного состава зародыша $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ и стержня $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$.

Белая линия представляет собой границу между стабильным и нестабильным ростом NW в фазе WZ.

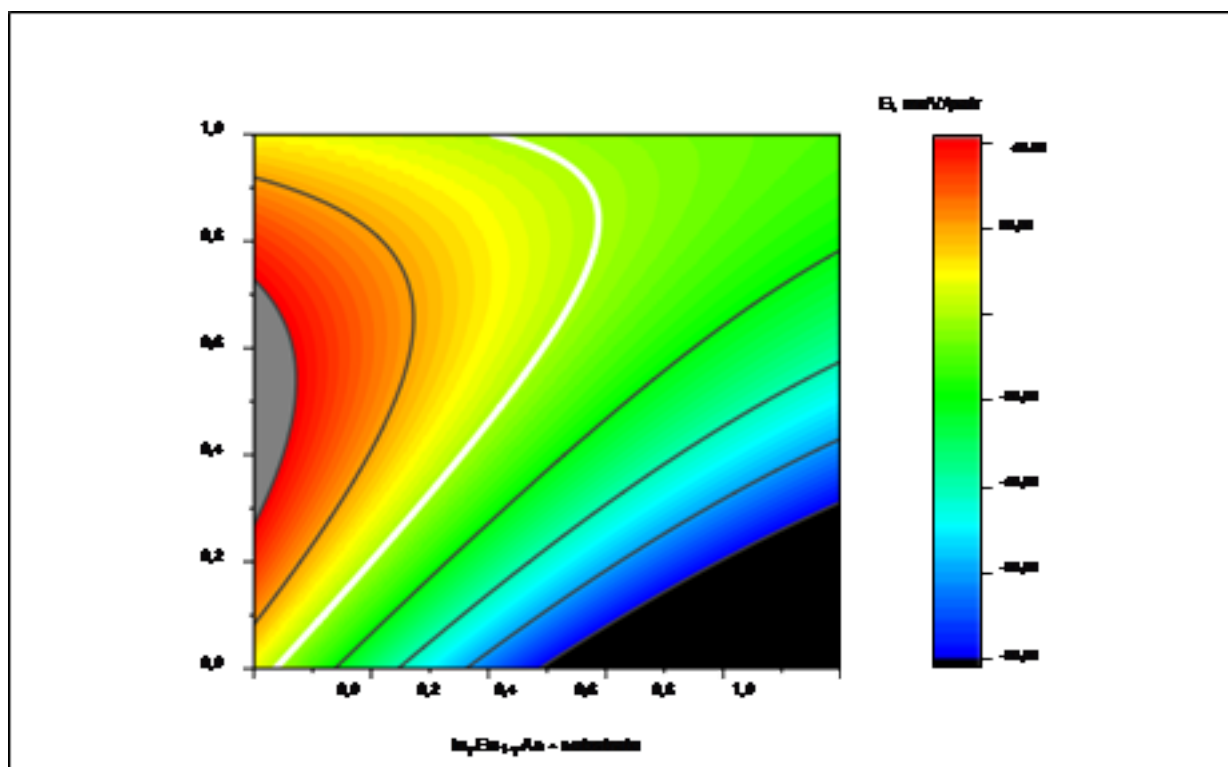


Рисунок 2. Зависимость разности энергий образования островков WZ и ZB на пару от состава формирующегося и предшествующего монослоев. Предыдущий слой всегда считается WZ. Красная область соответствует непрерывному росту ННК InGaAs в метастабильной фазе, а синяя - переходу в ZB-фазу

В заключение было показано, что упругие напряжения являются возможной причиной роста ННК GaAs в вюрцитной фазе для любого радиуса. Это объяснение не работает для InAs NW. Мы считаем, что этот эффект следует учитывать, как дополнительный барьер при инженерном политипизме.

Список литературы:

1. F. Glas, J. C. Harmand, and G. Patriarche Why does wurtzite form in nanowires of III-V zinc blende semiconductors? // Phys. Rev. Lett., vol. 99, no. 14, pp. 3-6, 2007.
2. X. Ren et al. Experimental and theoretical investigations on the phase purity of GaAs zincblende nanowires // Semicond. Sci. Technol., vol. 26, no. 1, p. 014034, Jan. 2011.
3. J. Johansson et al. Diameter dependence of the wurtzite-zinc blende transition in InAs nanowires // J. Phys. Chem. C, vol. 114, no. 9, pp. 3837-3842, Mar. 2010.
4. T. Akiyama et. al. An empirical potential approach to wurtzite-zincblende polytypism in group III-V semiconductor nanowires // Japanese J. Appl. Physics, Part 2 Lett., vol. 45, no. 8-11, pp. 275-278, 2006