

## Природа спиновых центров в слоях Si-Ge

**Волков Дмитрий Валерьевич<sup>1</sup>**

*Студент пятого курса*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия,*

*Физический факультет*

*E-mail: [toto57@yandex.ru](mailto:toto57@yandex.ru).*

Рост напряженных слоев Si и Ge на релаксированных буферных слоях Si-Ge позволяет увеличить быстродействие полевых транзисторов с р-каналом (на 25%). В то же время, для создания некоторых типов приборов на основе структур Si-Ge/Si необходимы слои Si-Ge с высокой степенью релаксации. Релаксация напряжений в гетероструктурах происходит при повышении критической толщины эпитаксиального слоя путем введения на межфазной границе дислокации несоответствия. Наличие пространственных дислокаций в пленке существенно ухудшает ее характеристики. В исследуемых образцах использовался следующий метод снижения плотности прорастающих дислокаций с сохранением высокой степени релаксации: введение в гетероструктуры неравновесных точечных дефектов. Неравновесные точечные дефекты, введенные в гетероструктуры, ускоряют релаксацию напряжений и в то же время могут значительно уменьшить плотность прорастающих дислокаций. Точечные дефекты могут быть введены путем понижения температуры эпитаксиального роста, что приводит к насыщению растущих слоев неравновесными точечными дефектами вакансионного типа.

Цель данной работы – исследование в гетероструктурах Si-Ge природы дефектов, определении их концентрации методом спектроскопии электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и выяснение связи со степенью релаксации исследуемых образцов. Анализ литературных данных показал, что информация о связи между степенью релаксации и концентрацией точечных дефектов в гетероструктурах SiGe отсутствует.

Образцы исследуемых структур были получены методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Рост толщины непосредственно слоя SiGe происходит в два этапа. Сначала температура понижается до 130-160 градусов и запускаются Si и Ge. Происходит рост эпитаксиального низкотемпературного слоя SiGe до толщины 30 нм. После этого температура снова повышается до 550 градусов и идет рост ещё 50 нм слоя SiGe (при высокой температуре). Полная толщина слоя SiGe получается 80 нм.

Проведенные эксперименты показали, что основным типом спиновых центров в исследуемых образцах является оборванная связь Si в аморфных вкраплениях. Вычислена концентрация дефектов образцов с различной степенью релаксации:  $7,7 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  (степень релаксации 49%),  $1,8 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$  (38%),  $3,4 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  (64%). Образцы с меньшим содержанием дислокаций (с меньшей степенью релаксации) характеризуются большей концентрацией точечных дефектов.

Отметим, что обнаруженные спиновые центры принадлежат исключительно слоям Si-Ge, поскольку контрольные эксперименты методом ЭПР показали отсутствие спиновых центров в подложке, на которую нанесены исследуемые слои. Дополнительным аргументом является также экспериментальный факт зависимости интенсивности амплитуды сигнала ЭПР от степени релаксации образцов.

Таким образом, идентифицирована природа спиновых центров в слоях Si-Ge и обнаружена связь между концентрацией точечных дефектов и степенью релаксации исследуемых структур.

### **Литература**

1. T.S. Perova, Jens Werner “Characterization of virtual substrates with ultra-thin  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  strained relaxed buffers” // University of Dublin.

---

<sup>1</sup> Научный руководитель работы – доцент, кандидат физико-математических наук Константинова Е.А.