



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА



Кафедра химии и технологии кристаллов

Электрофизические свойства GaAs, зонная
структура, полупроводящий и полуизолирующий
GaAs, способы создания p-n перехода,
применение

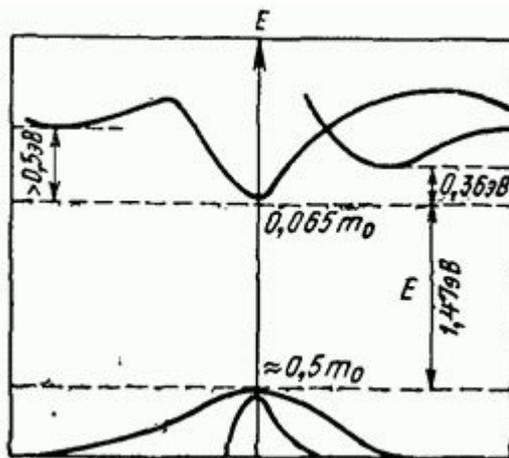
Студент: Любимов Д.М.

Электрофизические свойства

- Ширина запрещённой зоны при 300 К — 1.424 эВ
- Эффективная масса электронов — $0.067 m_e$
- Эффективная масса лёгких дырок — $0.082 m_e$
- Эффективная масса тяжёлых дырок — $0.45 m_e$
- Подвижность электронов при 300 К — $8500 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$
- Подвижность дырок при 300 К — $400 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$

Зонная структура

- Зонная структура арсенида галлия показана на рисунке, откуда видно, что этот материал обладает прямыми межзонными переходами. В зоне проводимости имеются две долины, разность уровней которых составляет около $0,36$ эВ. Подвижность электронов в нижней долине намного выше подвижности электронов в верхней долине, и, поскольку разность уровней этих долин невелика, то в сильных электрических полях электроны могут переходить из одного минимума в другой. Когда заполнение верхней долины превышает заполнение нижней, то в материале появляется отрицательное дифференциальное сопротивление, так как с ростом напряжения увеличивается число электронов, перешедших в верхнюю зону и снизивших свою подвижность, в результате чего ток падает. Это вызывает характерный для арсенида галлия эффект Ганна, на основе которого созданы генераторы излучения СВЧ диапазона.



Полуизолирующий GaAs

- Полуизолирующий GaAs используется в качестве подложек при изготовлении полупроводниковых приборов и интегральных схем. Он представляет из себя систему из непосредственного арсенида галлия и введенных в него компенсирующей и фоновой примесей.

Способы создания p-n переходов

- Метод диффузии
- Эпитаксия из жидкой фазы
- Эпитаксия из газовой фазы

Способы создания р-n переходов

Наиболее чистые кристаллы арсенида галлия в настоящее время содержат около 10^{-15} см³ примесных атомов в кубическом сантиметре. В менее чистых материалах концентрация электронов возрастает, а подвижность соответственно уменьшается. Таким образом, собственный арсенид галлия имеет электронную проводимость. Однако тип проводимости может быть изменен путем введения примесей либо в процессе выращивания кристалла, либо методом диффузии.

Применение

- Как и кремний, арсенид галлия применяется для создания различных полупроводниковых приборов. На интегральные схемы на основе арсенида галлия расходуется до 40% производимого галлия. GaAs-микросхемы примерно на порядок дороже, чем кремниевые (это связано со сложностью получения монокристаллов), но обладают гораздо большей производительностью. В быстродействующих интегральных схемах сейчас нет альтернатив арсениду, тогда как в других областях он может быть заменен другими материалами. Сейчас разрабатываются технологии создания смешанных Si-GaAs чипов, которые позволят добиться высокой скорости работы в сочетании с относительной дешевизной.
- Через некоторое время после синтеза арсенида галлия обнаружилось, что это соединение обладает другими интересными и важными свойствами, которые иногда ставят его вне конкуренции с остальными полупроводниковыми материалами. Ширина его запрещенной зоны близка к величине 1,5 эВ, которая считается оптимальной для преобразования солнечной энергии в электрическую. Коэффициент полезного действия арсенид-галлиевых фотоэлементов (солнечных батарей) достигает 24%, что значительно превосходит результаты лучших кремниевых фотоэлектрических преобразователей.

Применение

- Широкое применение получили полупроводниковые преобразователи электрической энергии в электромагнитное излучение. В арсениде галлия впервые для полупроводников было открыто явление испускания света под действием электрического тока, что привело в 1962 к созданию полупроводникового лазера. Принцип действия лазера этого типа основан на рекомбинации электронов проводимости и дырок. В арсениде галлия (в отличие от кремния) почти при каждом акте рекомбинации происходит излучение кванта света. При малой скорости генерации электрон-дырочных пар (накачке) излучательная рекомбинация происходит спонтанно, этот эффект используется в светодиодах.
- В 1963 у арсенида галлия возникла новая область применения. Американский физик Джон Ганн установил, что постоянное электрическое напряжение определенной величины, приложенное к кристаллу арсенида галлия, вызывает в нем генерацию высокочастотных колебаний электрического тока. Этот эффект связан с тем, что у вольтамперной характеристики арсенида галлия есть ниспадающий участок, на котором дифференциальное сопротивление отрицательно. Приборы на основе эффекта Ганна служат для генерирования и усиления электромагнитных колебаний мощностью порядка нескольких кВт в импульсном режиме и сотен мВт в непрерывном режиме на частотах от 100 МГц до 100 ГГц, а также для создания быстродействующих элементов электронных устройств.