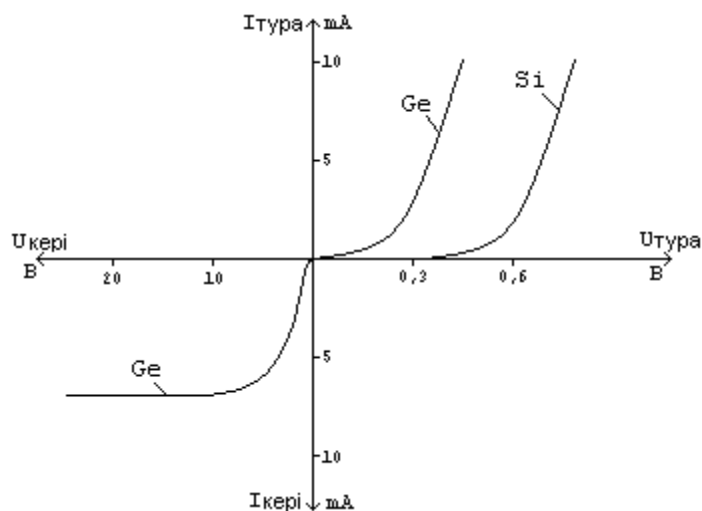


4 p-n-АУЫСУДЫҢ ВОЛЬТ-АМПЕРЛІК СИПАТТАМАСЫ

p-n-ауысудағы токтың сыртқы кернеуге тәуелділігін ($I=f(U)$) вольт-амперлік сипаттама (ВАС) деп атайды. Оның графиктік көрінісі 1-суретте келтірілген.



1 Сурет – p-n-ауысудың ВАС-ы

p-n-ауысудың негізгі қасиеті – бірбағытты өткізгіштігі, ВАС-ы түзеткіштік қасиетке ие, яғни бір бағытта токты жақсы, ал екінші бағытта өте нашар өткізеді.

ВАС-ына сәйкес, $I_{кери}=I_0$ кері кернеуге тәуелсіз тұрақты шама болып қалады. Алайда $U_{кери}$ кері кернеудің жоғары мәнінде кері токтың $I_{кери}$ күрт өскенін бақылауға болады. Бұл құбылыс p-n-ауысудың тесілуі, ал тесілу байқалатын кернеу тесілу кернеуі деп аталады.

Тесілу былайша бөлінеді:

- 1) Жылулық;
- 2) Электрлік, мұның өзі туннельдік және тасқындық (қызусыз) болып бөлінеді.

Электрлік тесілу қайтымды, яғни кері кернеудің шамасын азайтқанда p-n-ауысудың бастапқы түзеткіштік қасиеттері қалпына келеді.

Тасқындық тесілу әдетте шамалы легирленген «енді» p-n-ауысуларда негізгі емес заряд тасымалдаушылардың тасқынды түрде көбеюінен болады [3,5]. Электр өрісі айтарлықтай жоғары болғанда электрондар өрісте үдей қозғала отырып, соқтығысқанда жартылайөткізгіштің валенттік электрондарын жұлып шығаратындай жылдамдыққа ие болуы мүмкін. Жұлынған әрбір электрон өрісте әрі қарай үдеп келесі электрондар буынын тудырады. Бұл үрдіс тасқындық түрде жалғаса береді.

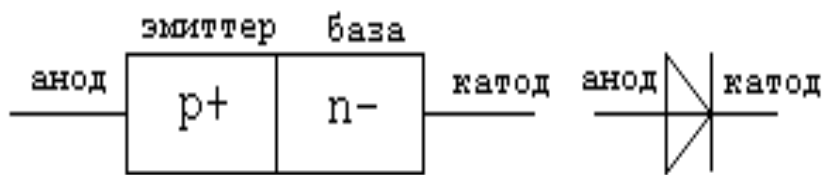
Туннельдік тесілу әдетте легирлену дәрежесі жоғары «жұқа» p-n-ауысуларда болады. Күшті электр өрісі әсерінен валентті электрондардың

жұлынууы орын алады. Нәтижесінде р-п-ауысу көлемінде еркін электрон пайда болады.

2) Жылулық тесілу қайтымсыз құбылыс. Ол кезде кері токтың әсерінен р-п-ауысу қызады. Қызу барысында р-п-ауысуда негізгі емес заряд тасымалдаушылардың саны артады. Бұл өз кезегінде $I_{\text{кері}}$ кері токтың мәнін жоғарылатып, р-п-ауысудың қызу жылдамдығы жоғарылайды. Кристаллдық тор бұзылып (балқып), электрлік қасиеттер қайта қалпына келмейді.

4.1 Жартылайөткізгіштік диодтар

Жартылайөткізгіштік диод – бір р-п-ауысуы және екі шығарылған өткізгіші бар, жартылайөткізгіш материалдың конструкциялық безендірілген көлемі (2 сурет).

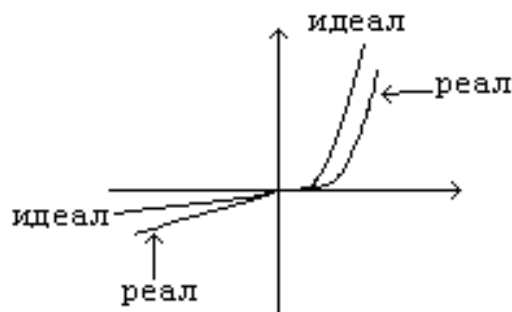


2 Сурет – Жартылайөткізгіштік диодтың белгіленуі

Диодтардың көпшілігі симметриялық емес р-п-ауысудың негізінде жасалады. Диодтың жоғары легирленген аймағы анод деп, ал төмен легирленген аймағы катод деп аталады. Симметриялық емес р-п-ауысу базаға орналастырылады.

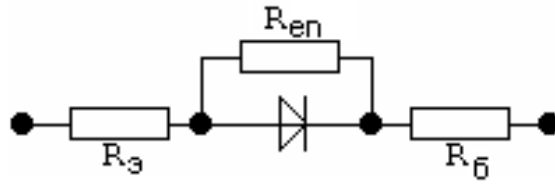
Реал диодтың ВАС-ында тура және кері тармақтар идеал жағдайдағыдан өзгешеленеді. Тура бағыттағы кернеу берілген жағдайда диодтың базасы мен эмиттерінің көлемдік кедергісін ескеру керек. Бұл диод ВАС-ының тура тармағының оңға қарай жалжуына әкеп соғады, және бұл жылжудың шамасы берілген кернеуден сызықтық тәуелділікте болады. Диод ВАС-ының кері тармағы берілген кернеу шамасына тәуелді, яғни кері токтың өсуі байқалады.

Реал диодтың ВАС-ы 3 суретте келтірілген.



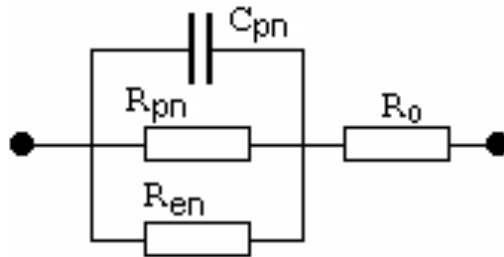
3 Сурет – Идеал және реал диодтың ВАС-ы

4 суретте жоғары кернеулердегі диодтың эквиваленттік схемасы келтірілген. Бұл жерде $R_6 \gg R_3$, R_{en} - аймақтар арасындағы p-n-ауысу бетінің кедергісі.



4 Сурет – Жоғары кернеулердегі диодтың эквиваленттік схемасы

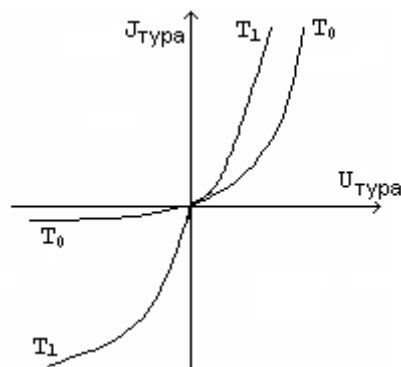
5 суретте төмен кернеулердегі диодтың эквиваленттік схемасы келтірілген. Бұл жерде R_{pn} – диодтың жұмыс бөлігіндегі дифференциалдық кедергісі, C_{pn} – диодтың жұмыс бөлігіндегі сымдылығы.



5 Сурет – Төменгі кернеулердегі диодтың эквиваленттік схемасы

4.2 Диодтың ВАС-ына температураның әсері

Жартылайөткізгіштің температурасы жоғарылаған сайын ондағы негізгі емес заряд тасымалдаушылардың саны өседі, яғни p-n ауысдағы J_0 жылулық ток та өседі. Бұл диод ВАС-ының тура және кері тармақтарына өз әсерін тигізеді (6 сурет).



6 Сурет – Диод ВАС-ына температурауның әсері

6 суретте көрініп тұрғандай, температура жоғарылағанда диод ВАС-ының тура тармағы солға қарай ығысады. Бұл диодтың кернеудің температуралық коэффициентімен ($KTK = -2,3 \text{ мВ/}^\circ\text{C}$) сипатталады.

Диодтар қолданылу саласына қарай былай бөлінеді:

1. Түзеткіш;
2. Импульстік;
3. Стабилитрондар;
4. Варикаптар;
5. Туннельдік.

4.3 Түзеткіш диодтар

Төменгі жиілікті айнымалы тоқты түзетуге арналған, әдетте қуат көздерінде қолданылады. Түзеткіш диодтар кернеудің және ток күшінің жоғары шамаларына арналғандықтан түзеткіш диодтардың р-п ауысуларының ауданы үлкен болады, сәйкесінше $J_{\text{кері}}$ және $C_{\text{р-п}}$ мәндері де жоғары болады.

Түзеткіш диодтардың негізгі параметрлеріне мыналарды жатқызуға болады:

- $J_{\text{тура орт max}}$ – тура токтың максимал мәнінің орташа мәні, Тура токтың мәні бұл шамадан жоғары болғанда диод қызу әсерінен істен шығады;

- $U_{\text{тура}}$ – берілген тура ток күші мәніндегі р-п ауысудағы тура бағыттағы кернеудің мәні;

$$U_{\text{одода}} = \begin{cases} 0,3 - 0,5 \text{ В (Ge)} \\ 0,7 - 1 \text{ В (Si)} \end{cases}$$

- $J_{\text{кері}}$ – берілген кері бағыттағы кернеудегі кері токтың мәні;

- $U_{\text{кері}}$ – кері бағыттағы рұқсат етілген кернеудің максимал мәні, одан жоғары кернеудің диодтың тесілуі орын алады;

- диодтағы қуаттың максимал мәні.

4.4 Импульстік диодтар

Импульстік (уақыт бойынша жылдам өзгертін) сигналдармен жұмыс істеуге арналған. Импульстік диодтарда ауыстырып-қосудың жоғары жылдамдығына р-п ауысудың ауданын азайтумен қол жеткізуге болады. Бұл кезде сәйкесінше диодтың сымдылығы да азаяды. Мұндай схемаларда диод электрлік кілттің ролін атқарады. Электр кілтінің екі түрлі жағдайы болады:

1. тұйықталған. $R_{\text{vd}} = 0$
2. ажыратылған. $R_{\text{vd}} = \infty$

Берілген кернеудің бағытына қарай диодтар да осындай жағдайларға ие бола алады.

4.7 Стабилитрондар және стабисторлар

Кернеуді тұрақтандыруға арналған р-п ауысу негізіндегі приборлар. Стабилитрон – ВАС-ында кернеудің өтіп жатқан ток күшіне тәуелсіз учаскесі бар жартылайөткізгіштік прибор. Мұндай участок стабилитрон ВАС-ының кері тармағында болады және ол диодтың электрлік тесілуінің нәтижесі.

Негізгі параметрлері:

1. $U_{\text{тұрақ.номин.}}$;
2. $\Delta U_{\text{тұрақ.}}$ - тұрақталу кернеуі мәнінің ауытқуы;
3. $J_{\text{тұрақ.номин.}}$;
4. $J_{\text{тұрақ.min}}$;
5. $J_{\text{тұрақ.max.}}$;
6. Стабилитронның жұмыс учаскесіндегі дифференциалдық кедергісі $R_g = (\Delta U / \Delta J) / J = J_{\text{тұрақ.номин.}}$.
7. Кернеудің температуралық коэффициенті (КТК).

Стабистор – кернеуді тұрақтандыруға арналған және тура бағытта жылжытылған диод.

Стабистордың басқа параметрлері стабилитрондыкімен ұқсас. Әдетте стабисторлар үшін $U_{\text{тұрақ.ном}} < 3,2$ В. Олар 3,2 В-тан төмен тұрақты кернеу алу үшін падаланылады.

4.8 Туннельдік диодтар

Күшті леширленген р-п аймақтың шекарасында туннельдік эффект байқалады. Ол диод ВАС-ының тура тармағында кедергісі теріс (нөлден кем) участоктың бар болуымен байқалады. Мұндай диодтардың кері тармағы жоқтың қасы, яғни кері кернеудің аз ғана мәнінде туннельдік тесілу байқалады да кері ток бірден күшейеді. Кедергісі теріс учаске туннельдік диодтарды электр сигналдарын генерациялауға және оларды күшейтуге қолдануға мүмкіндік береді.

4.9 Кері диодтар

Кері диодтар туннельдік диодтардың бір түрі. Ондағы қоспалардың концентрациясы туннельдік диодтағыдан біраз төмен болады. Соның нәтижесінде оның ВАС-ында кедергісі теріс учаске болмайды.

Мұндай диодтардың кері тармағы туннельдік тесілу әсерінен электр тогын өткізетін болады. Кері диодтар амплитудалары шамалы 0,3 В-қа дейінгі айнымалы сигналдарды түзетуге қолданылады.

4.10 Жартылайөткізгіштік диодтарды маркалау

Таңбалама алты элементтен тұрады:

К Д 2 1 7 А немесе К С 1 9 1 Е

1 2 3 4 5 6 1 2 3 4 5 6

1 – Диодтың қандай материал түрінен жасалғанын көрсететін әріп немесе сан:

1 немесе Г – Ge (германий),

2 немесе К – Si (кремний),

3 немесе А – GeAs.

2 – оның атқару тағайындалуына байланысты диодтың түрін көрсететін әріп:

Д – диод,

С – стабилитрон, стабистор,

В – варикап,

И – туннельдік диод.

3,4,5 – диодтың тағайындалуын және электрлік қасиетін көрсететін сандар.

6 – параметрлік топтар бойынша диодтардың бөлінуін көрсететін әріп.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Агаханян Т.М. Интегральные микросхемы: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 2015. – 464с., ил.

2 Аринова Н.В. Основы электроники: Рабочая программа, задания и методические указания к контрольным работам для студентов специальности 050716 «Приборостроение» заочной формы обучения. ВКГТУ. - Усть-Каменогорск, 2014. – 51с.

3 Бочаров Л.Н. и др. Расчет электронных устройств на транзисторах / Бочаров Л.Н., Жебряков С.К., Колесников И.Ф. – М.: Энергия, 2012. – 208с., ил. – (Массовая радиобиблиотека; Вып. 963).

4 Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. – М.: Высш. Школа, 2011. – 496 с., ил.

5 Герасимов В.Г., Князев О.М. и др. Основы промышленной электроники. – М.: Высшая школа, 2000.