

Диоды Ганна

Работу выполнили:

Красяков Антон

Тидякин Юрий

Группа 21302



Общие сведения

Диод Ганна - полупроводниковый диод, состоящий из однородного полупроводника, генерирующий СВЧ-колебания при приложении постоянного электрического поля.

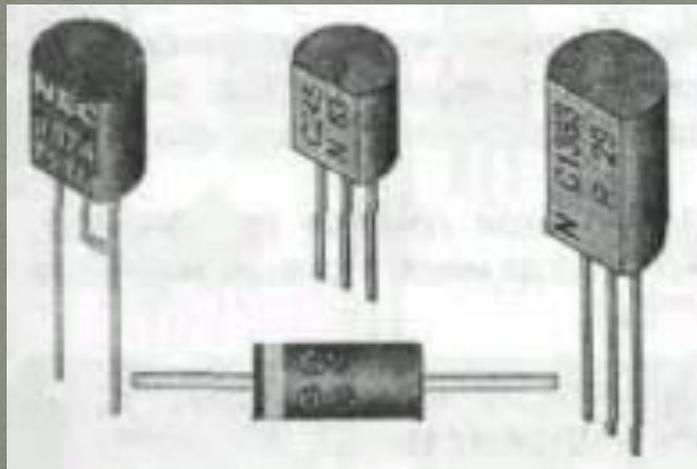
Физической основа - эффект Ганна

Традиционно **диод Ганна** состоит из слоя арсенида галлия толщиной от единиц до сотен микрометров с омическими контактами с обеих сторон.

Арсенид галлия (GaAs) — химическое соединение галлия и мышьяка. Важный полупроводник, третий по масштабам использования в промышленности после кремния и германия. Используется для создания сверхвысокочастотных интегральных схем, светодиодов, лазерных диодов, диодов Ганна, туннельных диодов, фотоприёмников и детекторов ядерных излучений.

Эффект Ганна

заключается в генерации высокочастотных колебаний электрического тока в однородном полупроводнике с N-образной вольт-амперной характеристикой.



Эффект Ганна наблюдается главным образом в двухдолинных полупроводниках, зона проводимости которых состоит из одной нижней долины и нескольких верхних долин.

Двухдолинный полупроводник - это полупроводник, зона проводимости которого имеет 2 энергетических минимума.

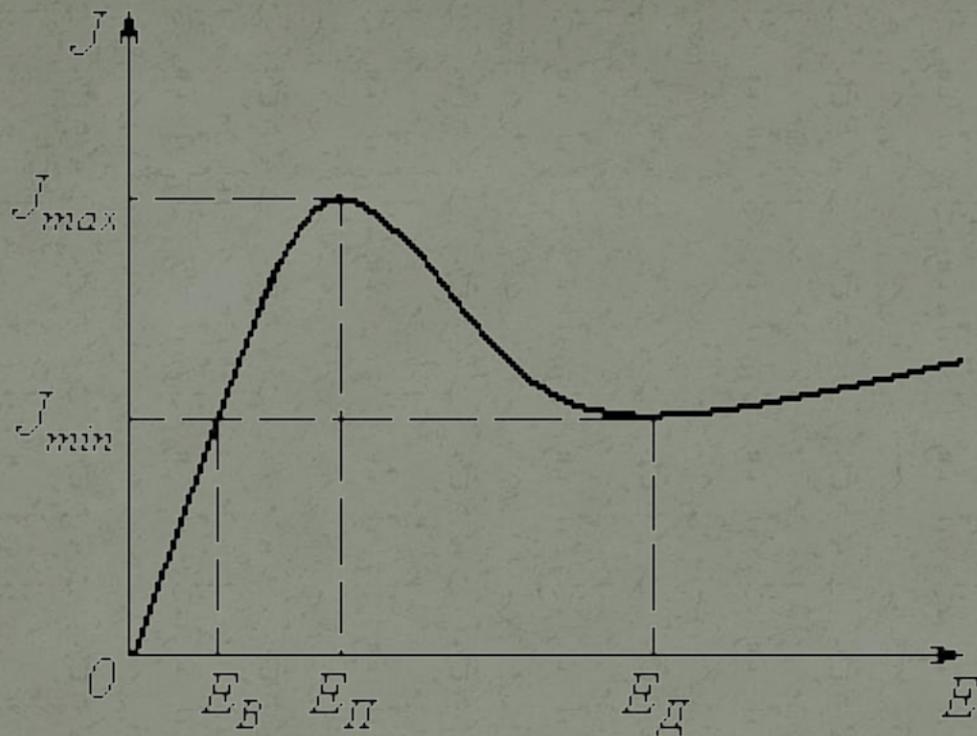


Рис. 2. N-образная вольт-амперная характеристика: E - электрическое поле, создаваемое приложенной разностью потенциалов; J - плотность тока

Требования для возникновения ОДС:

- 1) Средняя тепловая энергия электронов должна быть значительно меньше энергетического зазора между побочной и нижней долинами зоны проводимости
- 2) Эффективные массы и подвижности электронов в нижней и верхних долинах должны быть различны.
- 3) Энергетический зазор между долинами должен быть меньше, чем ширина запрещенной зоны полупроводника

Междолинный переход электронов в арсениде галлия

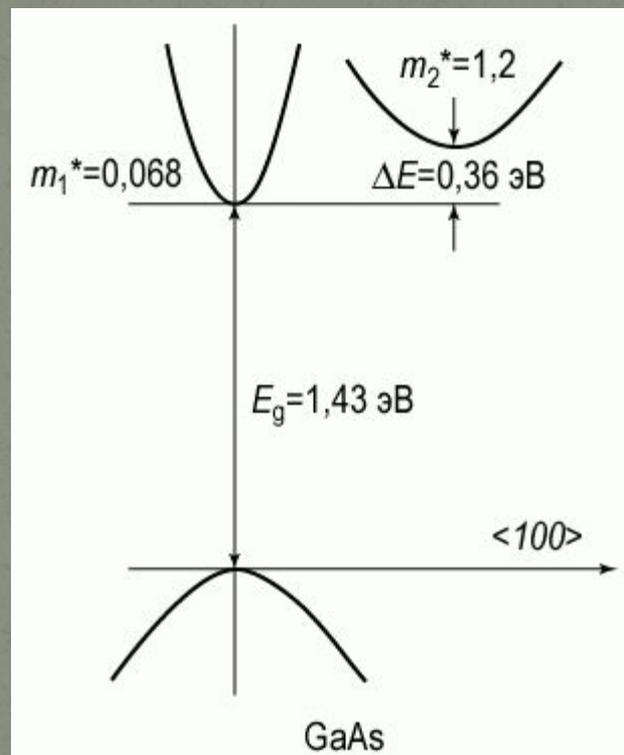


Рис. 1. Схематическая диаграмма, показывающая энергию электрона в зависимости от волнового числа в области минимумов зоны проводимости арсенида галлия n-типа

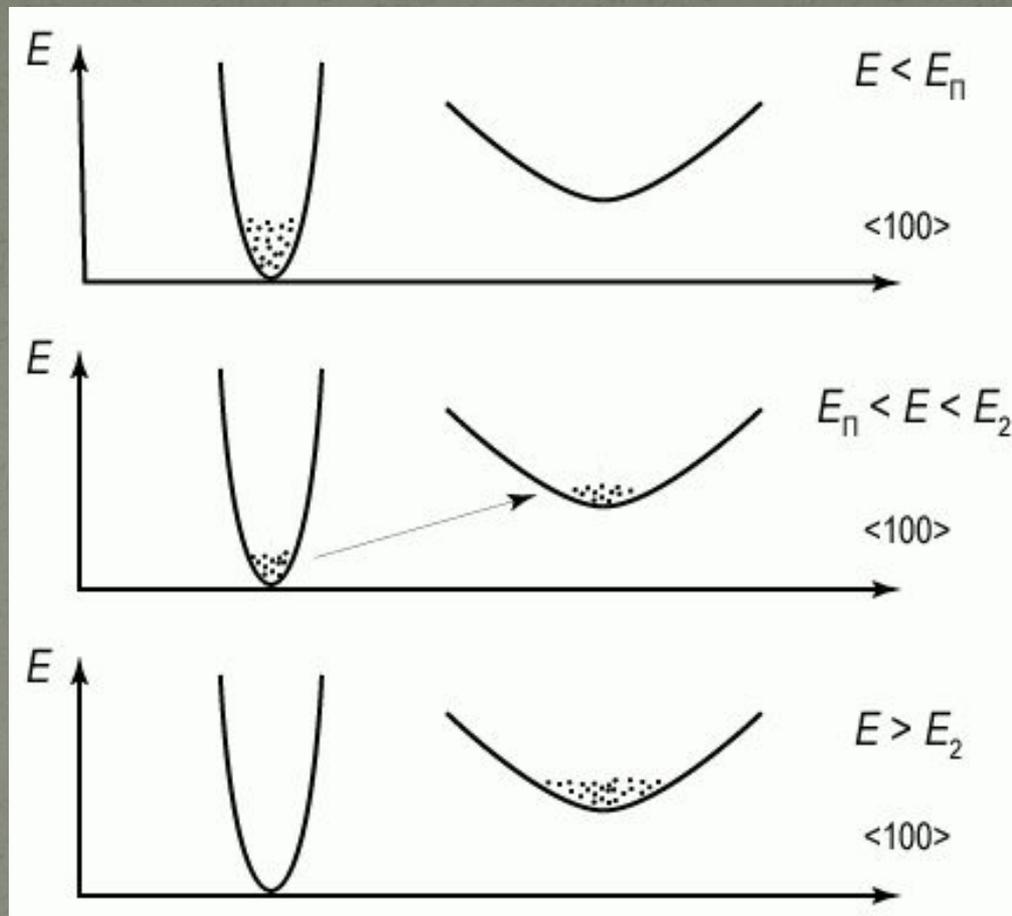
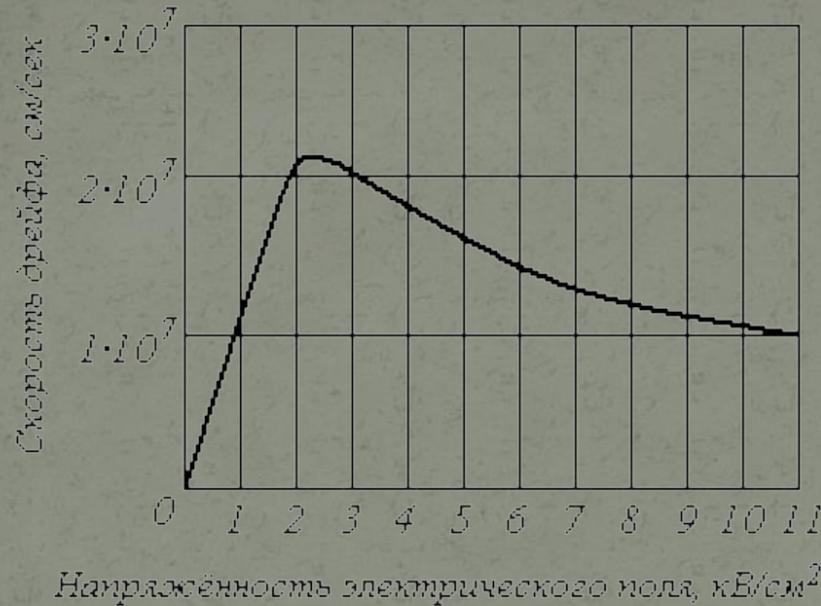


Рис. 3. Распределение электронов при различных значениях напряженности поля

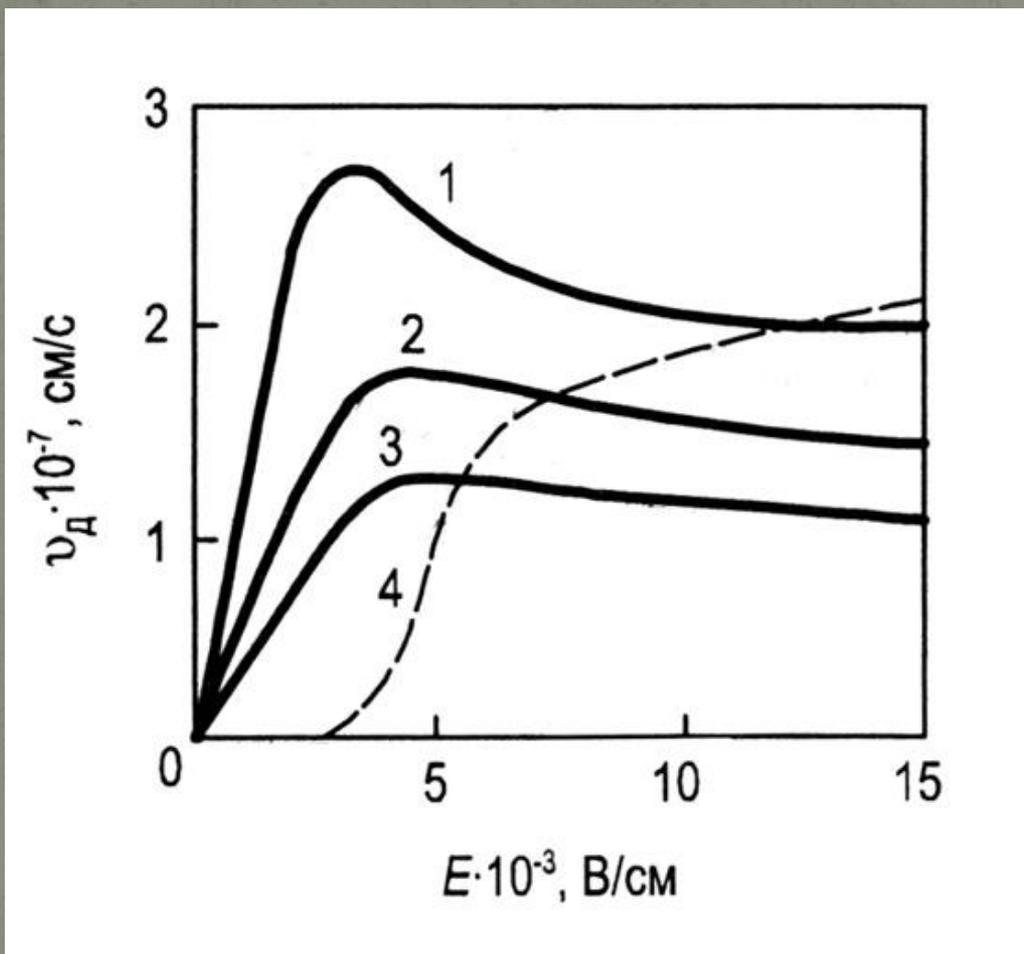
Зависимость скорости дрейфа от напряжённости поля



Средняя скорость при данной напряжённости поля равна:

$$v_D(E) = \frac{J}{en_0} = \frac{e(n_1\mu_1 + n_2\mu_2)E}{e(n_1 + n_2)} = \frac{(n_1\mu_1 + n_2\mu_2)E}{n_1 + n_2} = \frac{\mu_1 E(1 + BF^k)}{1 + F^k}$$

Зависимость дрейфовой скорости электронов от E и T, K



Зарядовые неустойчивости в приборах с отрицательным дифференциальным сопротивлением

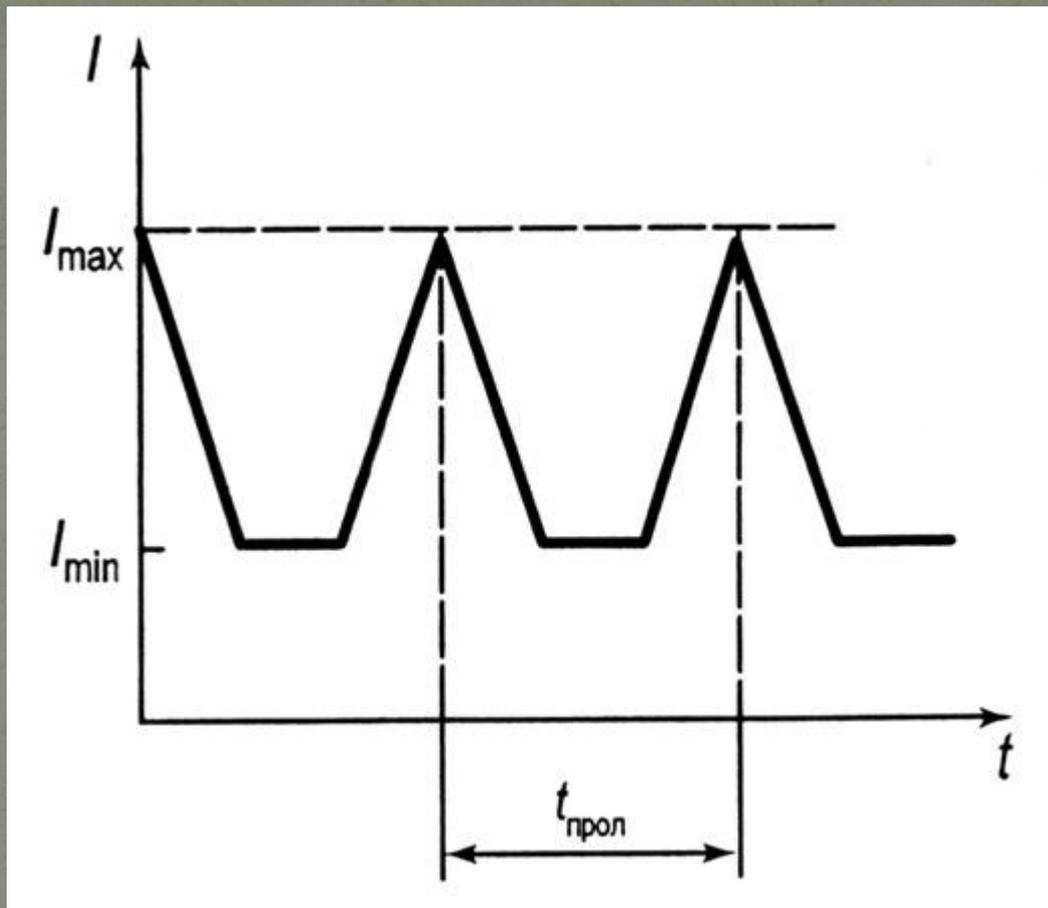
- 1) зарядовые неустойчивости в типичных полупроводниках
- 2) зарядовые неустойчивости при наличии участка отрицательного дифференциального сопротивления на ВАХ
- 3) домены сильного электрического поля в GaAs

Режимы работы диодов Ганна

- 1) **Пролетный режим** - режим работы диода Ганна на эффекте междолинного перехода электронов, при котором выполняется неравенство:

$$n_0 L > 10^{12} \text{ см}^{-2}$$

Для его реализации необходимо включить диод в параллельную резонансную цепь.



Зависимость тока от времени при работе диода Ганна в пролетном режиме

2) Режим ОНОЗ.

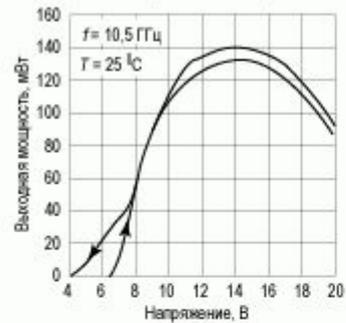
Несколько позднее доменных режимов был предложен и осуществлен для диодов Ганна режим ограничения накопления объемного заряда. Он существует при постоянных напряжениях на диоде, в несколько раз превышающих пороговое значение, и больших амплитудах напряжения на частотах, в несколько раз больших пролетной частоты. Для реализации режима ОНОЗ требуются диоды с очень однородным профилем легирования.

3) **Гибридные режимы** работы диодов Ганна являются промежуточными между режимами ОНОЗ и доменным. Для гибридных режимов характерно, что образование домена занимает большую часть периода колебаний. Режим ОНОЗ и гибридные режимы работы диода Ганна относят к режимам с «жестким» самовозбуждением, для которых характерна зависимость отрицательной электронной проводимости от амплитуды высокочастотного напряжения.

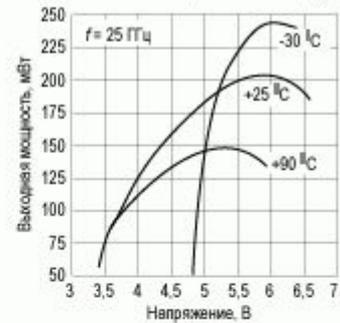
Характеристики генератора Ганна:

- 1) **Выходная мощность** (в пролетном режиме она составляет десятки-сотни милливольт).
- 2) **Рабочая частота** (в пролетном режиме обратно пропорциональна длине или толщине высокоомной части кристалла).
- 3) **Длина волны**
- 4) **КПД** (бывает различным от 1% до 30%)
- 5) **Уровни шумов** (возникают в результате изменения частоты колебаний)

Типичная зависимость генерируемой диодом Ганна мощности от приложенного напряжения



Зависимость генерируемой диодом Ганна мощности от приложенного напряжения и температуры



Частота и плотность генерируемой мощности диода Ганна в зависимости от степени легирования для случая GaN

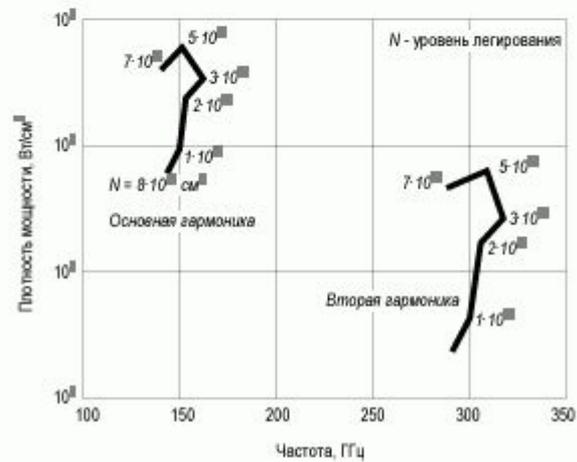
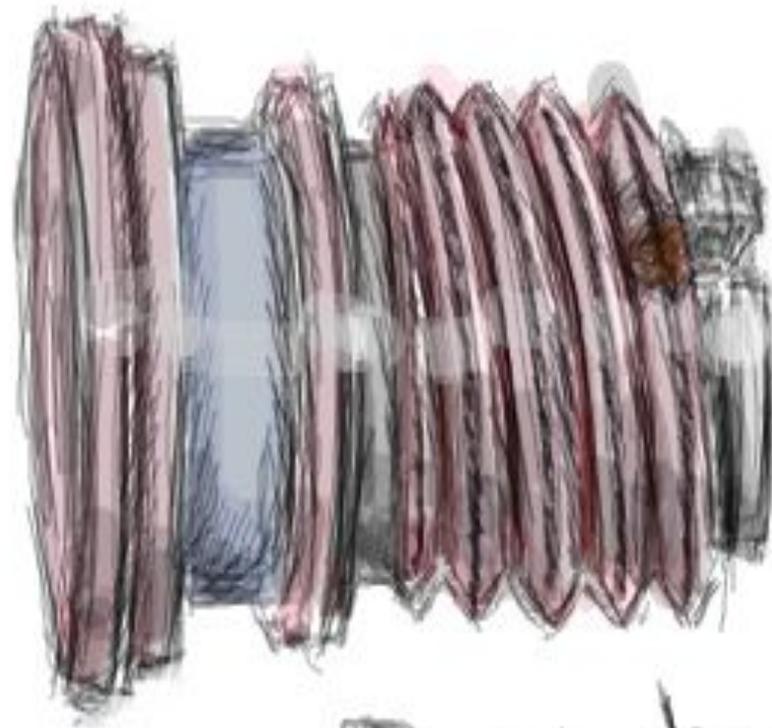


Рис. 10. Примеры характеристик диодов Ганна

Применение

Диоды Ганна, как твердотельные генераторы токов в диапазоне СВЧ находят очень широкое применение в разнообразнейших устройствах благодаря своим несомненным преимуществам: легкости, компактности, надежности, эффективности и др. Со времен своего появления диоды Ганна неоднократно совершенствовались. Шло повышение рабочих частот, приводящее к соответственному уменьшению размеров кристалла; принимались различные меры по увеличению КПД диодов и их выходной мощности. Все это время расчет диодов Ганна представлял собой очень длительный и трудоемкий процесс, даже с использованием компьютеров первых поколений. Однако, в наше время, в век стремительного роста материально-научной базы компьютерной техники становится возможным построить программное обеспечение, позволяющее произвести расчет диода Ганна легко и просто.



GUNN diode