



Нитрид галлия. Основные свойства и применение. GaN и твердые растворы на его основе

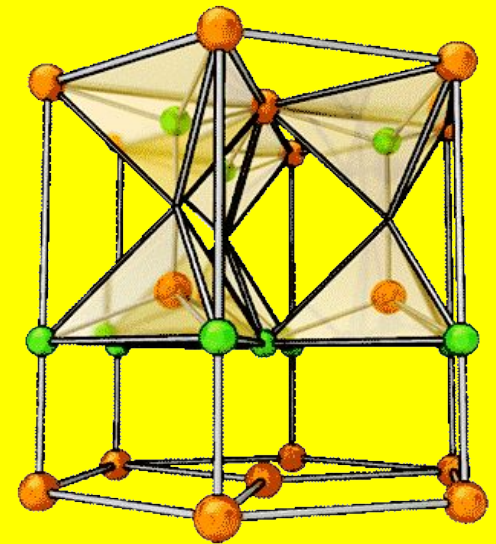
Студент

Преподаватель

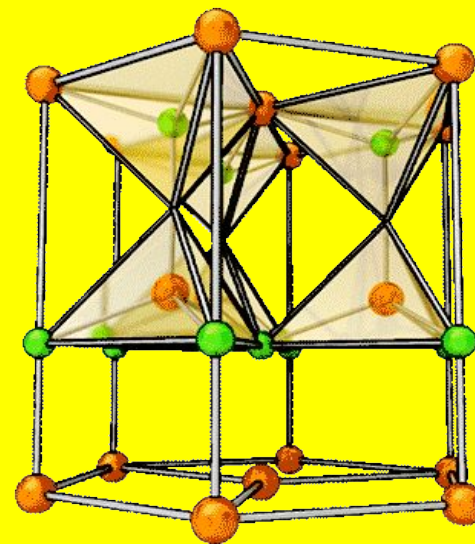
Жукова Е. В.

Субботин К.А.

Нитрид галлия — бинарное неорганическое химическое соединение галлия и азота. При обычных условиях очень твёрдое вещество с кристаллической структурой типа вюрцита.



Основные свойства

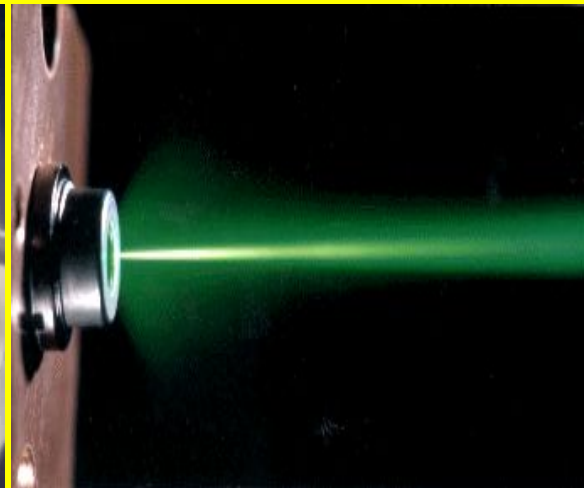


- Элементарная ячейка типа вюрцит
- Теплопроводность: 130 Вт/(м*К)
- Ширина запрещенной зоны: 3.39 эВ при 300K
- Прямозонный полупроводник
- При легировании кислородом или кремнием проявляет электронный тип проводимости
- При легировании магнием становится полупроводником дырочного типа
- Высокая поверхностная концентрация дислокаций: от 100 млн до 10 млрд на см^2

Применение

Широко используется для создания:

- светодиодов
- полупроводниковых лазеров
- оптикоэлектронных, мощных и высокочастотных устройств
- массивов солнечных батарей на спутниках
- в качестве подложек

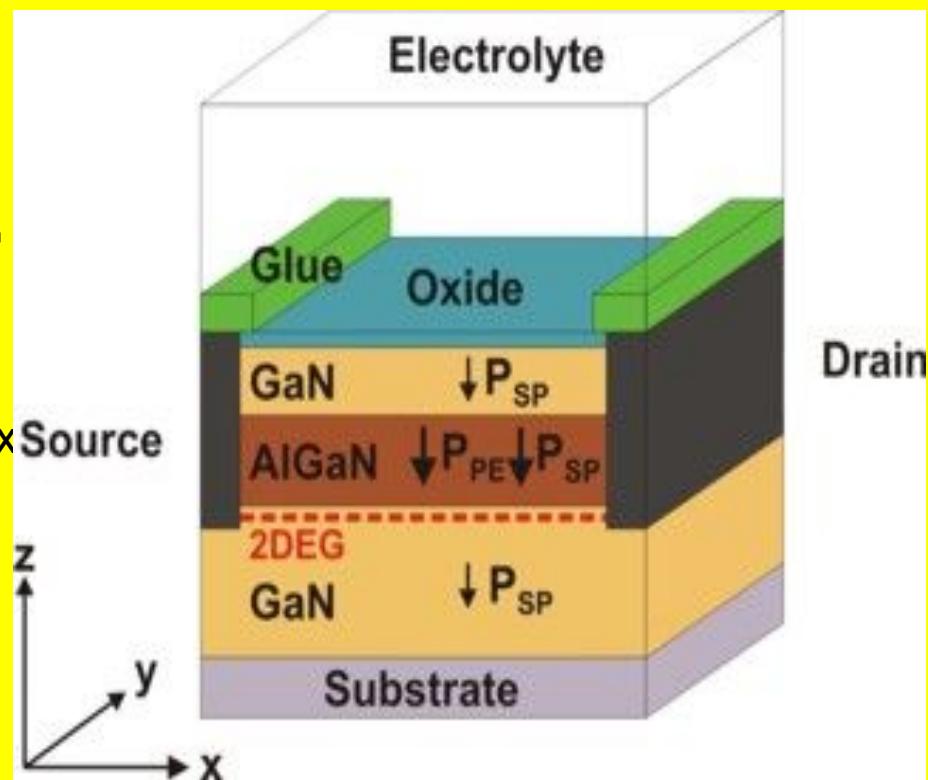


Твердые растворы GaN

Нитриды галлия, алюминия, индия и твердые растворы на их основе являются перспективными материалами для оптоэлектронных устройств, работающих в голубой и фиолетовой областях спектра.

AlGaN

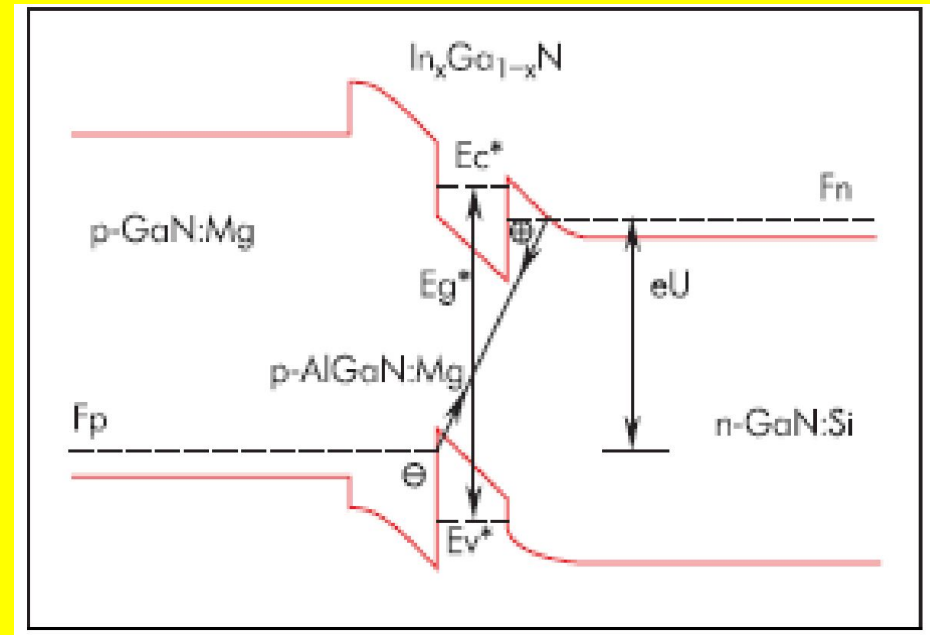
Среди них пристальное внимание исследователей привлекает твердый раствор AlGaN вследствие применения не только в лазерных структурах, но и в полевых транзисторах, работающих под большим напряжением и при высоких температурах. Вследствие большого пьезоэлектрического коэффициента и механических напряжений, возникающих между слоями GaN и AlGaN, в гетероструктурах AlGaN/GaN могут генерироваться сильные электрические поля, способствующие образованию на гетерограницах между слоями большой концентрации электронного газа.



Для увеличения рабочей частоты транзистора необходимо уменьшение длины затвора. Одним из путей приближения затвора к каналу двумерного электронного газа является утончение барьерного слоя AlGaN и повышение мольной доли алюминия вплоть до чистого AlN. Однако с уменьшением толщины барьерного слоя снижается количество носителей в проводящем канале.

AlGaN

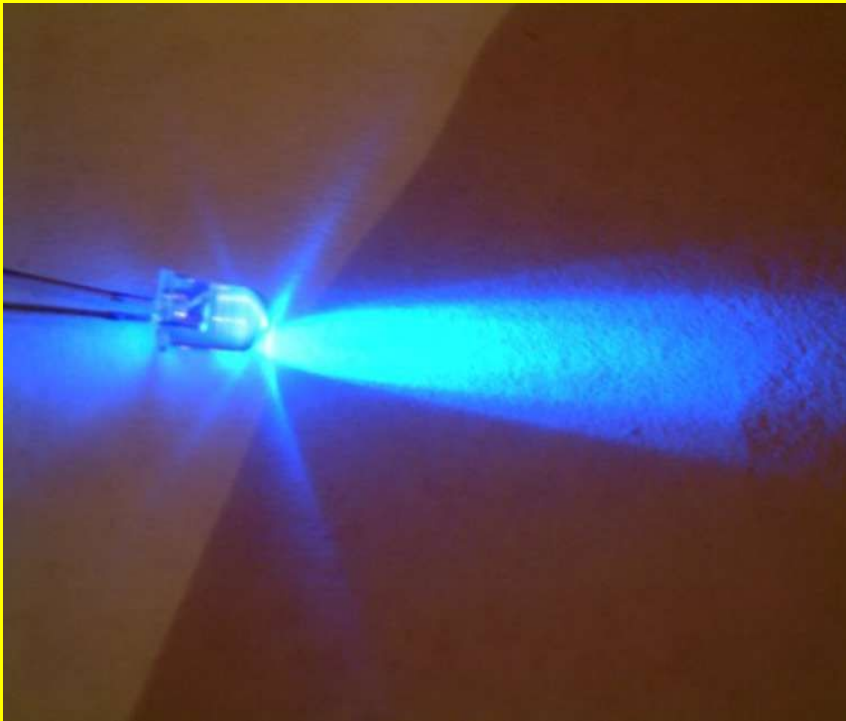
Рассмотрим энергетическую диаграмму AlGaN, в которой между внешними p- и n-областями полупроводника с большими величинами ширины запрещенной зоны E_{g2} , E_{g3} расположен тонкий слой с меньшей шириной E_{g^*} . Толщину этого слоя можно сделать очень малой, порядка сотен или даже десятков атомных слоев.



Помимо потенциального барьера обычного p-n-перехода на гетерограницах слоя образуются потенциальные барьеры для электронов ΔE_c и дырок ΔE_v . Возникнет инжекция электронов и дырок с обеих сторон в узкозонный слой. Электроны будут стремиться занять положения с наименьшей энергией, спускаясь на дно потенциальной ямы в слое, дырки устремятся вверх — к краю валентной зоны в слое, где минимальны их энергии. Таким образом, мы можем утончить барьер и повысить рабочую частоту транзистора.

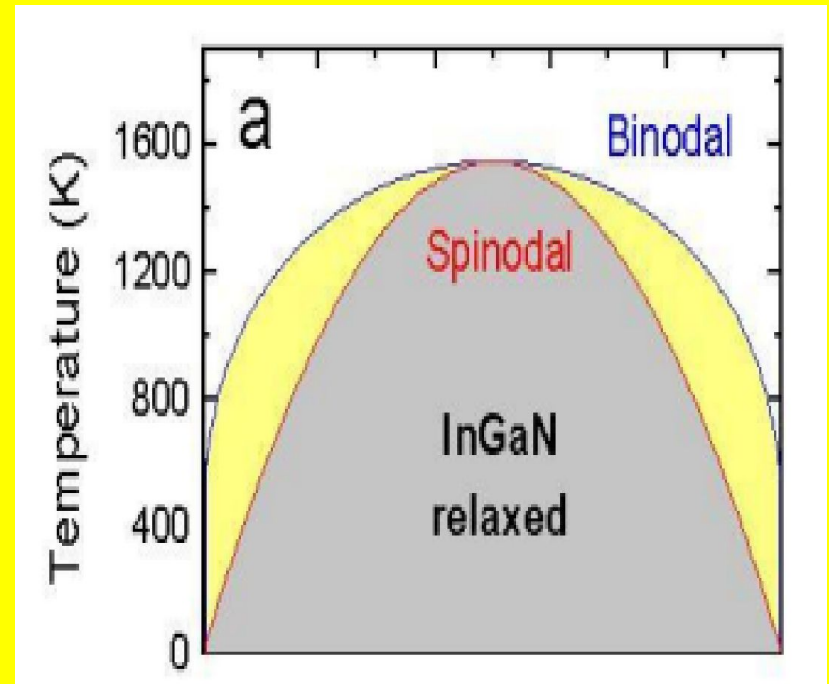
InGaN

InGaN - это полупроводник с решеткой типа вюрцита. Запрещенная зона InGaN от 0.7 эВ (InN) до 3.4 эВ (GaN), то есть перекрывает весь видимый диапазон длин волн, а также инфракрасную и ультрафиолетовую области. Это открывает новые возможности по созданию устройств цветного оптического отображения информации нового поколения, а также энергосберегающих источников освещения белого света.



InGaN

Одной из структурных особенностей является эффект фазового распада твердого раствора. На фазовой диаграмме выделены две важные кривые – бинодаль и спиnodаль. Область между бинодалью и спиnodалью на фазовой диаграмме соответствует области метастабильности твердого раствора. Для протекания фазового распада необходимо преодоление энергетического барьера. Это означает, что фазовый распад будет происходить только вблизи нарушений кристаллической решетки (дислокаций, дефектов упаковки и проч.)



Спинодаль ограничивает область на диаграмме, где становится нестабильным однородный твердый раствор. Возникающие в системе сжимающие напряжения приводят к существенному смещению зоны несмешиваемости в область больших значений x и понижению критической температуры фазового распада (с 1135°C до 735°C).