

Формирование и свойства низкоплотных квантовых точек в системе GaInAlAs на структурированных подложках GaAs(001)

Солодовник М.С.^{1*}, Черненко Н.Е.¹, Кириченко Д.В.¹, Махов И.С.², Мельниченко И.А.², Шандыба Н.А.¹, Крыжановская Н.В.², Балакирев С.В.¹

¹ Лаборатория эпитаксиальных технологий, Южный федеральный университет

² Международная лаборатория квантовой оптоэлектроники, НИУ ВШЭ—Санкт-Петербурга

* solodovnikms@sfnu.ru



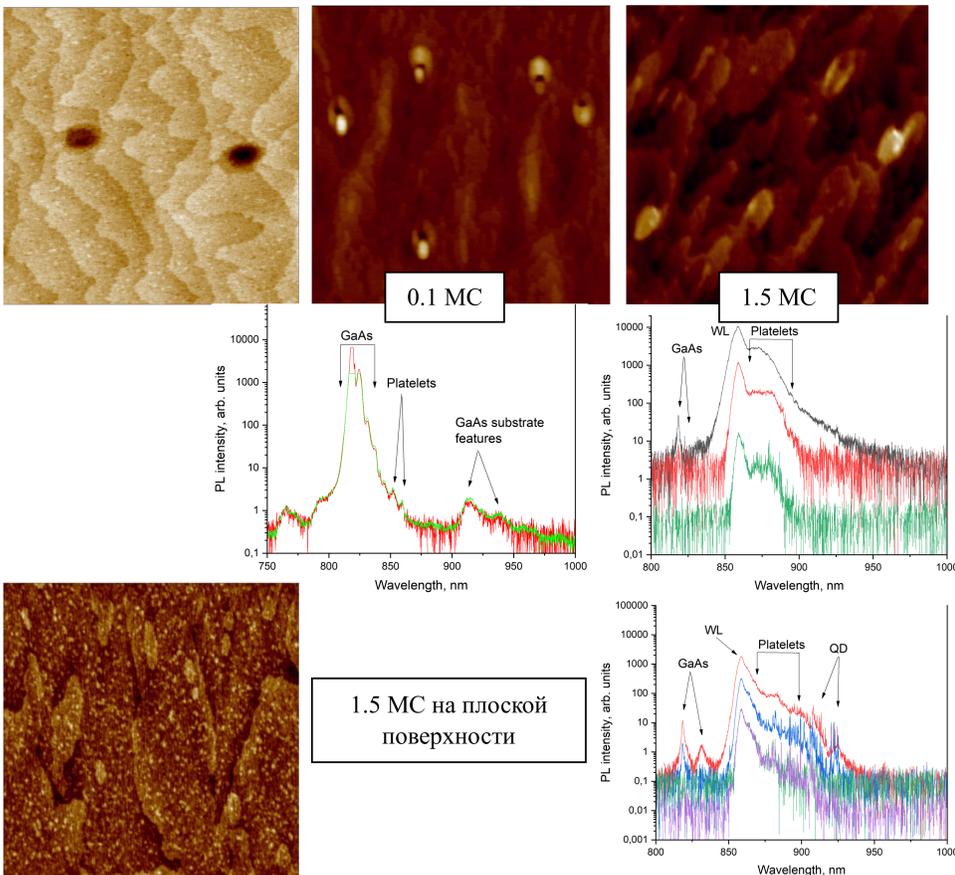
XVI Российская конференция по физике полупроводников
Санкт-Петербург, 7–11 октября 2024



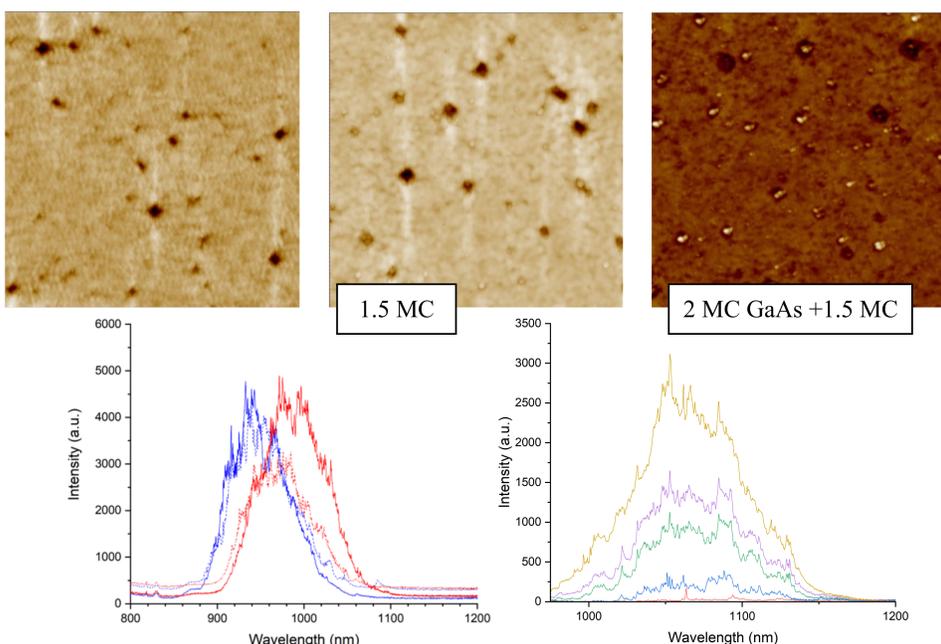
2.31c

1 Низкоплотные массивы квантовых точек (КТ) активно используются для создания микро- и наноразмерных источников оптического излучения. Среди существующих методов получения таких объектов весьма перспективным представляется предварительное структурирование ростовой поверхности путем целенаправленного создания углублений, выступающих в качестве центров предпочтительной нуклеации и роста самоорганизующихся наноструктур. В рамках данного подхода возможно также обеспечить как позиционирование наноструктур на подложке, так и получение КТ в ненапряженных системах. В данной работе представлены результаты исследований формирования КТ в системе GaInAlAs на подложках GaAs(001), структурированных с помощью капельного травления (LDE), модифицированного удаления окисла (Ox) и травления фокусированным ионным пучком (FIB), каждый из которых обеспечивает свой набор параметров массивов углублений на поверхности.

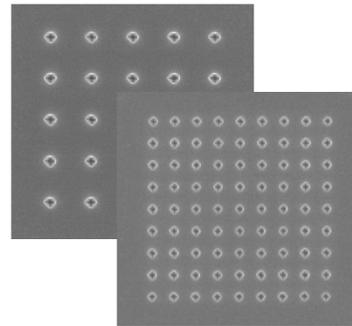
2 В случае LDE формируются ямки чашеобразной формы с очень низким (менее 0.1) аспектным отношением. Рост КТ InAs протекает, предположительно, по полицентрическому механизму, приводящему к образованию неизлучающих структур линзовидной формы при любых толщинах осаждения.



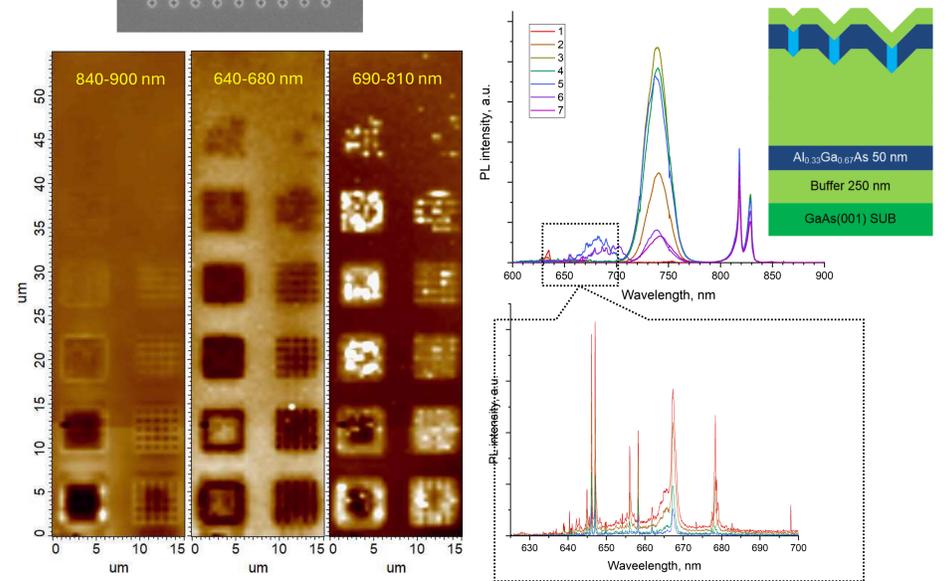
3 В случае Ox-модификации на поверхности формируется система ограниченных углублений, в которых при осаждении InAs формируются преимущественно одиночные КТ (вплоть до толщин 0.5 MC) без образования смачивающего слоя, излучающие в диапазоне 900–1150 нм (в зависимости от условий формирования).



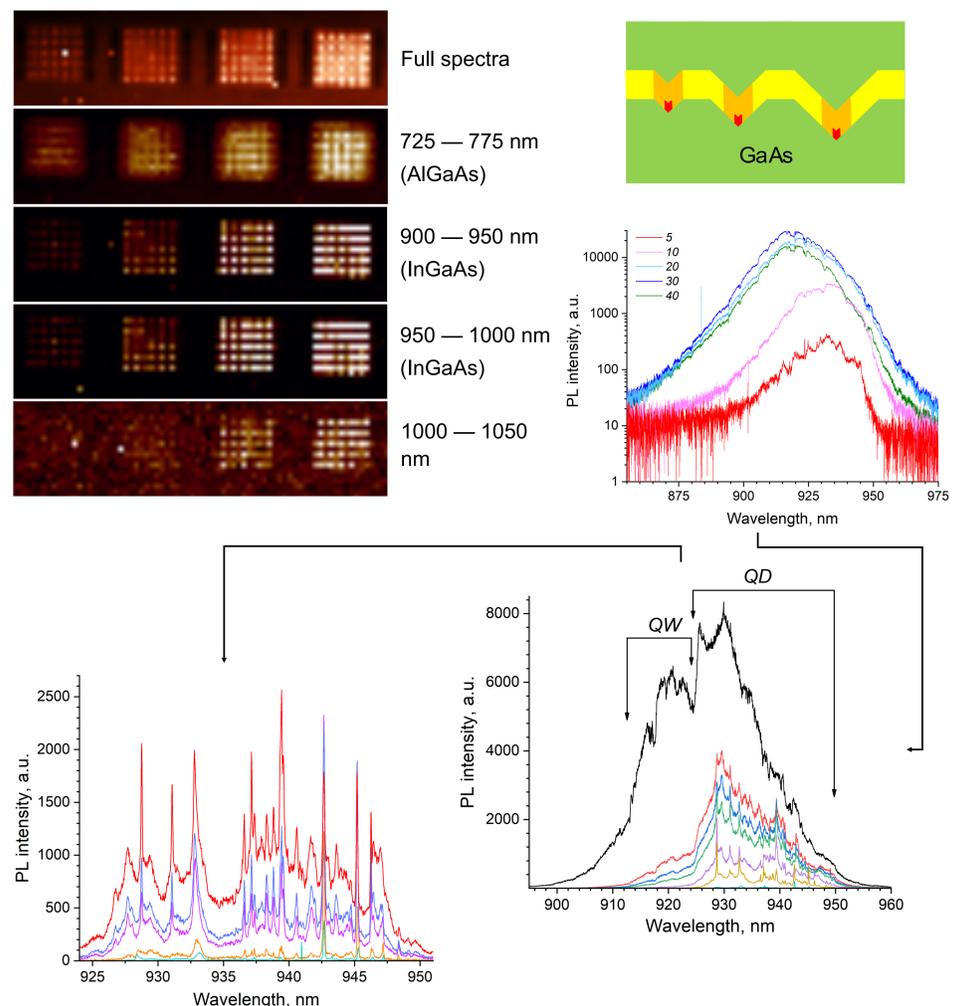
4 ФИП-модификация позволяет сформировать на поверхности упорядоченный массив углублений диаметром от 100–400 нм и глубиной 50–150 нм, имеющих форму четырехгранной пирамиды.



Осаждение слоя AlGaAs на такую поверхность приводит к формированию системы "КТ Ga(Al)As + КЯ AlGaAs" вследствие диффузионного распада твердого раствора. При этом интенсивность КЯ зависит от объема углубления, а длина волны определяется режимом осаждения. Излучение КТ локализовано в диапазоне 650–700 нм.



5 Аналогичный распад наблюдается в случае осаждения КЯ InGaAs на ФИП-модифицированную поверхность. При этом вследствие различной подвижности адатомов In и Ga в углублении формируется In-обогащенная КТ и КЯ InGaAs. Длина волны излучения КТ лежит в диапазоне 930–950 нм и не зависит от параметров морфологии. КЯ излучает на длине волны 920 нм. При этом размер углублений не оказывает влияния на длину волны излучения наноструктур, но оказывает влияние на интенсивность излучения КЯ — она возрастает пропорционально объему углубления.



Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-79-10251) и Минобрнауки РФ (проект № FENW-2022-0034) в Южном федеральном университете, а также проекта "Зеркальные лаборатории" в НИУ ВШЭ. Оптические измерения проводились на УНУ "Комплексный оптоэлектронный стенд" в НИУ ВШЭ—Санкт-Петербург.