

Новые типы полупроводниковых
приборов

ДИОДЫ ГАННА

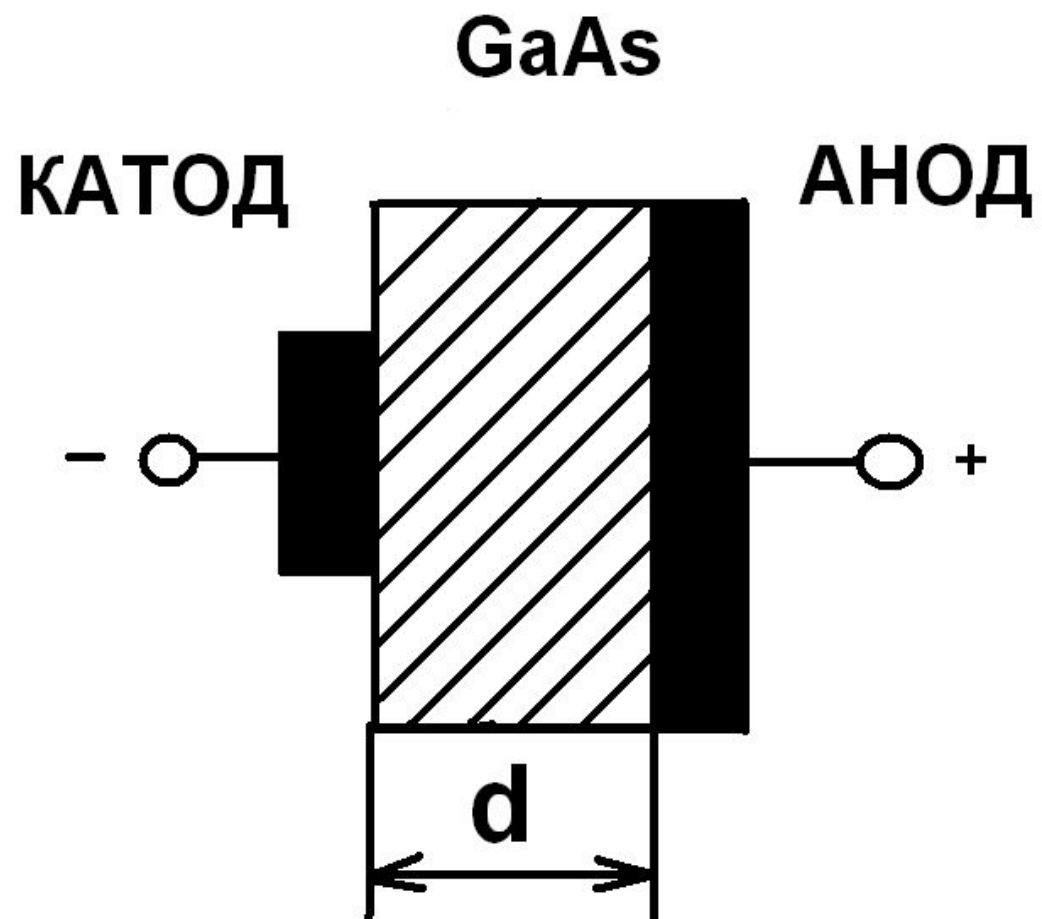
ОПРЕДЕЛЕНИЕ

- **Диод Ганна** – полупроводниковый диод, состоящий из однородного полупроводника, генерирующий СВЧ-колебания при приложении постоянного электрического поля.
- Физической основой, позволяющей реализовать такие свойства в диоде, является эффект Ганна, который заключается в генерации высокочастотных колебаний электрического тока в однородном полупроводнике с N-образной вольт-амперной характеристикой.



ОТКРЫТИЕ ЭФФЕКТА ГАННА

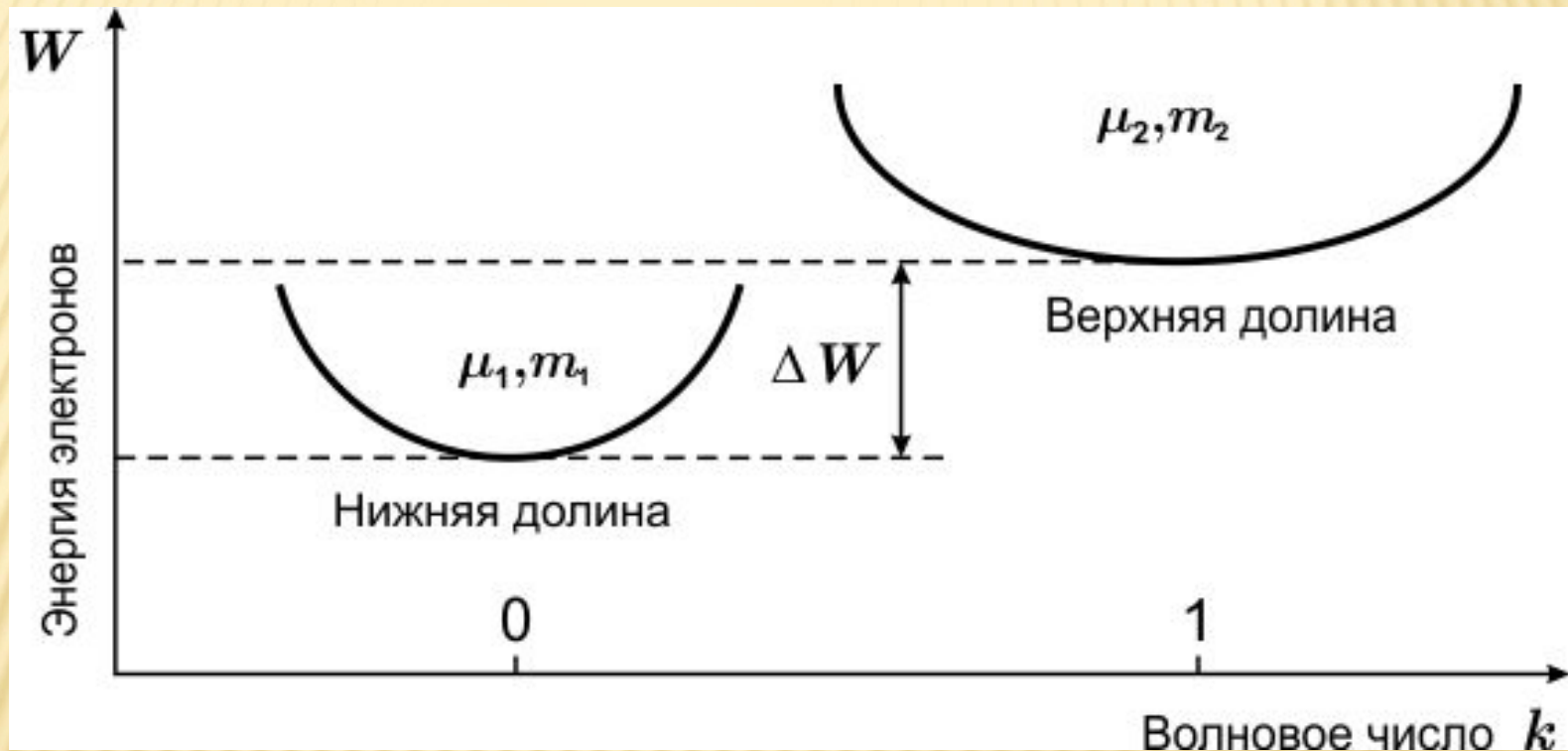
- Эффект Ганна обнаружен американским физиком Дж. Ганном в 1963 г. в кристалле арсенида галлия с электронной проводимостью. Ганн обнаружил, что при приложении электрического поля E ($E_{\text{пор}} \geq 2-3$ кВ/см) к однородным образцам из арсенида галлия n -типа в образце возникают спонтанные колебания тока. Позднее он установил, что при $E > E_{\text{пор}}$ в образце, обычно у катода, возникает небольшой участок сильного поля – «домен», дрейфующий от катода к аноду со скоростью $\sim 10^7$ см/с и исчезающий на аноде. Затем у катода формируется новый домен, и процесс периодически повторяется. Моменту возникновения домена соответствует падение тока, текущего через образец. Моменту исчезновения домена у анода – восстановление прежней величины тока. Период колебаний тока приблизительно равен пролетному времени, т.е. времени, за которое домен дрейфует от катода к аноду.



ТРЕБОВАНИЯ К ЗОННОЙ СТРУКТУРЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

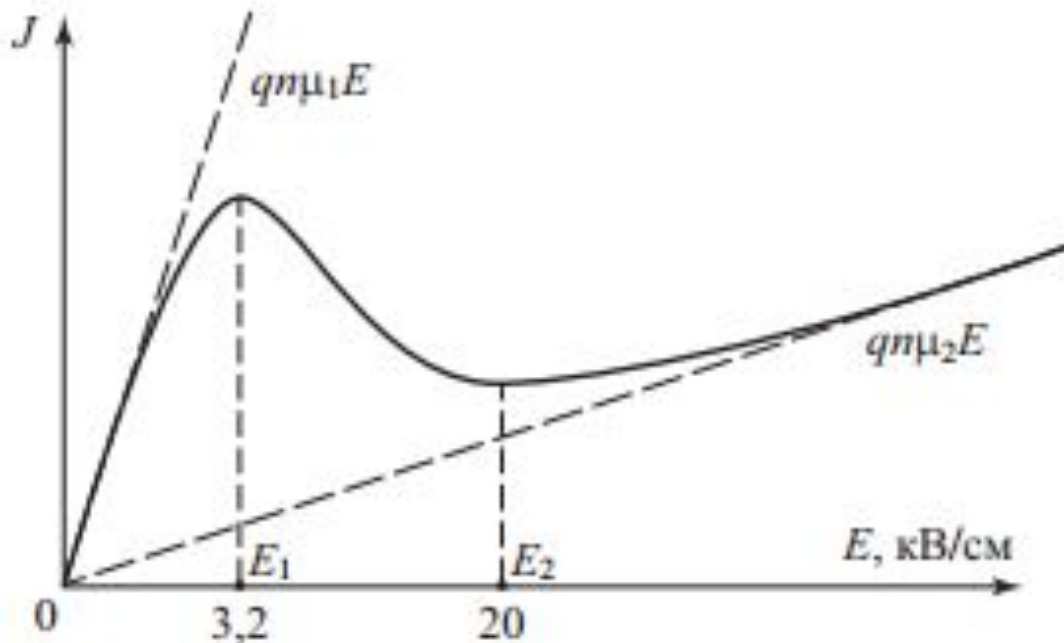
- Для того чтобы при переходе электронов между долинами возникало отрицательное дифференциальное сопротивление, должны выполняться следующие требования:
 - средняя тепловая энергия электронов должна быть значительно меньше энергетического зазора между побочной и нижней долинами зоны проводимости, чтобы при отсутствии приложенного внешнего электрического поля большая часть электронов находилась в нижней долине зоны проводимости;
 - эффективные массы и подвижности электронов в нижней и верхних долинах должны быть различны. Электроны нижней долины должны иметь высокую подвижность μ_1 , малую эффективную массу m_1^* и низкую плотность состояний. В верхних побочных долинах электроны должны иметь низкую подвижность μ_2 , большую эффективную массу m_2^* и высокую плотность состояний;
 - энергетический зазор между долинами должен быть меньше, чем ширина запрещенной зоны полупроводника, чтобы лавинный пробой не наступал до перехода электронов в верхние долины.

СТРУКТУРА ЗОНЫ ПРОВОДИМОСТИ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ



Из изученных и применяемых полупроводниковых материалов перечисленным требованиям наиболее соответствует арсенид галлия n-типа.

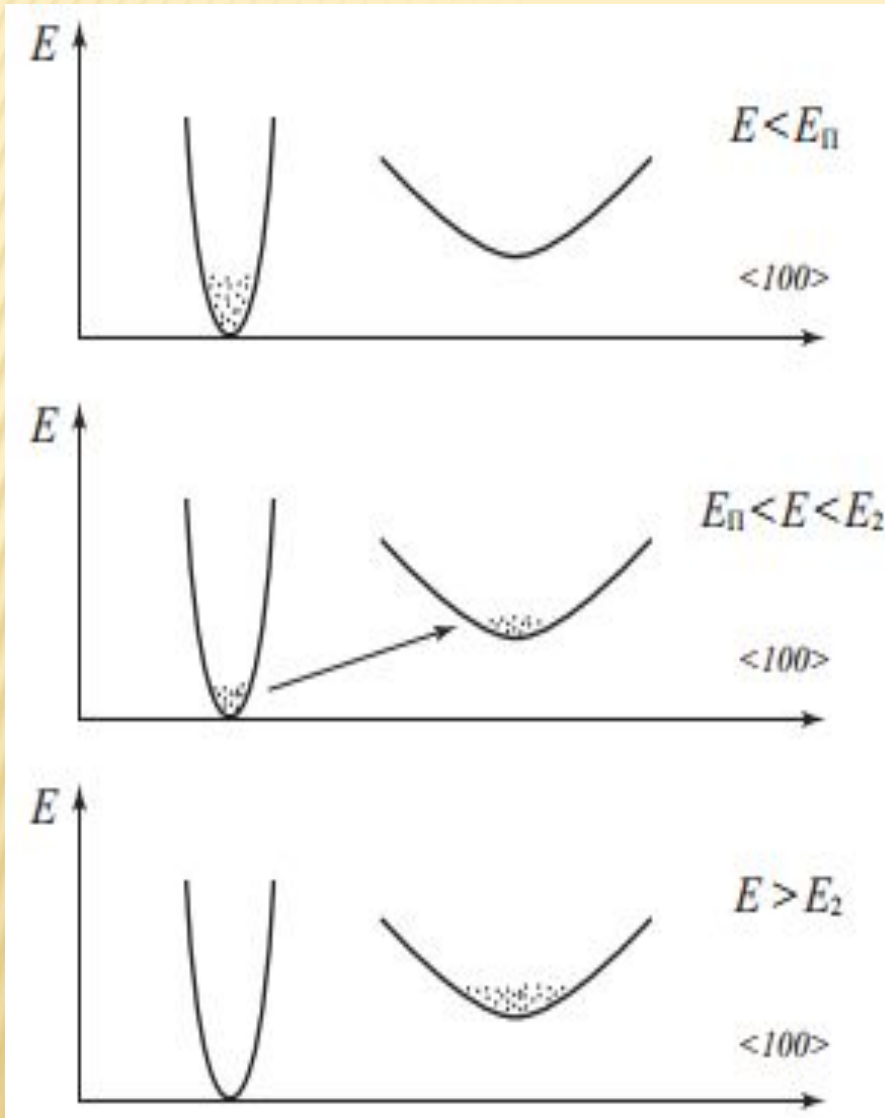
N-ОБРАЗНАЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА



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

Как видно из графика, вблизи значения пороговой напряженности поля происходит переход от прямой, соответствующей подвижности “быстрых” электронов центральной долины (μ_1), к прямой, соответствующей подвижности “медленных” электронов боковых долин (μ_2).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ

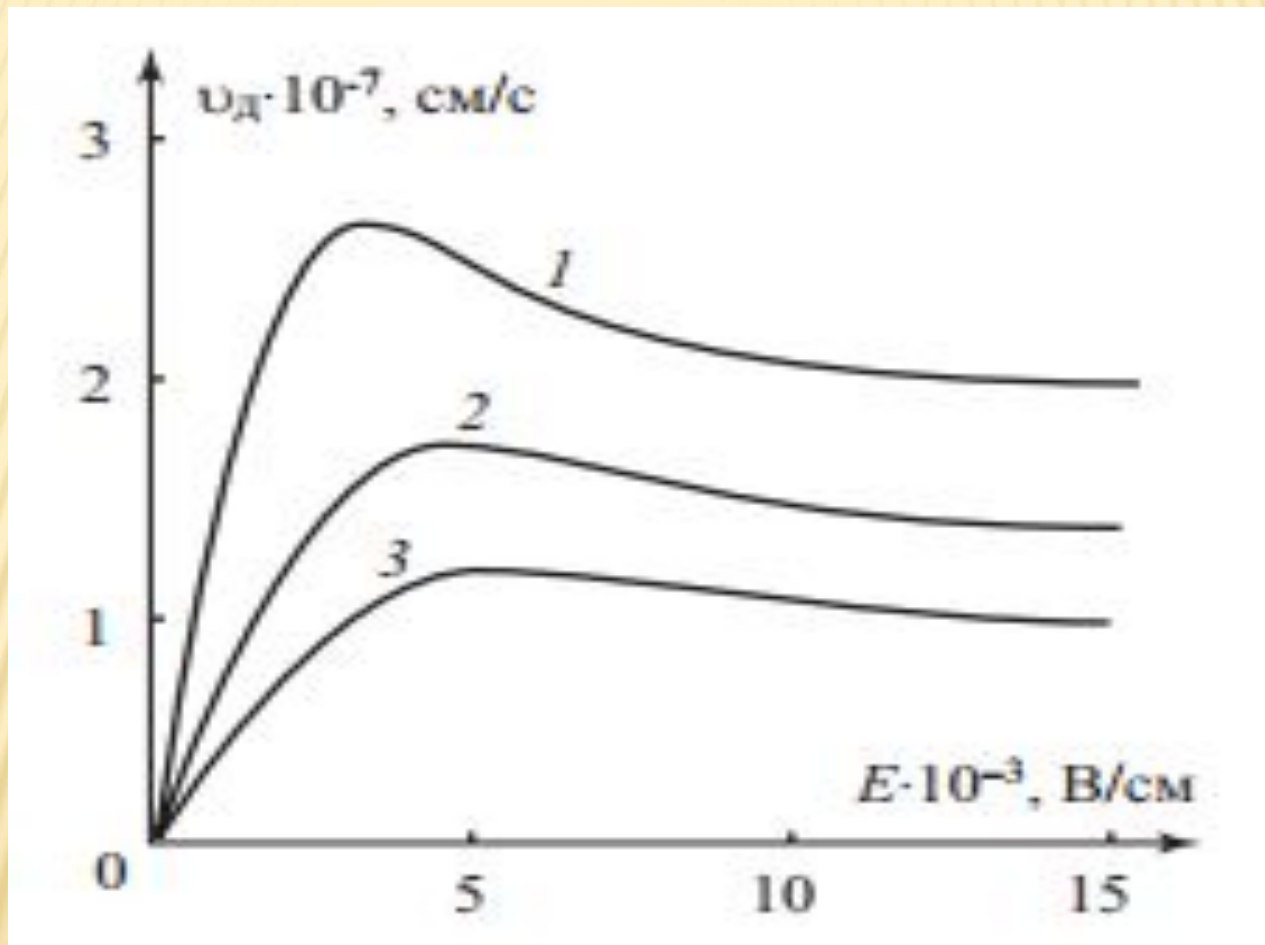


ОЛЯ

Переход из нижней долины в верхнюю сопровождается значительным ростом эффективной массы и уменьшением подвижности, что ведет к уменьшению скорости дрейфа. При этом на вольт-амперной характеристике образца появляется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением (ОДС).

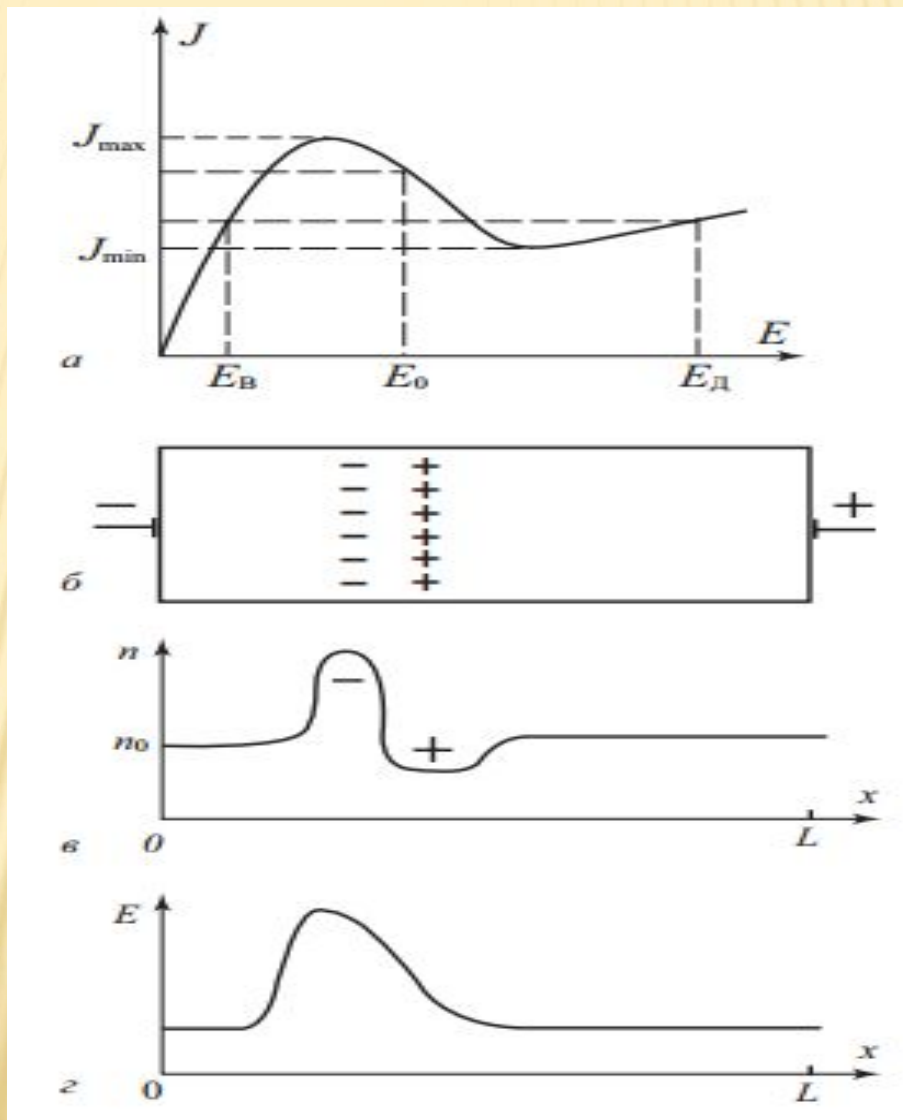


Зависимость скорости дрейфа от напряженности поля для GaAs



Зависимость дрейфовой скорости электронов в GaAs от E при T , К: 1 – 200, 2 – 300, 3 – 350

ДОМЕНЫ СИЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ



ДОСТОИНСТВА

- Современные диоды Ганна работают в полосе частот более октавы, имеют малые шумы, требуют низковольтных источников питания. Гарантируемый срок службы превышает 100 лет.
- В настоящее время известно около 400 типов промышленных диодов Ганна, которые нашли применение в твердотельных приборах СВЧ различного назначения.

ПРИМЕНЕНИЕ

- Генераторы на диодах Ганна применяются в аппаратуре связи, доплеровских и импульсных портативных и переносных РЛС, приёмоответчиках, радиомаяках, системах охранной сигнализации. Они используются в качестве генераторов передающих устройств непрерывного и импульсного режима, гетеродинов приёмных устройств и в генераторах качающейся частоты в панорамных измерительных приборах.

СВЧ ГЕНЕРАТОР НА ДИОДЕ ГАННА

- Диод Ганна используется для построения генераторов микроволн с частотами в диапазоне от 10 ГГц до ТГц. Это устройство, имеющее отрицательное дифференциальное сопротивление – также называемого как прибор переноса электронов — является колебательным контуром, состоящий из диода Ганна и подаваемого на него постоянного напряжения смещения (в области отрицательного сопротивления).
- Благодаря этому, суммарное дифференциальное сопротивление цепи становится равным нулю, так как отрицательное сопротивление диода сокращается при положительном сопротивлении цепи, что приводит к возникновению колебаний.

СВЧ ГЕНЕРАТОР НА ДИОДЕ ГАННА



Генератор Ганна для генерации частот в диапазоне от 5 ГГц до 35 ГГц на выходе. Генератор Ганн используются в радиосвязи, в военных и коммерческих радиолокационных установках.

ЛИТЕРАТУРА

1)

http://dssp.petrsu.ru/book/pdf/gurtov__solid_state_electronics__3_edition.pdf

2)

<http://www.joyta.ru/7501-diod-ganna-princip-raboty-primenenie/>

3)

<http://www.club155.ru/diods-uhf-generator>