

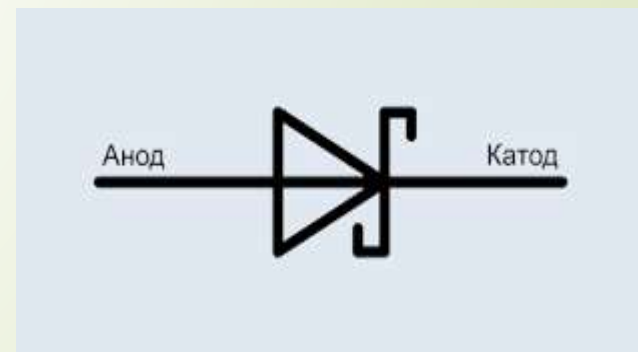
Електроника негіздері



Дәріс 7

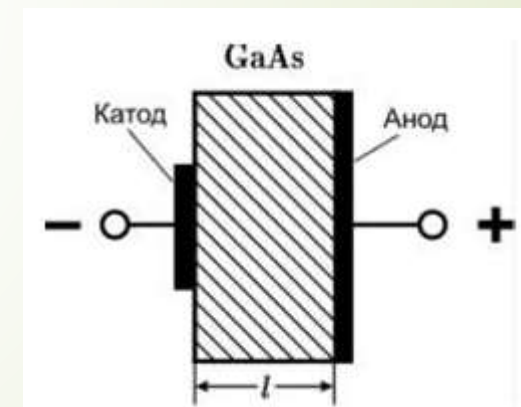
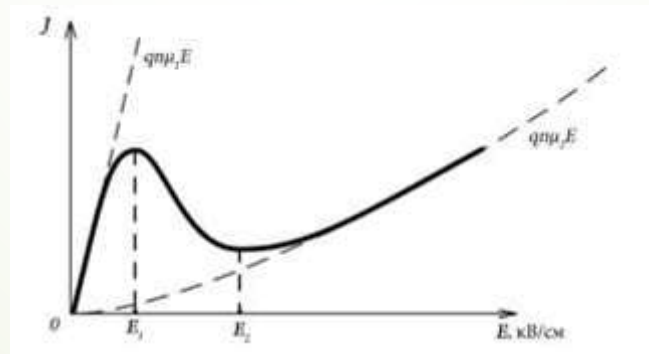
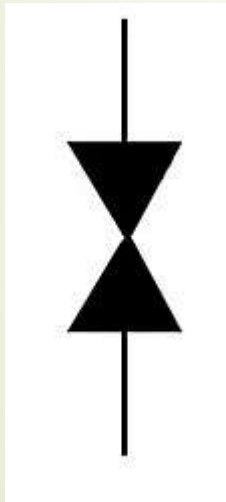
Ганн диоды. Зеннер диоды (Стабилитрон). Шотки диоды. Туннельдік диодтар. Варикаптар

Дәрістің мақсаты: Арнайы жартылай өткізгіш диодтардың (Ганн диоды, Зеннер диоды, Шоттки диоды, Туннельдік диод, Варикап) құрылымы, жұмыс істеу принципі және қолданылу салаларымен танысу.



Ганн диоды: сипаттамалары, параметрлері, қолданылуы

- Ганн диоды — бұл ерекше жартылай өткізгіш құрылғы, оның басты ерекшелігі — р-п ауысуының болмауы. Ганн диодының жұмыс істеу механизмі кәдімгі р-п диодтардан өзгеше. Ол негативті дифференциалды өткізгіштік (negative differential resistance) құбылысына негізделген және СВЖ (супержоғары жиілік) сигналдарын генерациялай алады.



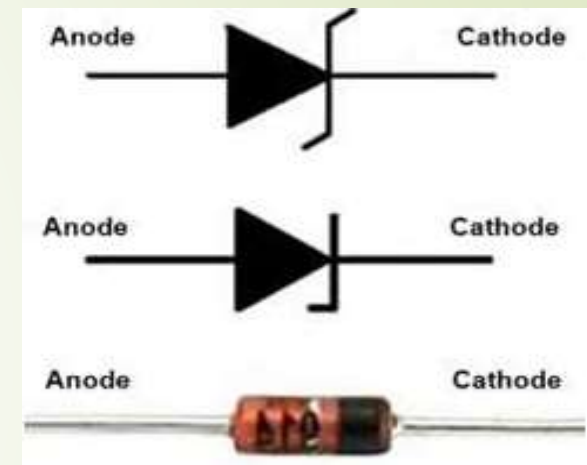
- 
- 
- Жұмыс принципі: Ганн диодының жұмысы Ганн эффектіне негізделген. Бұл эффект электрондардың жоғары энергия деңгейлеріне көшуі арқылы жүзеге асады.
 - Нақтырақ айтсақ:
 - 1. Диодқа кернеу берілгенде, электрондар қозғала бастайды.
 - 2. Белгілі бір кернеу шегінен кейін (шамамен 3 В), материалдың ішіндегі электрондар жоғарғы энергия деңгейіне секіреді (яғни, жылдамдығы төмен, бірақ массасы үлкен энергетикалық деңгейге өтеді).
 - 3. Бұл кезде токтың өсуі баяулап, тіпті төмендейді — бұл теріс дифференциалды кедергі құбылысы деп аталады.
 - 4. Осындай жағдайда диод ішінде тербелістер пайда болады, яғни СВЖ сигналдары генерацияланады.
 - Ганн диоды әдетте келесі материалдардан жасалады:
 - ❖ GaAs (Галлий арсениді)
 - ❖ InP (Индий фосфиді)
 - ❖ CdTe (Кадмий теллуридi) — сирек

- Вольт-амперлік сипаттамасы (I–V characteristics):
- ❖ Ганн диодының сипаттамасы қарапайым диодтардан өзгеше.
- ❖ Ток алдымен өседі, бірақ белгілі бір кернеуден кейін керісінше азаяды — бұл теріс кедергі аймағы.
- ❖ Бұл қасиет оны генератор немесе осциллятор ретінде қолдануға мүмкіндік береді.
- Қолданылуы:
- Ганн диодтарының басты артықшылығы — олардың АЖЖ (аса жоғары жиілік ГГц диапазонында) жұмыс істей алуы. Олар келесі салаларда кеңінен қолданылады:
- 1. Радар жүйелері:
 - ❖ Көлік құралдарының жылдамдығын анықтау (мысалы, полиция радарлары).
 - ❖ Әскери және әуежайлық радар жүйелерінде.
- 2. Сымсыз байланыс құрылғылары:
 - ❖ АЖЖ-генераторлар ретінде.
 - ❖ Қысқа қашықтықтағы сымсыз тарату құрылғыларында (мысалы, қозғалыс детекторлары).
- 3. Осцилляторлар мен генераторлар:
 - ❖ Жоғары жиілікті сигнал көздері ретінде.
 - ❖ Арнайы лабораториялық өлшеу құралдарында.
- 4. Ғылыми-зерттеу саласы:
 - ❖ Жоғары жиілікті физикалық зерттеулерде, мысалы, плазма физикасында. Артықшылықтары:
 - ❖ Қарапайым құрылым (р-п ауысуы жоқ)
 - ❖ Жоғары жиілікте жұмыс істей алады (бірнеше GHz дейін)
 - ❖ Компакты және арзан Көмшіліктері:
 - ❖ Салыстырмалы түрде төмен тиімділік
 - ❖ Температураға сезімтал ❖ Тек белгілі материалдармен жұмыс істейді (GaAs, InP)

- 
- 
- Артықшылықтары:
 - ❖ Қарапайым құрылым (p-n ауысуы жоқ)
 - ❖ Жоғары жиілікте жұмыс істей алады (бірнеше GHz дейін)
 - ❖ Компактты және арзан
 - Кемшіліктері:
 - ❖ Салыстырмалы түрде төмен тиімділік
 - ❖ Температураға сезімтал ❖ Тек белгілі материалдармен жұмыс істейді (GaAs, InP)

Зеннер диоды (Стабилитрон)

- Зеннер диоды, немесе стабилитрон, — бұл кері бағытта қосылған кезде кернеуді тұрақты ұстап тұруға арналған p-n ауысуы бар жартылай өткізгіш құрылғы.
- Ол белгілі бір кері кернеу деңгейінен кейін кернеудің өзгеруіне тәуелсіз тұрақты кернеу береді. Бұл қасиеті оны кернеу тұрақтандырғыш ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.
- Аты америкалық физик Кларенс Зеннердің атымен байланысты, ол бұл құбылысты алғаш рет теориялық тұрғыда сипаттаған.

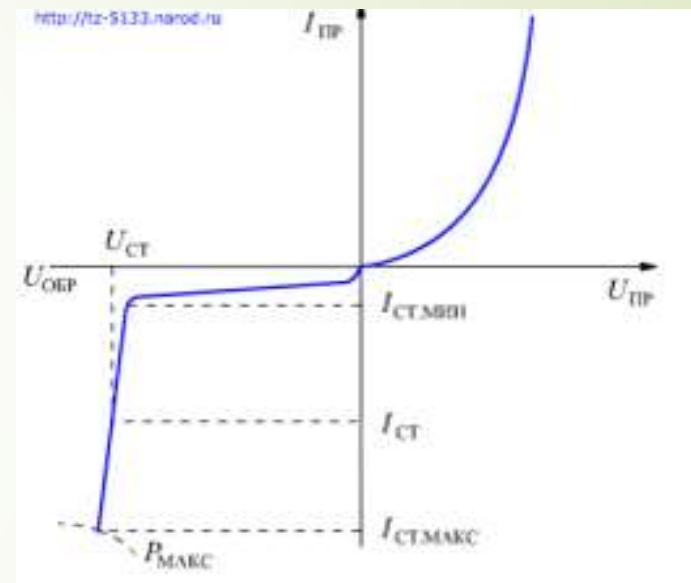


Жұмыс принципі және қолданылуы

- Жұмыс принципі:
- Зеннер диоды кері кернеу берілгенде жұмыс істейді. Яғни, анод теріс, ал катод оң потенциалда болады. Жұмыс барысы:
 - 1. Кері кернеу артқанда, бастапқыда диод ток өткізбейді.
 - 2. Белгілі бір кернеу деңгейіне жеткенде (оны Зеннер кернеуі деп атайды), диод тосқауыл аймағы бұзылады.
 - 3. Осы сәтте ток күрт артады, бірақ кернеу тұрақты болып қалады.
 - 4. Бұл кернеу Зеннер әсері немесе лавиналық бұзылу нәтижесінде ұсталады.
- Зеннер диодтары кернеуді тұрақтандыру мен қорғау мақсаттарында кең қолданылады: 1. Кернеу тұрақтандырғыштар: ❖ Электрондық құрылғыларға берілетін кернеуді бір деңгейде ұстау үшін. ❖ Тұрақсыз қуат көздерінен құрылғыларды қорғау.
- 2. Қуат көздерінде: ❖ Тұрақты 5В, 9В немесе 12В қажет болатын схемаларда (мысалы, микроконтроллерлерге арналған қорек көзі).
- 3. Қорғаныс элементі ретінде: ❖ Жүйеге берілетін кернеу тым жоғары болған жағдайда, артық токты өткізіп, құрылғыны күйіп кетуден қорғайды.
- 4. Оптрон немесе компаратор схемаларында: ❖ Шекті кернеуді анықтайтын белгі беру элементі ретінде.

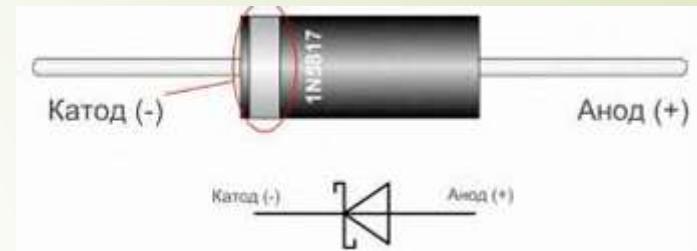
Негізгі эффекттері мен вольт-амперлік сипаттамасы

- Екі негізгі эффект: ❖ Зеннер эффектiсi (5 В-қа дейiн): төменгi кернеулерде, р-п ауысу арқылы туннель эффектiсiмен жүзеге асады. ❖ Лавиналық эффект (5 В-тан жоғары): жоғары кернеулерде, еркін электрондар басқа атомдарды иондап, тоқты арттырады. Техникалық тұрғыда "стабилитрон" – жалпы атау, ал "Зеннер диоды" нақты 5 В-тан төмен кернеулерге арналған түрi.
- Вольт-амперлік сипаттамасы: ❖ Тiк бағытта — кәдiмгi диод сияқты жұмыс iстейдi: 0,7 В шамасында ток өтедi. ❖ Керi бағытта — Зеннер кернеуiне дейiн ток өтпейдi, ал одан кейiн кернеу тұрақтанып, ток өседi.



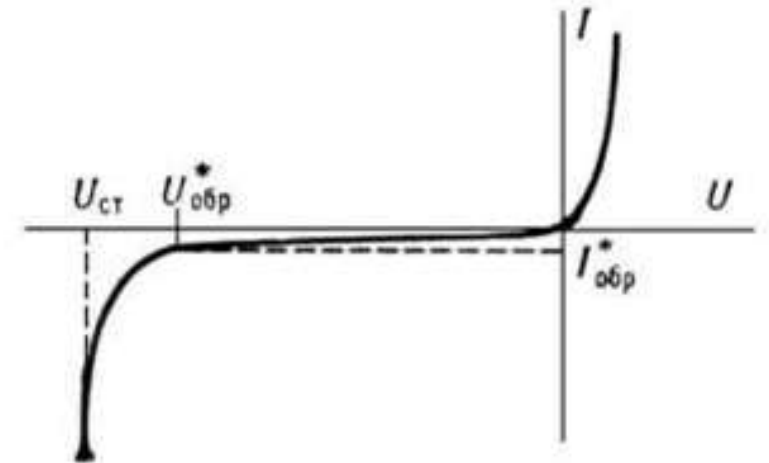
Шотки диоды

- Шотки диоды — бұл кәдімгі диодтардан өзгеше, металл мен n-типті жартылай өткізгіш арасындағы шекарада құрылған құрылғы. Ол өзінің өте төмен кернеу түсуімен (forward voltage drop) және өте жылдам қалпына келу уақытымен (recovery time) ерекшеленеді.
- Ол Шотки тосқауылы деп аталатын физикалық құбылысқа негізделген және жоғары жиілікті электрондық құрылғыларда кеңінен қолданылады.
- Аты неміс физигі Вальтер Шоткидің атымен байланысты.



Негізгі сипаттамалары және вольт-амперлік сипаттамасы

- Негізгі сипаттамалары: ❖ Тікелей кернеу түсуі — шамамен 0.2–0.4 В (кәдімгі кремний диодтарында 0.7 В). ❖ Қалпына келу уақыты өте қысқа, сондықтан импульстік және жоғары жиілікті сигналдарды өңдеуде тиімді. ❖ Тік бағытта өткізгіштік жақсы, ал кері ток сәл жоғары болады (бұл минус болуы мүмкін).
- Вольт-амперлік сипаттамасы (I–V сипаттамасы): ❖ Тік бағытта: аз кернеуде ток тез артады. ❖ Кері бағытта: ток өте аз, бірақ кәдімгі диодпен салыстырғанда кері ток сәл жоғары болуы мүмкін. ❖ Тосқауыл биіктігі мен материал типіне байланысты сипаттама өзгеруі мүмкін.

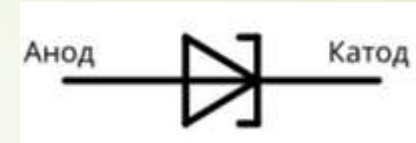


Құрылымы мен қолданылуы

- Құрылымы: ❖ Кәдімгі p-n ауысу орнына, металл мен n-типті жартылай өткізгіш арасында Шоттки тосқауылы (Schottky barrier) түзіледі. ❖ Бұл тосқауыл — электрондардың өткізу зонасынан тосқауыл арқылы өту процесі, ол туннельдік емес, бірақ өте аз энергия жұмсалатын процесс.
- Қолданылуы:
- 1. Импульстік қуат көздерінде (SMPS): ❖ Жоғары жиілікті кернеу түзету үшін, өйткені олардың қалпына келу уақыты өте аз. ❖ Жоғары жиіліктегі импульстер кезінде диодтың тез өшуі мен қосылуы аса маңызды.
- 2. Түзеткіш схемаларда: ❖ Айнымалы тоқты тұрақты токқа түрлендіретін схемаларда, төмен кернеу түсуі нәтижесінде қуат жоғалтуы азаяды. ❖ Ұялы телефон зарядтағыштарында, дербес қуат көздерінде.
- 3. Логикалық схемаларда: ❖ TTL логикасында жылдам кілт ретінде, өйткені олардың қалпына келу уақыты өте қысқа. ❖ "Clamping" және "protection" мақсатында.
- 4. Қуатты қорғау схемаларында: ❖ Кері кернеу мен артық токтан электронды компоненттерді қорғау үшін

Туннельдік диодтар

- Туннельдік диод — күшті легіріленген, өте жұқа p-n ауысуына ие жартылай өткізгіш құрылғы. Оның ерекшелігі — кванттық туннельдену (quantum tunneling) құбылысына негізделген ток өткізгіштігі.
- Бұл диод стандартты p-n диодтарынан ерекшеленеді, себебі оның жұмысында теріс дифференциалды кедергі аймағы байқалады, яғни белгілі бір кернеу диапазонында кернеу артқан сайын ток кемиді.



Варикаптар (Варикап диоды)

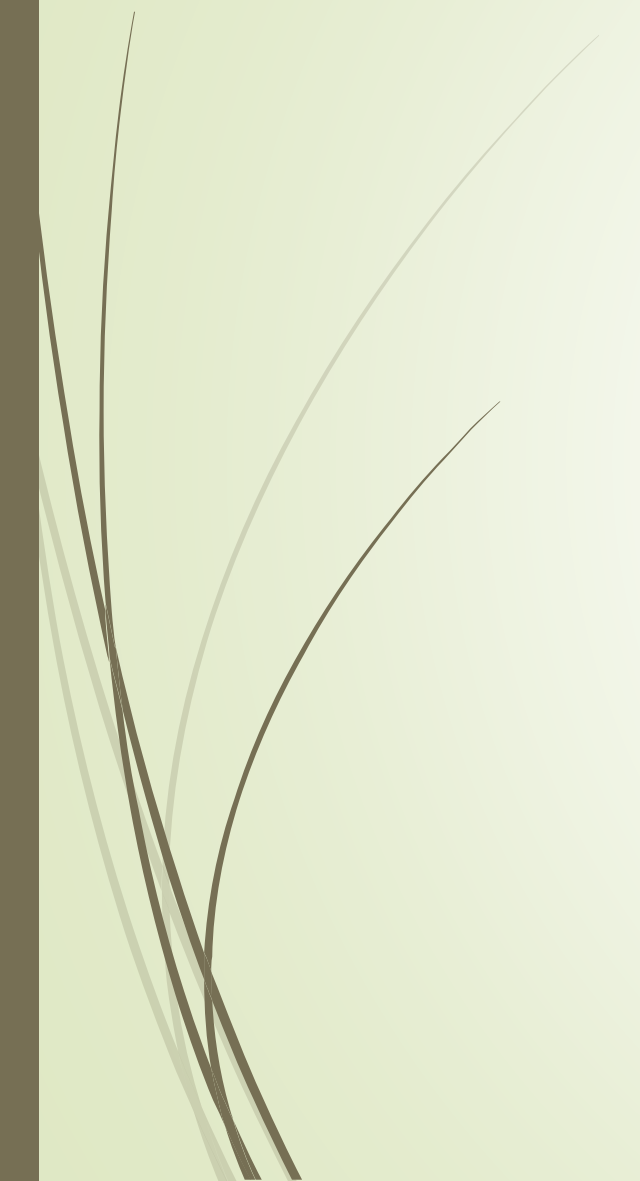
- Варикап немесе варикап — бұл арнайы мақсатқа арналған диод, оның $p-n$ ауысуының сыйымдылығы кері кернеуге тәуелді өзгереді. Ол электрондық схемаларда айнымалы сыйымдылықты элемент (айнымалы конденсатор) ретінде қолданылады.
- Варикап сөзі "вариабельді" (айнымалы) және "капаситанс" (сыйымдылық) сөздерінен құралған.





Қорытынды

Электроникада арнайы диодтар — әртүрлі функцияларды атқаратын маңызды элементтер. Бұл лекцияда қарастырылған: □ Ганн диоды — СВЖ сигналдарын генерациялау үшін, □ Зеннер диоды — кернеуді тұрақтандыру үшін, □ Шоттки диоды — жоғары жиілікті және жылдам тізбектер үшін, □ Туннельдік диод — теріс кедергі арқылы күшейту мен генерация үшін, □ Варикап — жиілікті баптау мен басқару үшін қолданылады. Олардың әрқайсысы құрылымдық жағынан ерекше және нақты қолдану саласына бейімделген. Бұл элементтер — заманауи радиоэлектроника мен автоматика жүйелерінің негізгі құрамдас бөліктері.





Әдебиеттер тізімі:

1. Бояркин П. И. – Электроника: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Седра А., Смит К. – Микроэлектронные схемы. – М.: Бином, 2017.
3. Нейман К., Электронные приборы и устройства. – М.: Радио и связь, 2009.
4. Горюнов В. И. – Полупроводниковые приборы и интегральные схемы. – СПб: Питер, 2012.
5. Қ. Жүнісбеков, Б. Сапарғалиев – Электроника негіздері. – Алматы: Қазақ университеті, 2018.
6. М. Қ. Әлімжанов – Жартылай өткізгіштер физикасы және электроника элементтері. – Алматы: Білім, 2015.
7. Millman J., Halkias C. – Electronic Devices and Circuits. – McGraw-Hill Education, 2007.
8. Floyd T. L. – Electronic Devices. – Pearson Education, 2020