

Оптические свойства гетероструктур $(In)GaAsN/GaAs$,
выращенных методом молекулярно-пучковой эпитаксии

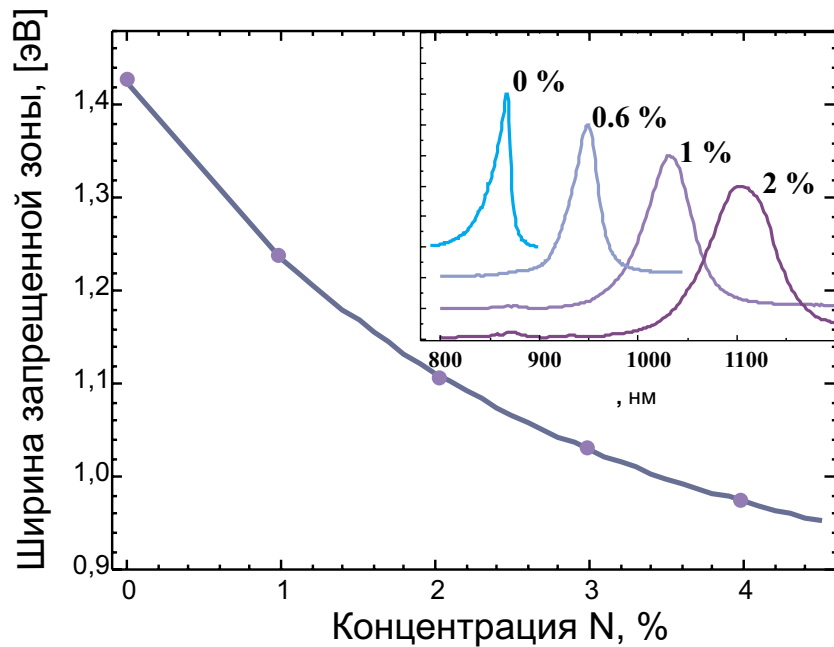
Н.В. Крыжановская

План семинара:

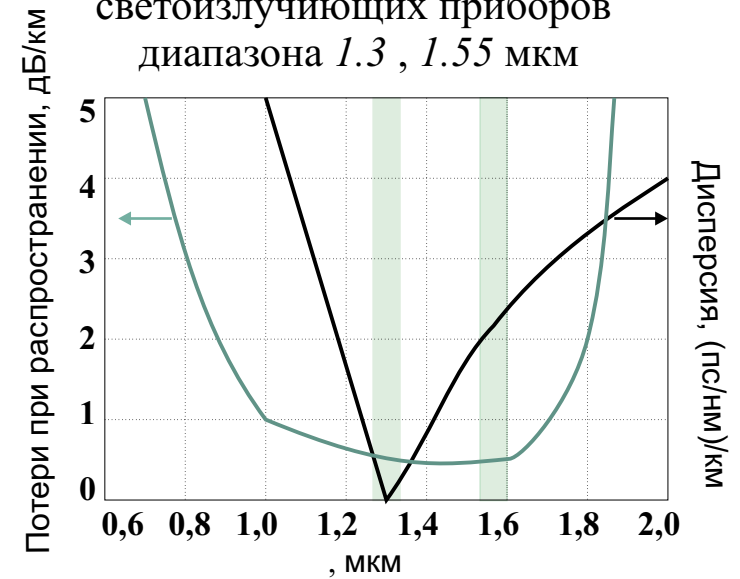
- ✓ Оптические свойства гетероструктур $GaAsN/GaAs$
- ✓ Разрывы зон для гетероперехода $GaAsN/InGaAs$
- ✓ Оптические свойства гетероструктур $InGaAsN/GaAs$

16.12.2002 г

- ✓ Значительное уменьшение ширины запрещенной зоны соединения $GaAsN$ с увеличением концентрации азота



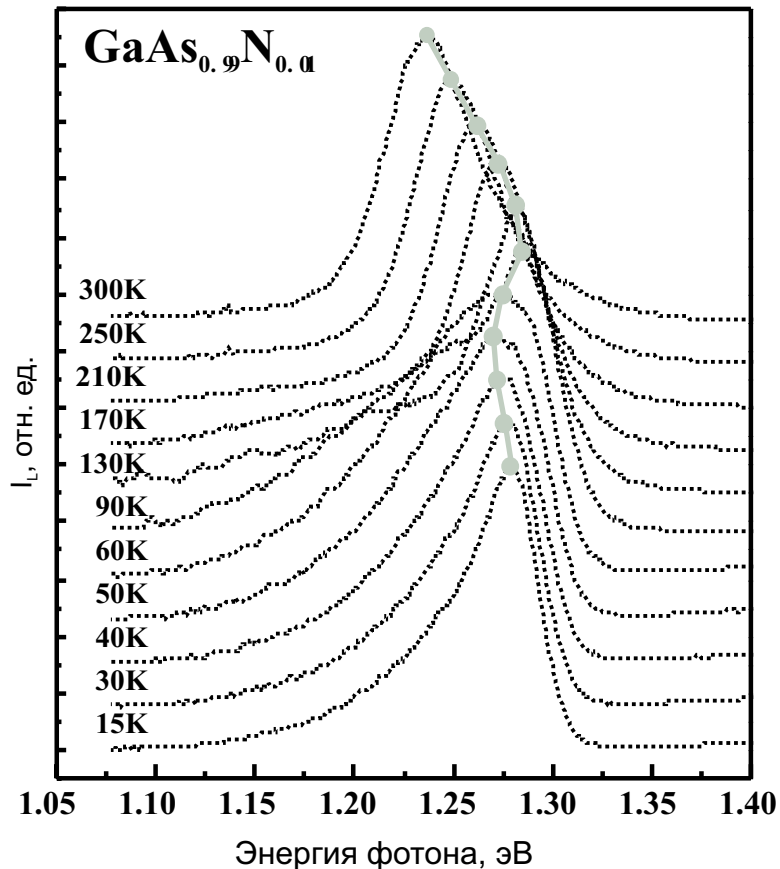
Использование в активной области светоизлучающих приборов диапазона 1.3 , 1.55 мкм



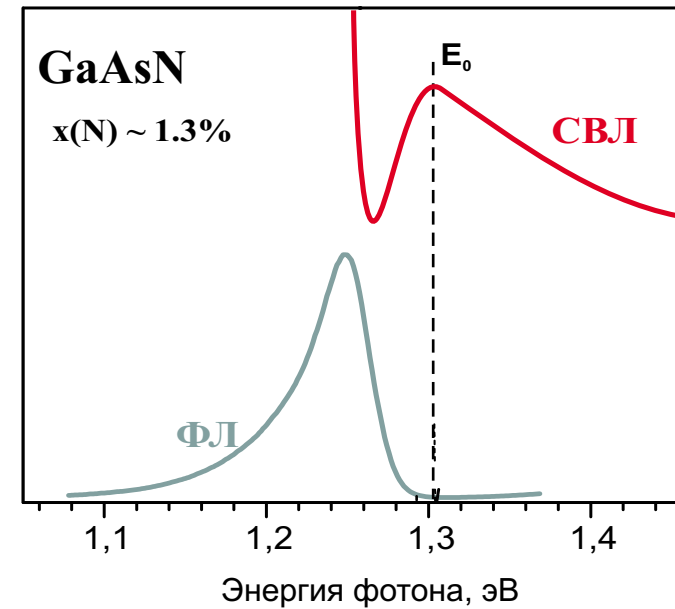
- ✓ Сильное различие размеров атомов N ($\sim 0.72 \text{ \AA}$) и As ($\sim 1.23 \text{ \AA}$)
- ✓ Высокое значение электроотрицательности атомов азота

Внедрение малых концентраций азота существенно меняют свойства соединения $GaAsN$

Зависимость ФЛ от
температуры наблюдения

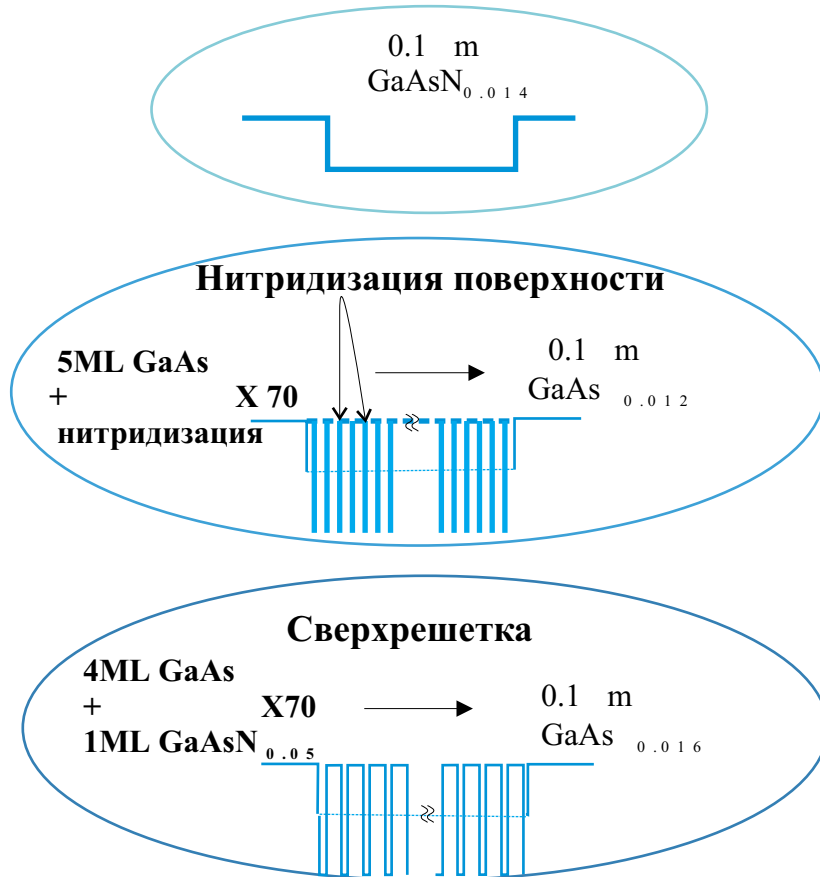


Наличие сдвига между максимумами
спектра ФЛ и спектра возбуждения
люминесценции

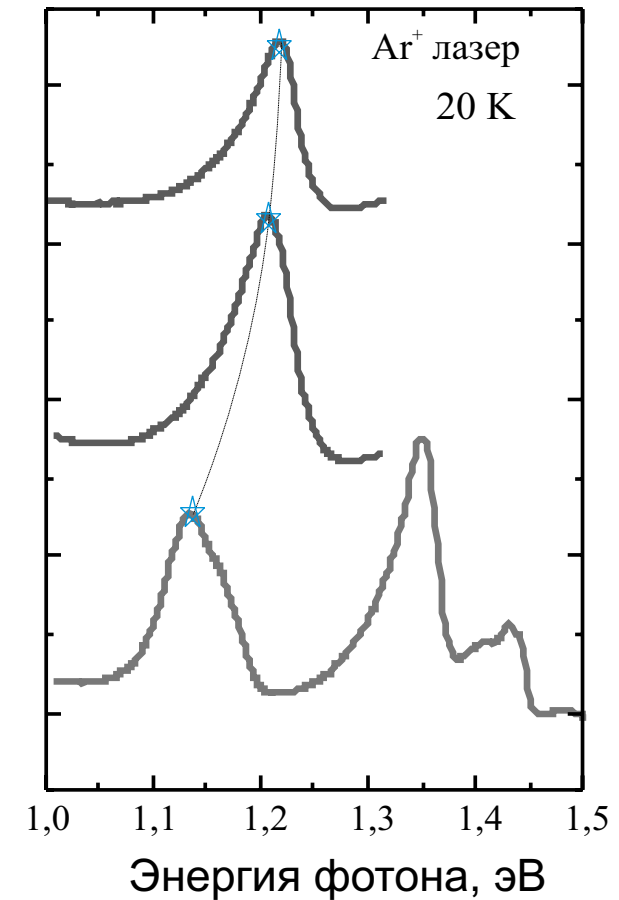


При низкой температуре рекомбинация носителей происходит через локализованные состояния вызванные флуктуациями состава твердого раствора. Увеличение концентрации азота приводит к увеличению энергии локализации носителей.

Схематическое изображение положения
дна ЗП в исследованных структурах



Спектры ФЛ,
полученные при 20 К

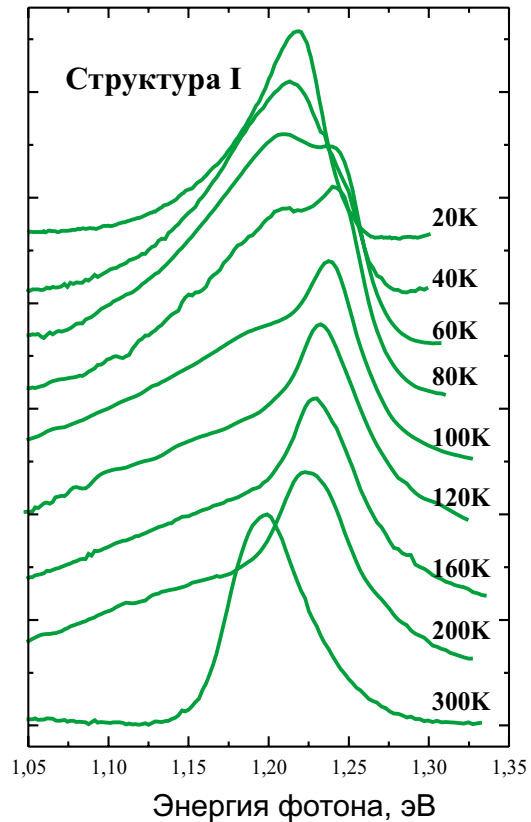


Использование послойной методики осаждения позволяет:

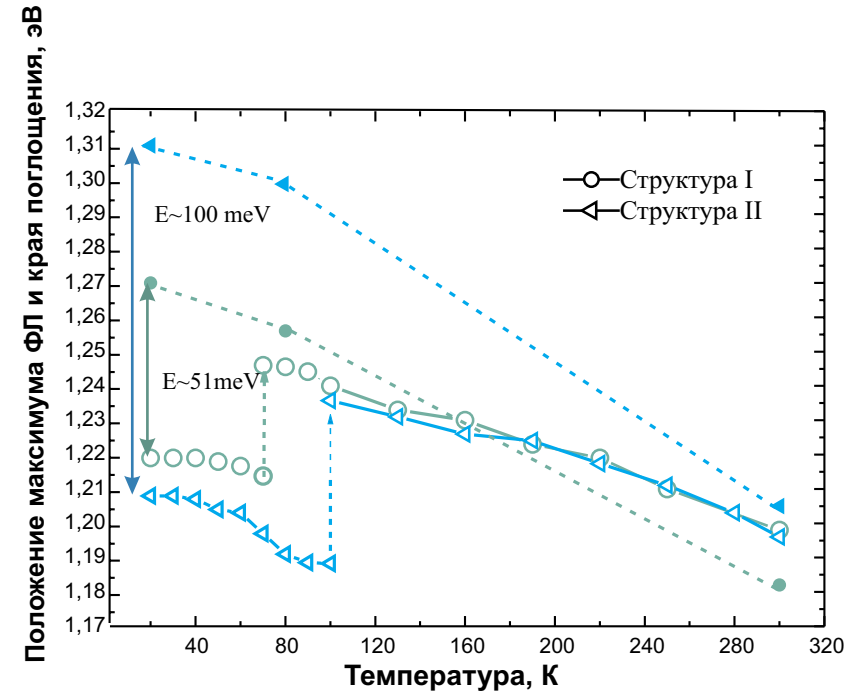
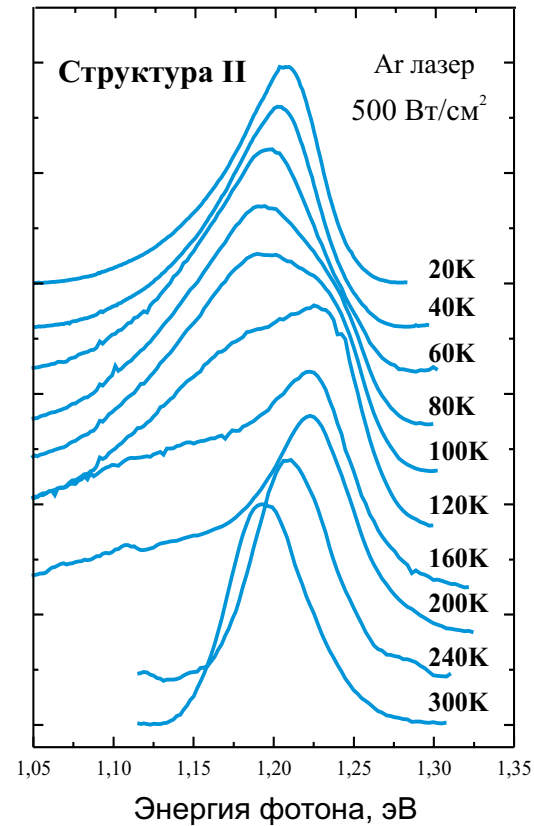
- ✓ Стимулировать образование областей локализации носителей
- ✓ Существенно сдвинуть длину волны излучения в длинноволновую сторону.

Зависимость ФЛ от температуры наблюдения

Непрерывное осаждения
слоя *GaAsN*



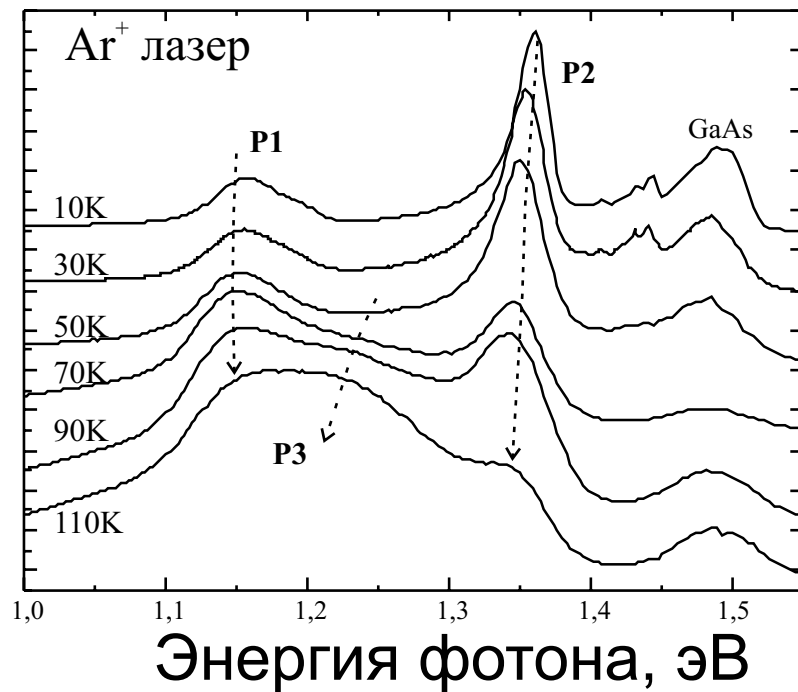
Осаждение с помощью
методики нитридации



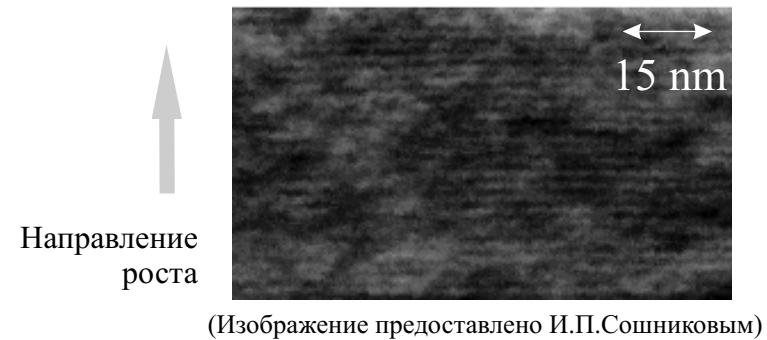
Увеличение Стоксова сдвига в случае применения методики нитридации

В случае применения методики нитридации происходит более значительное формирование центров локализации, вызванных неоднородностью встраивания азота

Зависимость ФЛ сверхрешетки от
температуры наблюдения

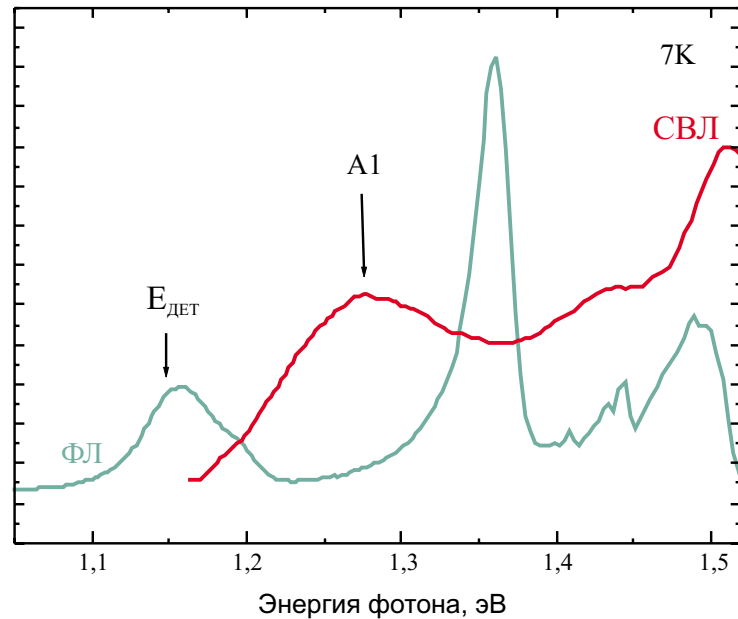


Светлопольное 004 изображение ПЭМ
поперечного сечения (110)
образованной сверхрешетки

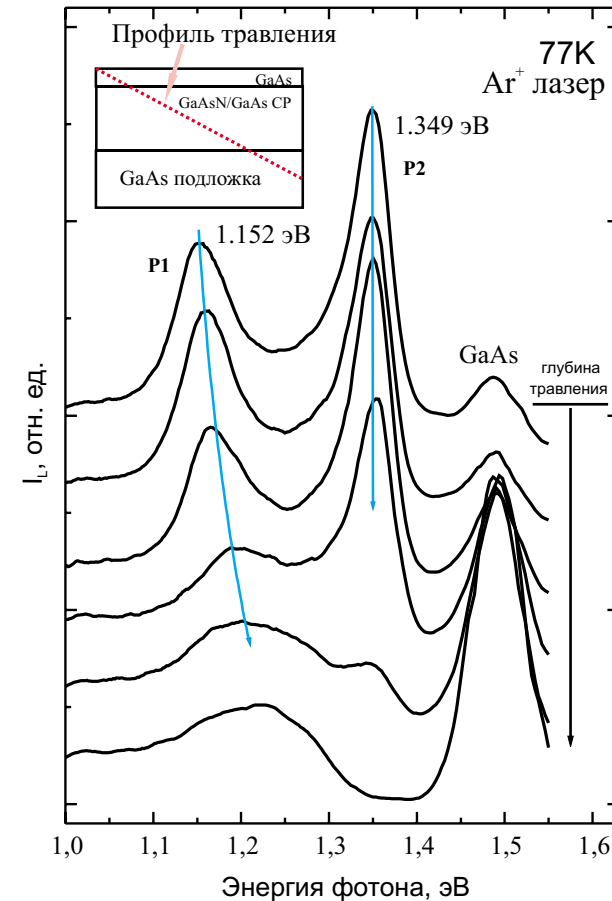


**Существование максимумов, соответствующих областям различной концентрации азота
в широком энергетическом спектре состояний.**

Существование дополнительного максимума в спектре плотности состояний

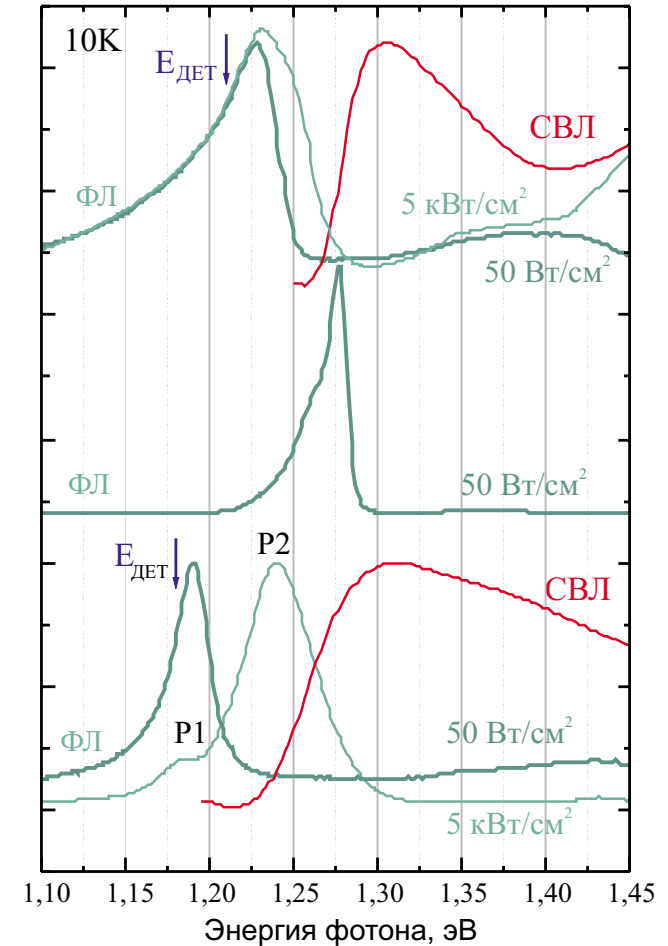
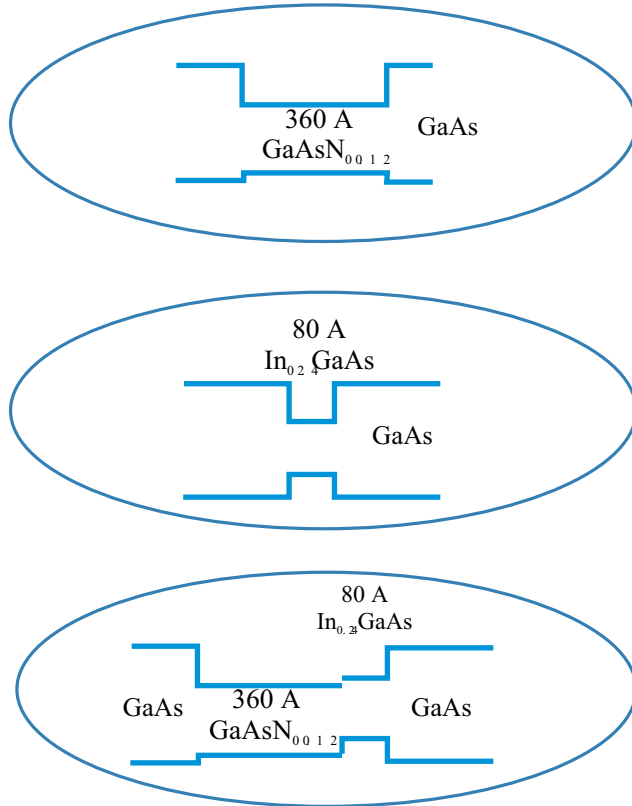


Спектры ФЛ после применения
градиентного травления.



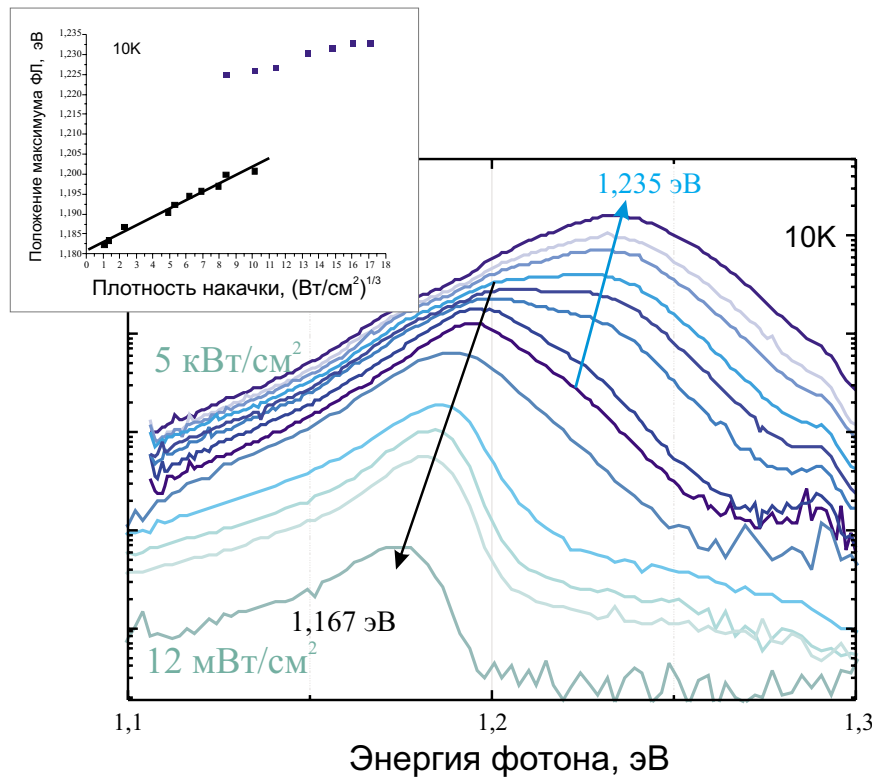
**Увеличение характерных размеров обогащенных по азоту областей
или состава по азоту в них, в направлении роста.**

Схематическое изображение энергетической диаграммы исследованных структур

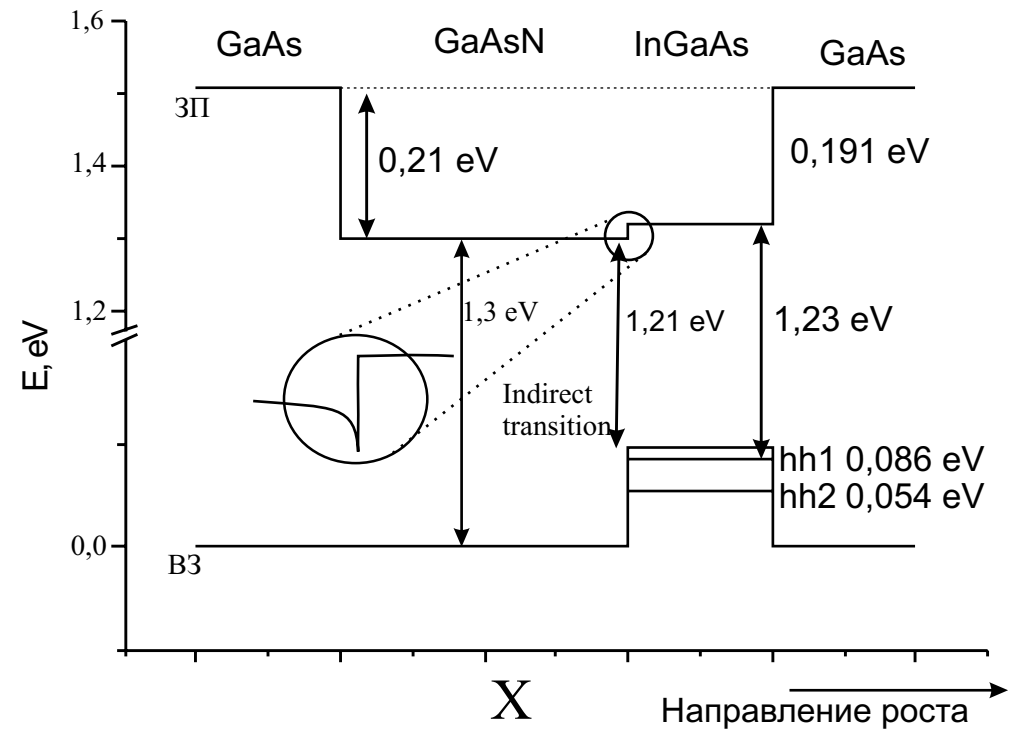


Гетеропереход GaAsN/GaAs является гетеропереходом I рода.

Смещение линии люминесценции в зависимости от уровня возбуждения



Энергетическая зонная диаграмма гетероперехода GaAsN_{0.02}/In_{0.24}GaAs

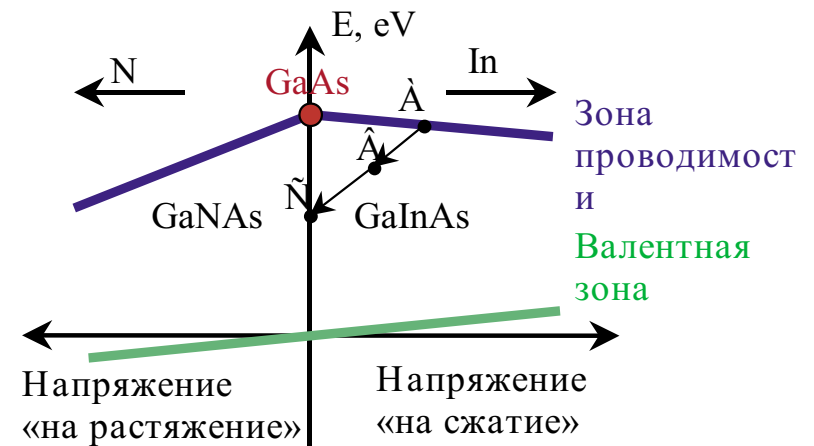


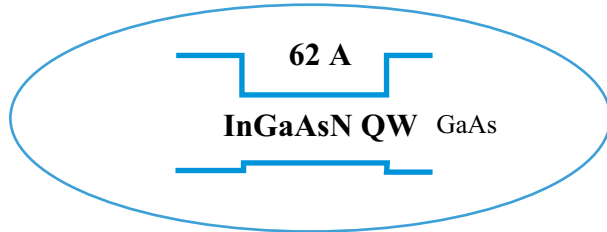
Тип гетероперехода In_xGa_{1-x}As/GaAsN_y зависит от x и может быть как I так и II рода.

Внедрение N в соединения InGaAs приводит к:

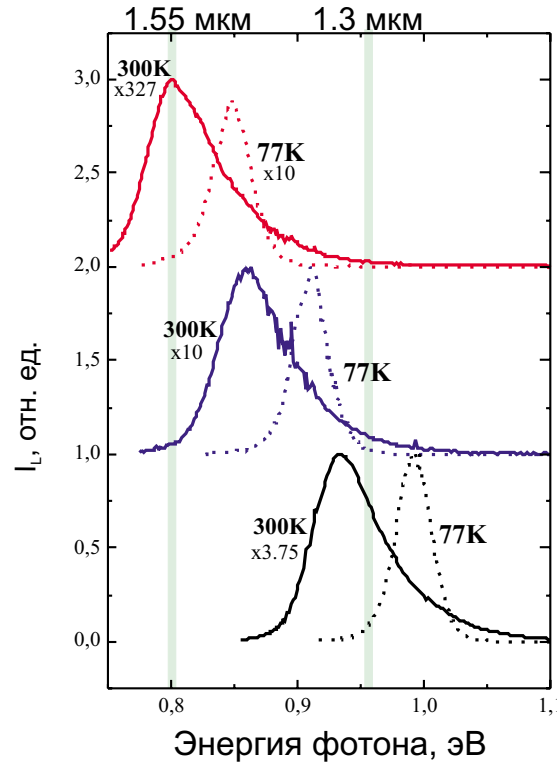
- ✓ Уменьшению ширины запрещенной зоны
- ✓ Частичной компенсации напряжений в слое при росте в матрице GaAs
- ✓ Усиление эффектов фазовой сепарации

Диаграмма напряжений и ширины запрещенной зоны для соединений GaAsN и InGaAs

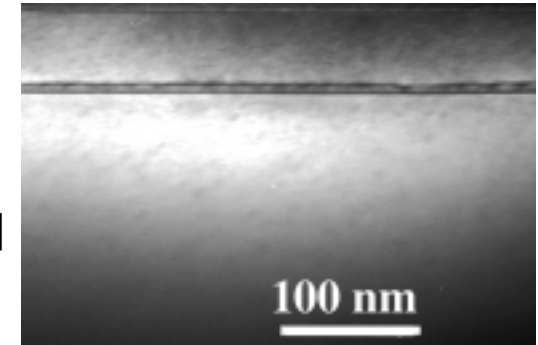
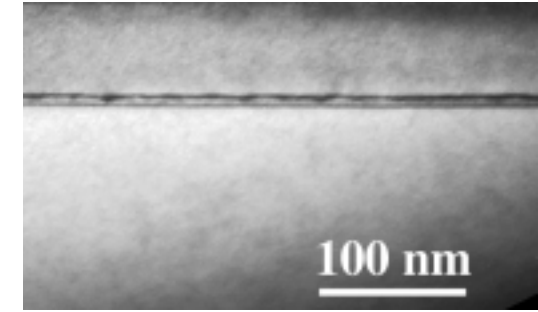




Спектры ФЛ



Изображения ПЭМ поперечного сечения структур с InGaAsN КЯ



Получено излучение на длине волны 1,3 и 1,5 мкм при комнатной температуре.

- ✓ Исследованы оптические свойства толстых слоев и сверхтонких внедрений $GaAsN$, осажденных в арсенид галлия.
- ✓ Использование короткопериодной сверхрешетки $GaAsN/GaAs$ позволяет значительно увеличить длину волны излучения по сравнению со слоем того же состава и получить излучение на длине волны $1,3 \text{ мкм}$.
- ✓ Исследован тип гетероперехода $GaAsN/InGaAs$ и проведена оценка разрыва зон на гетерогранице.
- ✓ На основе исследованных $InGaAsN$ КЯ созданы лазеры с рекордными характеристиками.

Благодарность за помощь и полезные дискуссии
*А.Р. Ковшу, А.Ю. Егорову, В.А. Одноблюдову, А.Г. Гладышеву, А.Ф. Цацульникову,
В.М. Устинову, Н.Н. Леденцову, J.Y. Chi, J.S. Wang, L. Wei*

- [1]. *Н.В. Крыжановская, Б.В. Воловик, Д.С. Сизов, А.Р. Ковш, А.Ф. Цацульников, J.Y. Chi, J.S. Wang, L. Wei, В.М. Устинов*
Оптические свойства гетероструктур $GaAsN$, выращенных методом молекулярно-пучковой эпитаксии
Материалы третьей всероссийской молодежной конференции по физике полупроводников и полупроводниковой опто- и наноэлектронике, С-Пб, 5-8 декабря 2001г., Тезисы докладов, стр.56;
- [2]. *Б.В. Воловик, Н.В. Крыжановская, Д.С. Сизов, А.Р. Ковш, А.Ф. Цацульников, J.Y. Chi, J.S. Wang, L. Wei, В.М. Устинов*
Влияние локализации носителей на оптические свойства гетероструктур $GaAsN/GaAs$, выращенных методом молекулярно-пучковой эпитаксии
ФТП, 2002, том 36, выпуск 9.
- [3]. *Н.В. Крыжановская, А.Р. Ковш, А.Г. Гладышев, А.Ф. Цацульников, В.М. Устинов, Н.Н. Леденцов, J.Y. Chi, J.S. Wang, L. Wei*
Структурные и оптические свойства сверхтонких $GaAsN$ внедрений в $GaAs$ матрицу
Материалы четвертой всероссийской молодежной конференции по физике полупроводников и полупроводниковой опто- и наноэлектронике, С-Пб, 1-3 декабря 2002г., Тезисы докладов
- [4]. *Н.В. Крыжановская, А.Г. Гладышев, А.Р. Ковш, И.П. Сошников, А.Ф. Цацульников, В.М. Устинов, J.Y. Chi, J.S. Wang, L. Wei*
Структурные и оптические свойства сверхрешоток $GaAsN/GaAs$ выращенным методом молекулярно-пучковой эпитаксии
Материалы 2-ой Всероссийской конференции “Нитриды галлия, индия и алюминия: структуры и приборы” Физико-технический институт им. Иоффе РАН, С-Пб, 3-4 февраля 2003 г.