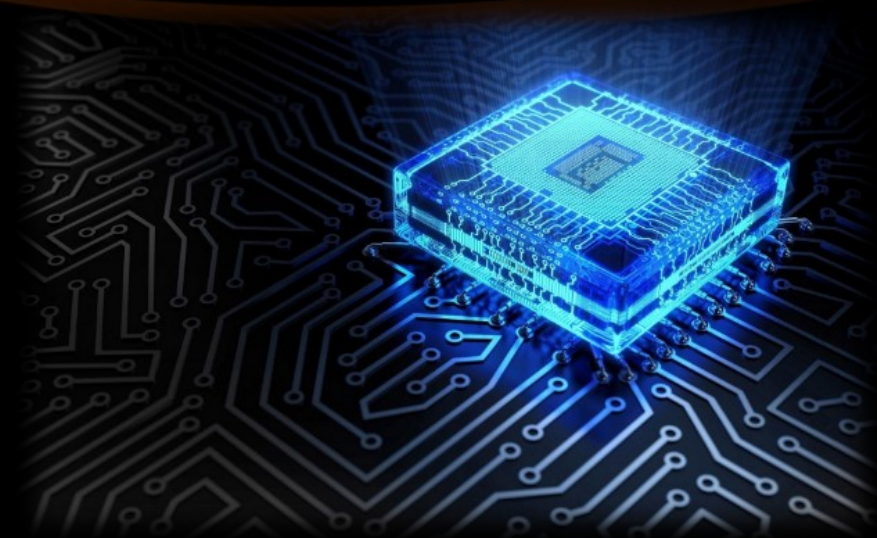
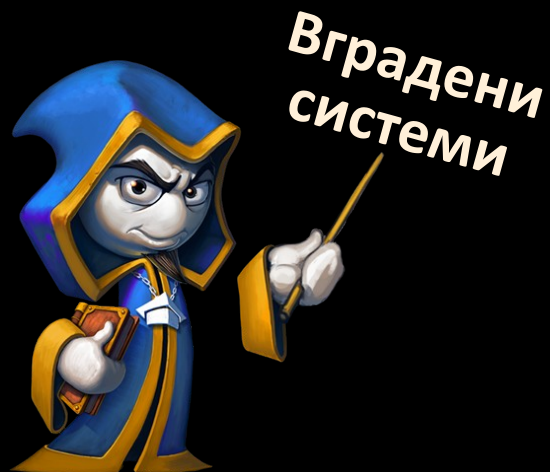


Полупроводникови диоди



Инж. Венцеслав Кочанов

Какво е диод?

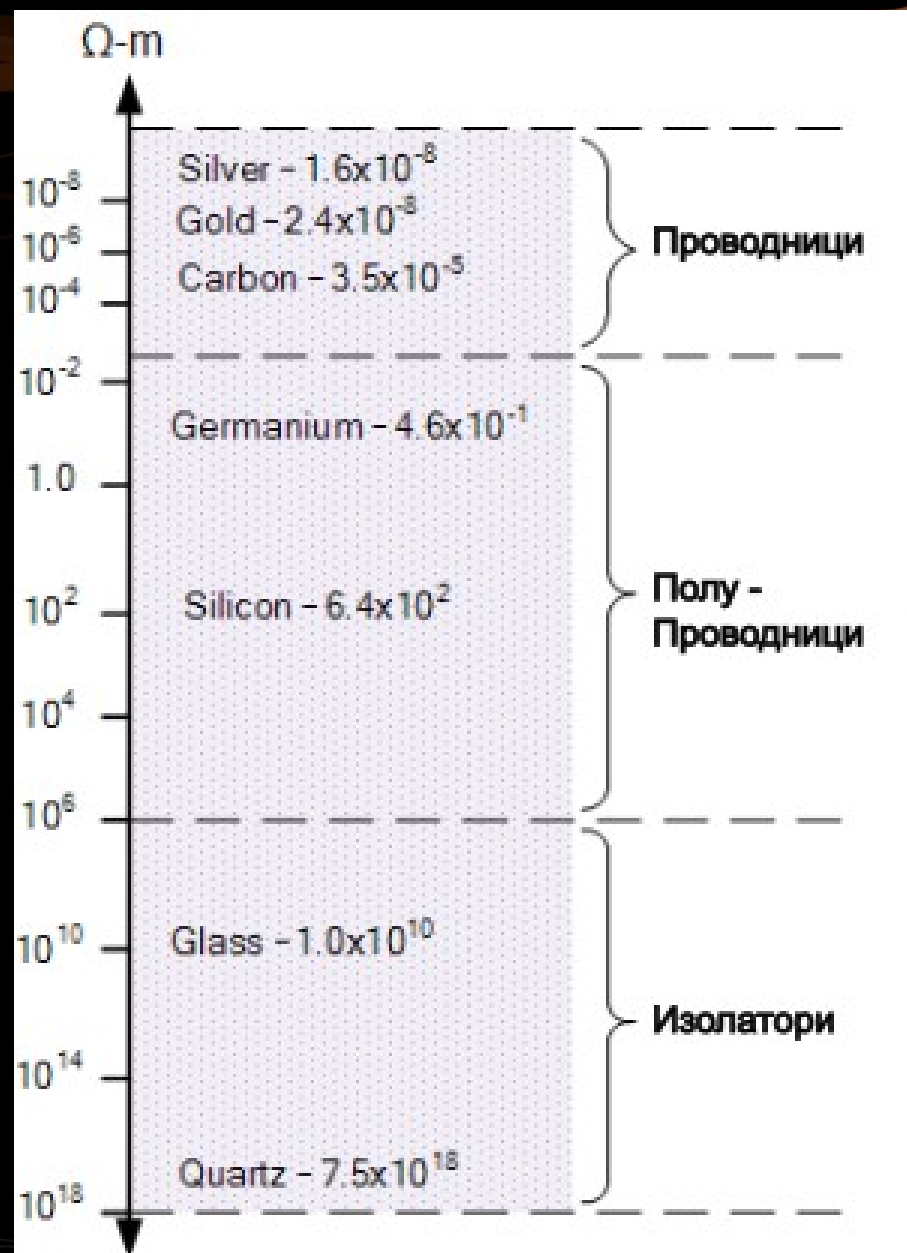
Диодите са основни еднопосочни полупроводникови устройства, които позволяват на тока да тече през тях само в една посока, действайки по-скоро като еднопосочен електрически вентил (състояние на преднапрегнатост). Но преди да разгледаме как работят диодите, първо трябва да разберем основите на конструкцията и концепцията на полупроводниците, като първо направим сравнителна характеристика между тях и тяхното специфично съпротивление което се обозначава с гръцкия символ на ρ , (Rho). Съпротивлението се измерва в ом-метри ($\Omega.m$). Съпротивлението е обратното на проводимостта.

Диодите са направени от едно парче полупроводников материал, който има положителна „Р-област“ в единия край и отрицателна „N-област“ в другия, и която има стойност на съпротивление някъде между тази на проводник и изолатор. Р-n преход е област на съприкосновение на полупроводници с различна проводимост, където р-проводимостта (р, positive – положителен) преминава в n-проводимост (n, negative – отрицателен). Но какво е "полупроводников" материал. Действието на повечето полупроводникови елементи се основава на свойствата на Р-n прехода – граничната област в полупроводников кристал между две обособени области с различна примесна проводимост.

Първо, нека да разгледаме какво е проводник, полупроводник и изолатор и какво е специфична електропроводимост.

Специфична електропроводимост е мярка за способността на дадено вещество да провежда електрически ток. Когато електрическа потенциална разлика (електрическо напрежение) е подадено върху (по дължината на) даден проводник, то неговите подвижни заряди (токоносители) започват да се движат насочено, т.е. започва да тече електрически ток. Специфичната проводимост σ се определя като отношението на токовата плътност J и интензитета (напрегнатостта) на електрическото поле E :

$$J = \sigma \cdot E$$



Проводници

От горната диаграма се вижда че проводниците са материали, които имат много ниски стойности на съпротивление, обикновено няколко микроома на метър ($\mu\Omega.m$). Тази ниска стойност им позволява лесно да пропускат електрически ток поради наличието на много свободни електрони, намиращи се в основната им атомна структура. Но тези електрони текат през проводник само ако има нещо, което да стимулира движението им и това нещо е електрическо напрежение.



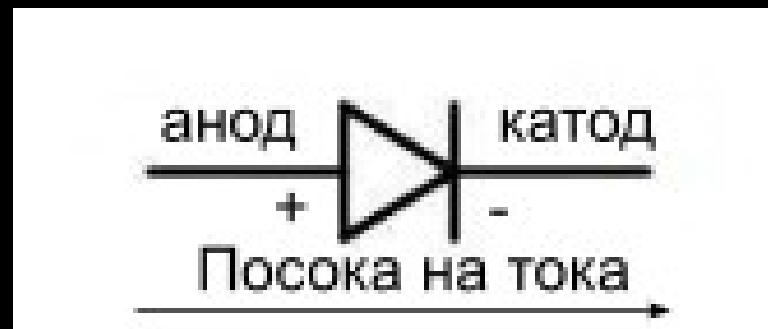
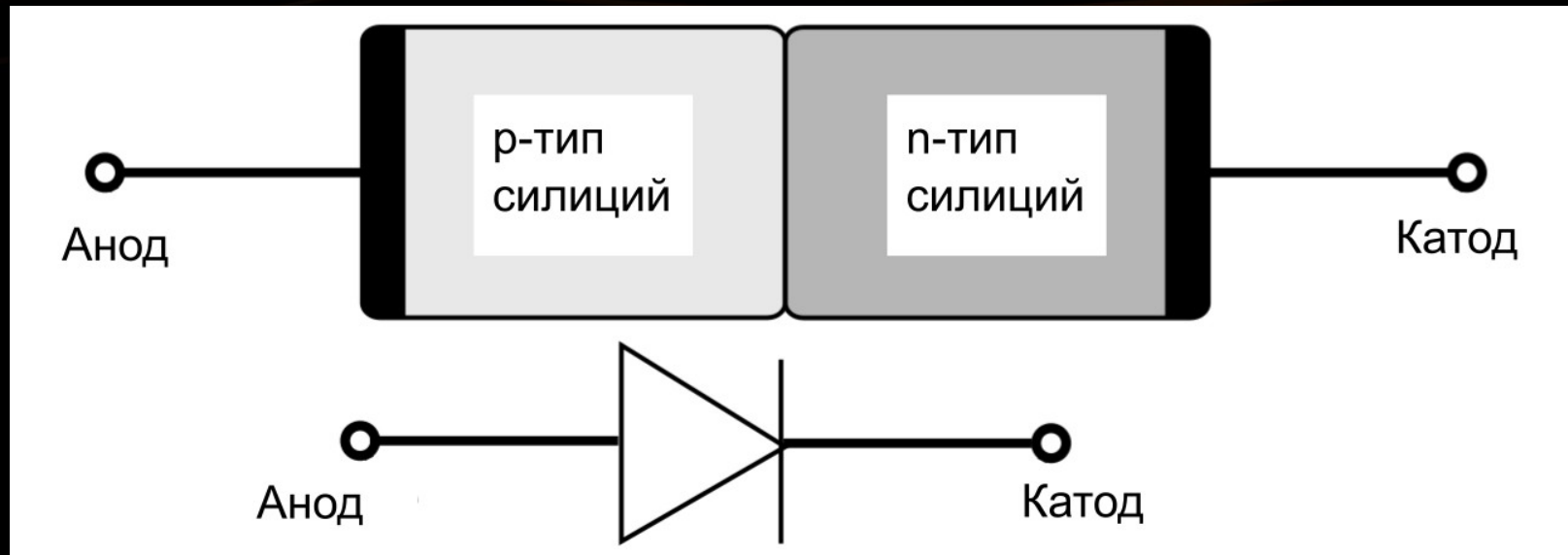
Електрически кабели с проводници и изолатори

Изолатори

Изолаторите от друга страна са точно обратното на проводниците. Те са направени от материали, обикновено неметали, които имат много малко или никакви „свободни електрони“. Те имат много високо съпротивление, милиони ома на метър, и обикновено не се влияят от нормалните температурни промени (въпреки че при много високи температури дървото се превръща във въглен и се променя от изолатор в проводник). Примери за добри изолатори са мрамор, стопен кварц, PVC пластмаси, гума и др.

Изолаторите играят много важна роля в електрическите и електронните вериги, тъй като без тях електрическите вериги биха дали късо и няма да работят. Например, изолатори, изработени от стъкло или порцелан, се използват за изолиране и поддържане на въздушни преносни кабели и др.

Основи на полупроводниците



Полупроводниковите материали като силиций (Si), германий (Ge) и галиев арсенид (GaAs) които имат електрически свойства някъде по средата, между тези на „проводник“ и „изолатор“. Те не са добри проводници, нито добри изолатори (оттук и името им „полупроводници“). Те имат много малко „свободни електрони“, тъй като техните атоми са тясно групирани заедно в кристален модел, наречен „кристална решетка“, но електроните все още могат да текат, но само при специални условия.

Най-често използваният основен материал за полупроводници досега е силиций и в по-малка степен германий.

Линейно и нелинейно съпротивление

Нелинейните съпротивления имат особено голямо значение за цялата електроника. Такива съпротивления са диодите, транзисторите, електронните лампи, бобините с желязна сърцевина и др.

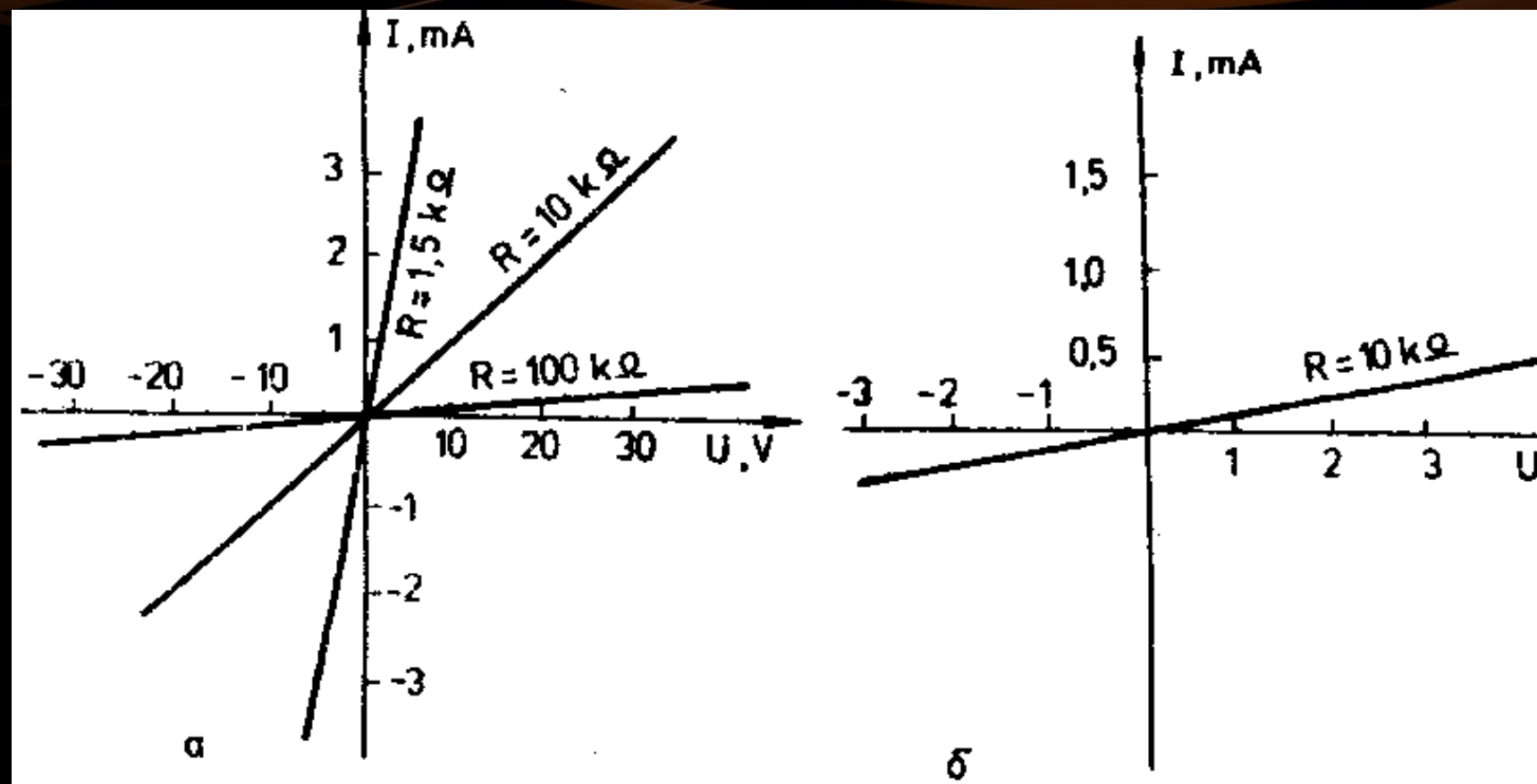
Нелинейните съпротивления усложняват явленията в електронните схеми, но без тях не могат да се осъществяват редица основни процеси, като токоизправяне, детекция, модулация, усилване и т.н.

Преди да разгледаме особеностите на линейните и нелинейните съпротивления, нека подчертаем, че строго взето всички съпротивления са нелинейни, защото с увеличаване на напрежението и тока настъпват допълнителни изменения, като загряване, изменение на ϵ_r и m_r и т.н. В определени граници обаче тези допълнителни явления са слабо изразени и могат да не се вземат под внимание. В такъв случай всички съпротивления се разделят на две основни групи: линейни и нелинейни.

Съгласно закона на Ом токът през едно линейно съпротивление се определя

$$I = \frac{U}{R}$$

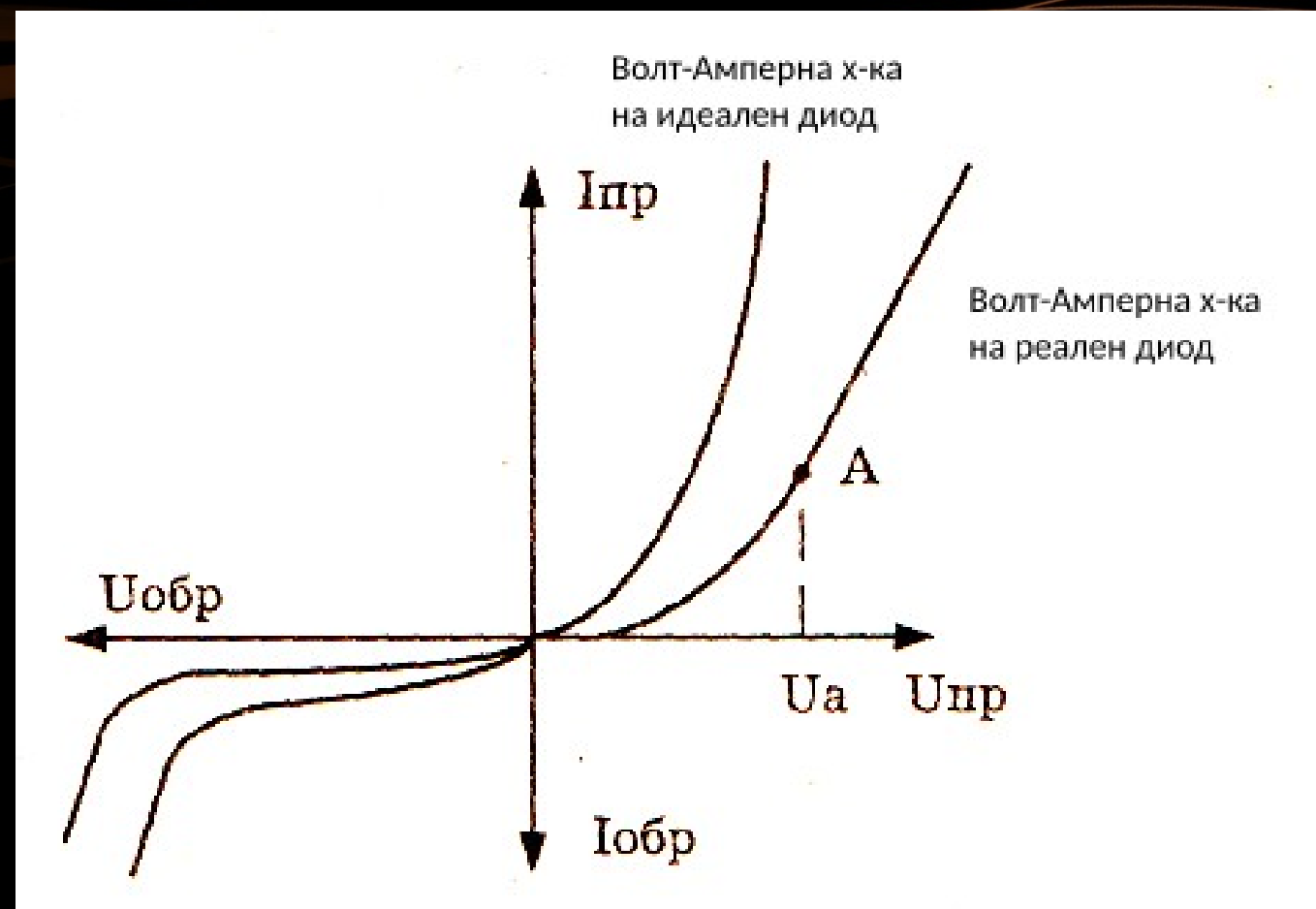
Физическия смисъл на този закон се състои в това, че протичащият ток е правопропорционален на приложеното напрежение. Тази формула се изразява геометрично чрез права линия минаваща през началото на координатната система (Фиг.1), и затова тези съпротивления се наричат линейни. Наклонът на тази права линия зависи от големината на съпротивление :



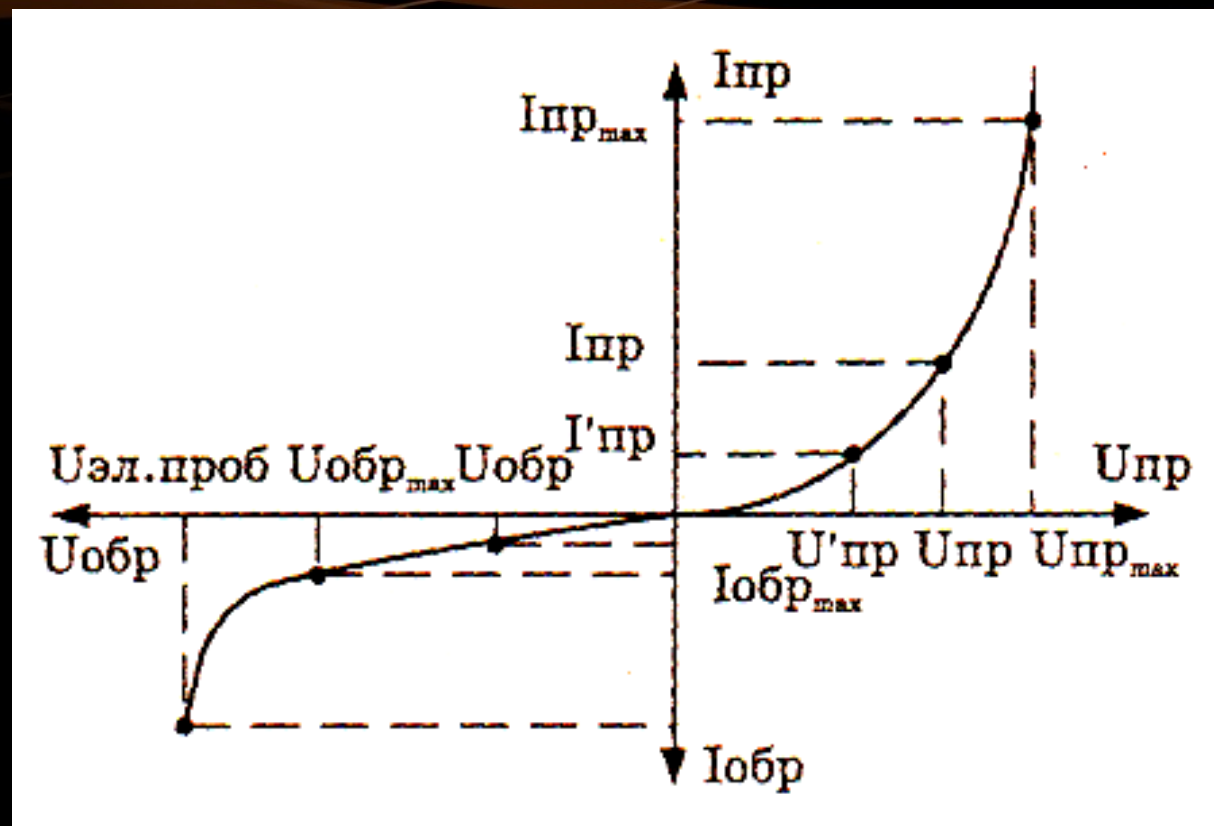
Фиг. 1

Волт-амперна характеристика на полупроводниковите диоди.

При включване в права посока съпротивлението на диода е малко а в обратна посока е голямо. На фиг.2 по-долу е показана волт-амперната характеристика и на идеален и реален диод, като десния клон съответствува на положителни напрежения и токове, а левия клон на отрицателни напрежения и токове.



Фиг.2



Фиг.3

Фиг. 3 показва следните участъци:

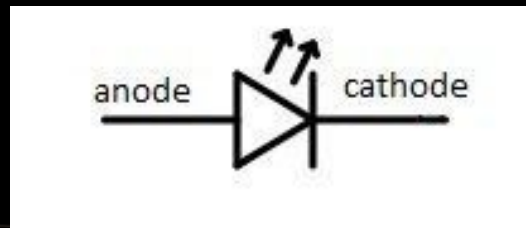
- максимално допустим прав ток $I_{пр.мах}$ - прав ток през диода в права посока. Ако токът преминава през диода не постоянно, а на части, този режим се нарича импулсен. Максималният импулсен ток през диод обикновено винаги е по-голям от постоянния максимален ток, който не води до разрушаване на полупроводниковия кристал;
- максимален спад на напрежението в права посока $U_{пр.мах}$ на диода при максимален ток в права посока;
- максимално допустимо обратно напрежение $U_{обр.мах} = (3/4) U_{ел.проба}$ - такова обратно напрежение, което при подаване към диода няма да предизвика необратим пробив в него;
- обратен ток $I_{обр.мах}$ при максимално допустимото обратно напрежение.

Както вече споменахме диодите са полупроводникови, но могат да бъдат лампови и специални. Тук ще се спрем основно на полупроводниковите диоди. Полупроводниковите диоди осъществяват един р-п преход, като токът тече от р-частта, към п-частта, но не и в обратна посока. Диодът е като един вентил за електрически ток. Обикновено за направата му се използва силиций или други полупроводникови материали. Положителният електродът се нарича анод, а отрицателния електрод – катод. При включване в права посока, съпротивлението на диода е малко и тече ток – при включване в обратна посока съпротивлението е голямо и ток не протича.

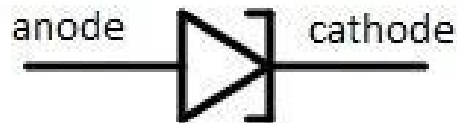
Има множество класификации на диодите, но основната сред тях е според предназначението. Според тази класификация различаваме следните видове диоди:

- *изправителен диод* – както се вижда от названието му служи за изправяне на променлив ток, тъй като пропуска ток само в едната посока. Този диод е основен елемент е в токоизправителите устройства и различни електронни схеми. Изправителният диод работи при мрежови честоти и „реже“ едната полувълна на синусоидата. Те могат да бъдат силициеви и германиеви. Силициевите диоди се характеризират с големи пробивни напрежения (1000V – 1600V) и по-голям температурен диапазон на работа. Пробивът при силицевият диод има лавинен характер и пробивното напрежение расте с температурата. Германиевите диоди имат по-малки пробивни напрежения (100V-400V) работят при по-ниски температури и имат по-малък пад на напрежение в права посока и при един и същ ток отделената мощност е по-малка. Пробивът при тях има топлинен характер.

- *светодиод* – излъчва некохерентна светлина и се състои от един или няколко кристала, разположени зад леща, създаваща светлинен поток. Светодиодите се използват за дисплеи, декоративно и основно осветление, индикации на процеси и др. Галиев арсенид е едно от съединенията, от които може да се създаде такъв диод. Например почти всеки домашен електронен уред има светлинна индикация на базата на светодиод за наличие на захранване към уреда. В началото LED е бил само червен, но сега са създадени светодиоди светещи в бяло, оранжево, жълто, зелено, синьо, синьо-зелено, ултравиолетово. Тези диоди са регулируеми, т.е. може да се димират.



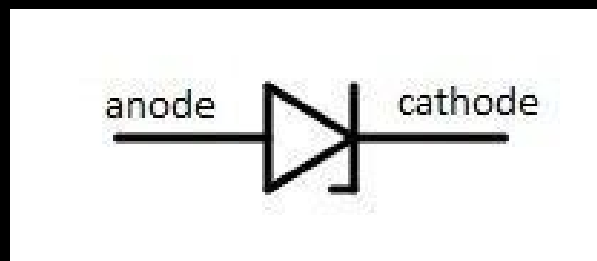
- *тунелен диод* – този диод използва тунелния ефект, представляващ преминаване на електрони през потенциална бариера, по висока от собствената енергия на електроните. При него е характерно, че ширината на прехода е съизмерима с междуетомните разстояния на електроните. Тогава те сякаш се промъкват през този проход (тунел). Тунелните диоди са с р-п преход с много малка ширина и голям интензитет на магнитното поле. Важно предимство на тунелните диоди е тяхната висока честота. Изработват се от силно легирани полупроводници. Могат да работят в много голям температурен интервал, също и в радиоактивна среда. Важно предимство на тунелните диоди е тяхната висока честота както и, че имат много малка консумирана мощност, равняваща се на около 1% от мощността на обикновените диоди.



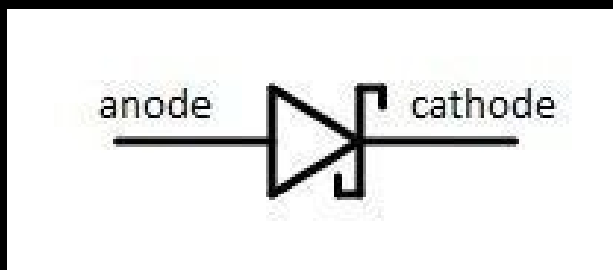
- *ценов диод* (стабилитрон) Ценовият диод е полупроводников диод, предназначен да стабилизира напрежението на фиксирано ниво. Стабилизирането е поддържане на определено ниво или параметър непроменен. Ценови диоди се правят върху силициеви пластини от n-тип, тъй като силицийът има по-голяма стабилност при температурни промени, освен това силициевият ценов диод има нисък обратен ток. Ценовите диоди са затворени в запечатани корпуси, изработени от метал, стъкло, пластмаса, или са направени в неупакован дизайн за използване в микроминиатюрни продукти. Наречен е на Кларънс Цено.

Използва се за стабилизиране на напрежението. В схемите се включва паралелно на товарното съпротивление. Нисковолтовите ценови диоди (до 6 V) се правят от нискоомнен материал и работят с тунелен пробив, при увеличаване на напрежението над 7V настъпва лавинен пробив.

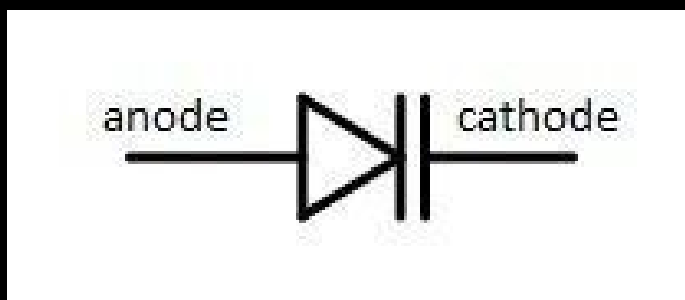
Ценовите диоди се използват не само в стабилизатори на напрежение, но и като компоненти за защита срещу напрежение с неприемливо големи амплитуди, в преобразуватели и генераторни устройства за генериране на импулси, тригери и клеми за ниво на напрежение.



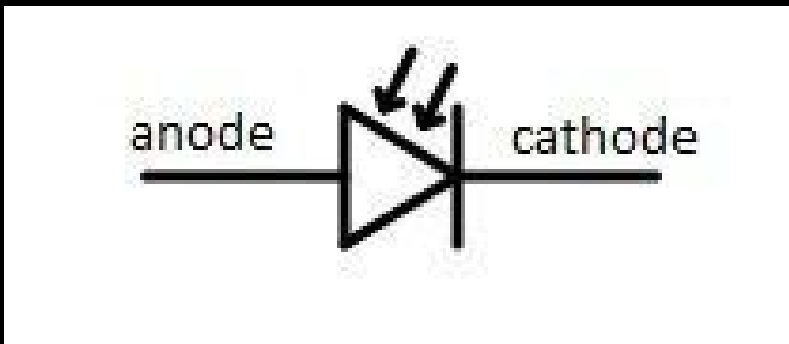
- *Шотки диод* – изграден е от алуминий и силиций. Наречен е на немският учен Валтер Шотки. Диодите на Шотки са много бързи, отпушването му е за по малко от 0.1 наносекунда и изпреварва отпушването на преходът база-колектор на транзистора, като по този начин го шунтира в интегралните схеми. Използват се за ограничители на напрежение, във фотоволтаичните системи, където предотвратяват протичането на обратен ток и разреждането им през нощта. Диоди на Шотки се използват като изправителни елементи в импулсните захранвания и др.



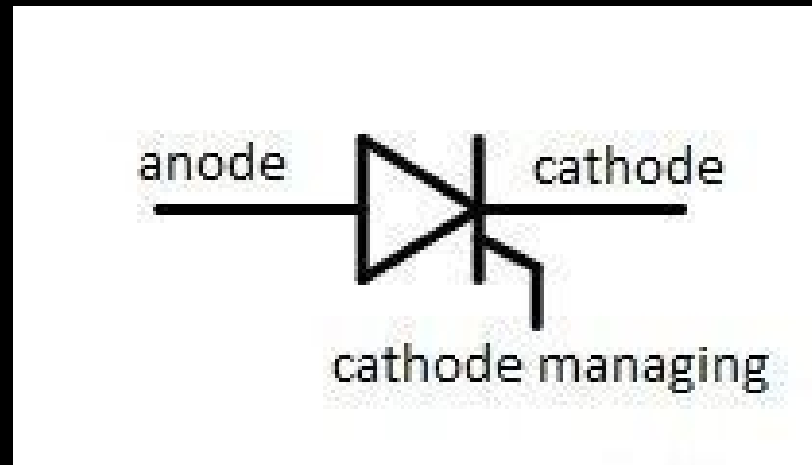
- *варикап* – или варактор. Използват се за промяна на честотата, умножаване на честотата, за фазова модулация, в схеми за управление на осцилатори, в синтезатори на честота и др. Варикапите се използват като кондензатори с променлив капацитет, като при тях се използва зависимостта на капацитета на PN прехода от обратното напрежение.



-*фотодиод* – представлява полупроводников високочувствителен нискоинерционен преобразувател на светлинни сигнали в електрични. Преобразува светлина в електрически ток чрез фотоелектричен ефект. Той може да действа като слънчева батерия. Когато преобразува видимата светлина (до 1000nm) е направен от силиций, а когато е за инфрачервена светлина (до 1800nm) – от германий.



- *тиристор* – използва се като електрически превключвател в схеми с високо напрежение. Обединява свойствата на транзистора и тиратрона, откъдето идва и името му. Тиристорът представлява управляем диод. Има 3 p-n прехода. Замества механичните прекъсвачи поради многото си предимства, като например липсата на износващи се части, липсата на контактни тела и искрене и т.н. Ако тиристора е без управляващи електроди се нарича динистор или диоден тиристор.



Приложение на диодите

Диодите намират много и разнообразни приложения като често се използват за защита на чувствителни и скъпи електронни устройства от свръхнапрежение, тъй като при нормални условия са непроводими, а при свръхнапрежения стават проводими. Диодите в съчетание с други електронни елементи образуват също така логически елементи. Могат да се използват и за измерване на температура, защото в повечето случаи характеристиките им пряко зависят от нея. Най-ранното им използване е било за амплитудна демодулация на радиосигнал. Всеки диод има характерна за него волт-амперна характеристика. В практиката приложения намират и високомощни диоди за напрежение достигащи до 1200 V и ток 200 A. Този тип диоди се монтират върху охладител.



Вградени системи



Въпроси?

