

Исследование технологии выращивания эпитаксиальных слоев арсенида галлия на германиевой подложке методом газофазной эпитаксии из металлорганических соединений

Цель работы: получение однодоменного GaAs на германиевой подложке с качеством, приемлемым для практического применения в полупроводниковых приборах, методом газофазной эпитаксии из металлорганических соединений

Система GaAs/Ge

Возможные варианты роста GaAs на поверхности Ge [1]

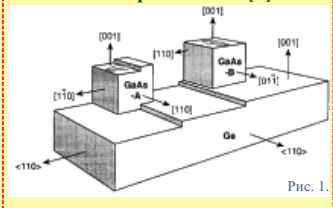


Рис. 1.

3D-рост GaAs на Ge в начальный момент времени

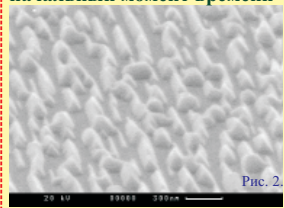


Рис. 2.

SEM-изображение дефектного GaAs на Ge

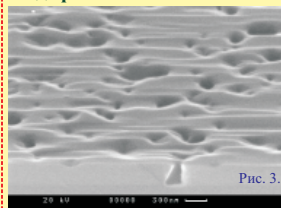


Рис. 3.

Поверхность германия представляет собой систему моноатомных ступеней и террас (рис. 1) [1]. Рост зародышей GaAs на Ge-подложке может начинаться как на террасе, так и на ступени (рис. 2). При коалесценции GaAs-зародышей на такой поверхности в растущем слое GaAs образуются антифазные дефекты (рис. 3). На разориентированных Ge-подложках увеличивается число атомных ступеней в сравнении с числом террас, а термическое воздействие (при $T > 600$ C) приводит к модификации поверхности Ge с преобразованием моноатомных ступеней в двухатомные. Рост GaAs в таком случае идет без образования антифазных дефектов.

Чем раньше начнут коалесцировать зародыши GaAs (в буферном слое) - тем быстрее зарастут структурные дефекты в растущем основном слое арсенида галлия [2]. Низкая температура, высокое давление и высокая скорость роста способствуют быстрой коалесценции зародышей GaAs, однако негативно сказываются на качестве полупроводникового слоя GaAs. Поэтому качественный арсенид галлия в данной работе растили в два этапа: буферный слой - при высокой скорости роста, затем основной слой - при малой скорости роста.

Применение результатов:

- Создание технологии изготовления узкозонного каскада в многокаскадных солнечных фотопреобразователях
- Создание технологии изготовления термофотовольтаических преобразователей
- База для исследовании технологии роста полупроводниковых соединений типа АПВВ на германиевой подложке

Список использованной литературы:

1. Yuan Li, G. Salvati, M.M.G. Bongers, L. Lazzarini, L. Nasi, L.J. Giling, On the formation of antiphase domains in the system of GaAs on Ge / J. Cryst. Growth 163 (1996) 195-202
2. G. Timo, C. Flores, B. Bollani, D. Passoni, The effect of the growth rate on the low pressure metalorganic vapour phase epitaxy of GaAs/Ge heterostructures / J. Cryst. Growth 125 (1992) 440-448
3. L. Knuutila, Growth and Properties of Compound Semiconductors on Germanium Substrate / Diss. for the degree of Doctor of Science in Technology, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland 2006
4. S. Scholz, J. Bauer, G. Leibiyer, H. Herrberger, et al. MOVPE growth of GaAs on Ge substrates by inserting a thin low temperature buffer layer / Cryst. Technol. 41, N.2, P. 111 - 116 (2006)



Установка газофазной эпитаксии из металлорганических соединений AIX-200

Методика исследований:

Метод роста: МОСГФЭ
Подложка: p-Ge(100)6 (111)
Давление: 100 мбар
Реагенты: TEGa и AsH₃
Газ-носитель: водород
Температура роста: 550-700 C
Соотношение V/III: 5-80

Методы анализа:

- Сканирующая электронная микроскопия (SEM)
- Фотолюминесценция
- Рентгеновская дифрактометрия

РЕЗУЛЬТАТЫ:

Подавить рост антифазных доменов удалось благодаря использованию Ge(100)-подложек разориентированных на 6 к плоскости (111), с последующим их термическим отжигом, в результате которого на поверхности германия формируется особая система террас и ступеней.

Использование буферного слоя GaAs, выращенного при высокой скорости роста и низкой температуре (550 C) привело к росту качественного основного слоя GaAs. Наилучшая морфология поверхности (без рельефа), согласно данным SEM, наблюдалась у образцов, основной слой которых был выращен при соотношении потоков AsH₃ и TEGa в газовой фазе равной 60. Толщина слоя составляла около 500 нм. На границе слой-подложка отсутствуют каверны и иные неоднородности (рис. 4).

Для анализа качества полученных слоев GaAs использовали методы фотолюминесценции и рентгеновской дифрактометрии. Спектр фотолюминесценции (при 77K) арсенида галлия, выращенного на германии представлен на рис. 5. Положение пика, соответствующее 1,50 эВ, согласно [3] отвечает переходам в GaAs, легированном германием с донорного уровня Ge_{Ga} в валентную зону и имеет полуширину (FWHM) 12 мэВ, что характерно для качественных полупроводниковых слоев.

По данным рентгеновской дифрактометрии (XRD) полуширина кривой качания GaAs на германии составляет 25" (рис. 6), что соответствует качеству наилучших образцов, полученных нами ранее эпитаксиальных слоев GaAs на GaAs-подложке, а также полученными зарубежными исследователями [4].

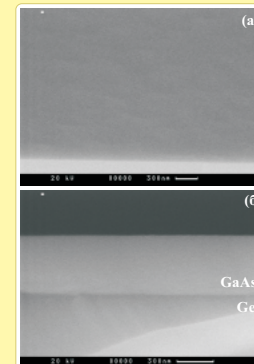


Рис. 4. SEM-микротографии поверхности (а) и профиля (б) GaAs, выращенного на Ge-подложке

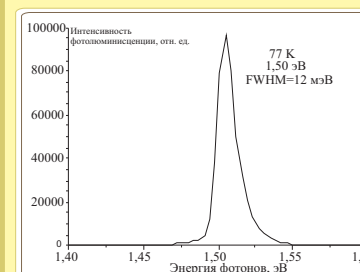


Рис. 5. Спектр фотолюминесценции GaAs на Ge-подложке (при 77K)

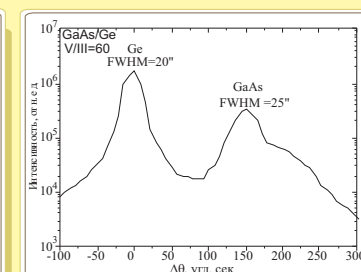


Рис. 6. Рентгеновская дифрактограмма GaAs на Ge-подложке