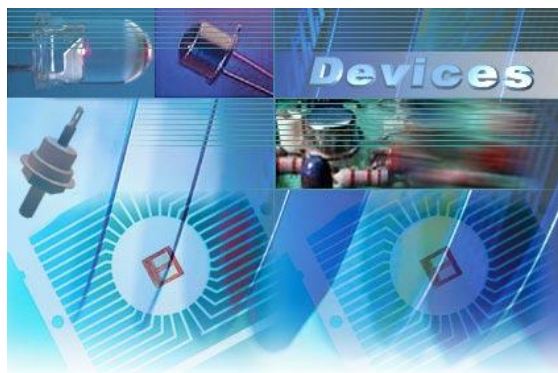


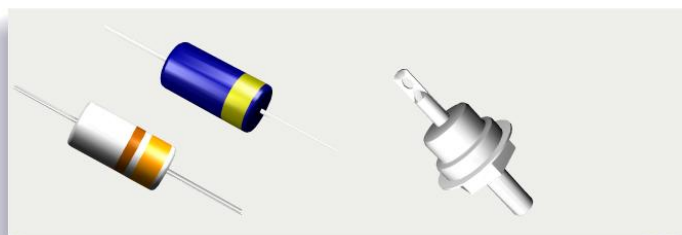


## Ценеров Диод



Полупроводникови  
Елементи

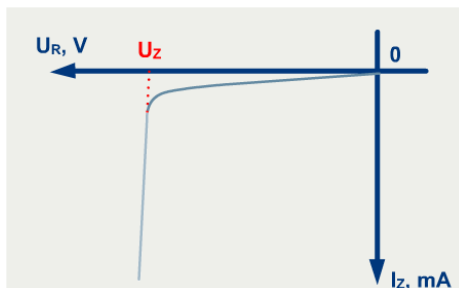
## Корпуси на ценерови диоди



Пластмасови и стъквени  
корпуси

Метален корпус за мощни  
диоди

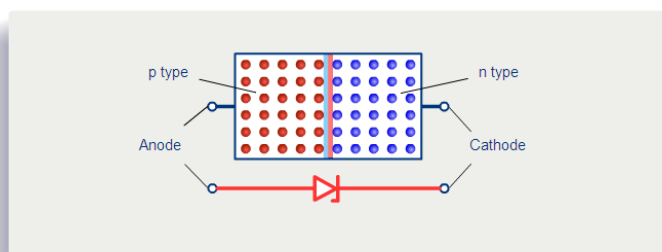
## Основно свойство



Ценеровият диод е специфичен силициев диод, оптимизиран да работи в областта на **електрически пробив**.

При настъпване на пробив, напрежението  $U_Z$  върху ценеровия диод остава почти постоянно независимо от промяната на тока през диода. Поради това постоянно напрежение ценеровият диод се използва за **стабилизатор на напрежение**.

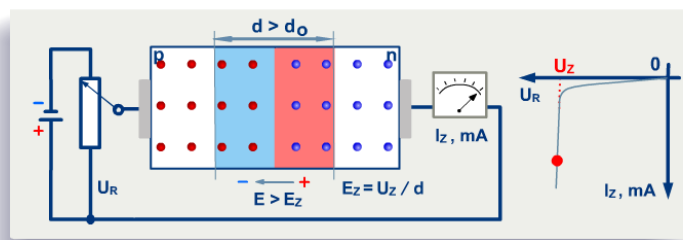
## Символ на ценеров диод



Ценеровият диод има два електрода.  $p$ -областта се нарича анод, а  $n$ -областта - катод.

За да работи в областта на пробив, катодът на ценеровия диод трябва да е положително поляризиран спрямо анода му.

## Принцип на действие

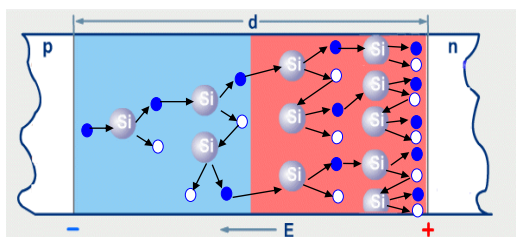


Когато се достигне пробивното напрежение, в обеднения слой на прехода, се получават голям брой неосновни токоносителни и диодът започва да провежда значителен ток. Появата на множеството неосновни токоносителни се дължи на два механизма, известни като **лавинен** и **ценов пробив**.

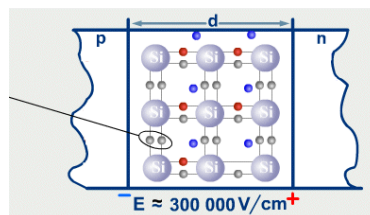
© 2010, Associate Professor, PhD. T.Vasileva

5

## Лавинен и ценов пробив



**Лавинен пробив** настъпва в широки *pn* преходи и се характеризира с **пробивно напрежение над 7V**.

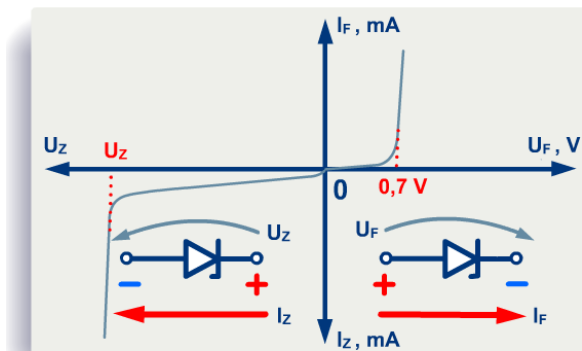


**Ценов пробив** настъпва в тесни *pn* преходи и пробивното напрежение е по-малко от **5V**.

© 2010, Associate Professor, PhD. T.Vasileva

6

## VA характеристика



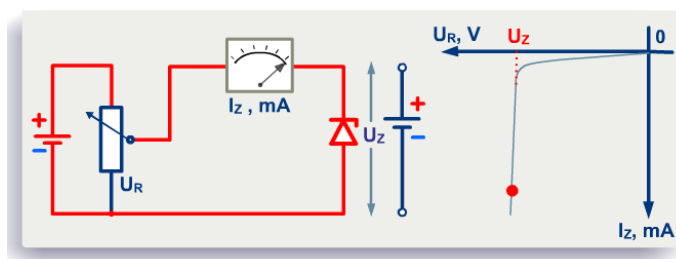
Ценеровият диод може да работи в три области: **право включване, обратно включване и пробив.**

При право включване той се отпушва при 0.7 V, точно като Si диод. Обратният ток преди пробива е много малък. В областта на пробив се наблюдава почти вертикално нарастване на тока при оставащо почти постоянно напрежение.

© 2010, Associate Professor, PhD. T.Vasileva

7

## Област на пробив



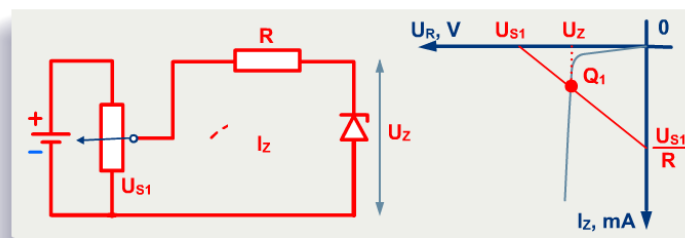
Ценеровият диод поддържа постоянно напрежение, даже при значителна промяна на тока.

В областта на пробив ценеровият диод действа като батерия и диодът може да се замени с източник на напрежение с големина  $U_Z$ .

© 2010, Associate Professor, PhD. T.Vasileva

8

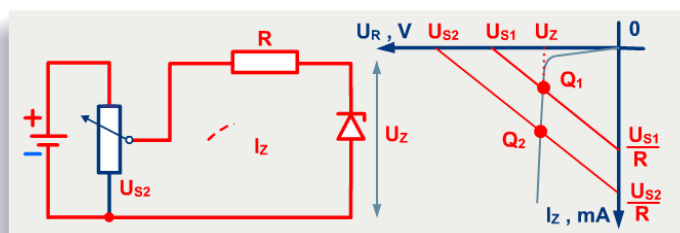
## Товарна права



Товарната права може да се построи с отрезите си от хоризонталната и вертикална ос.

Точката на пресичане на товарната права с волтамперната характеристика се нарича **работна точка**  $Q_1$ .

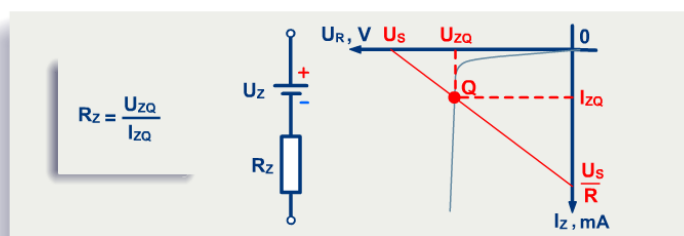
## Преместване на товарната права



Промяната на захранващото напрежение довежда до промяна на тока в схемата. При фиксирано  $R$  наклонът на товарната права остава същия, и тя се премества успоредно към по-големите стойности на захранването.

Това е основната идея на **стабилизатора на напрежение** – изходното напрежение остава почти постоянно, даже когато входното напрежение се променя в големи граници.

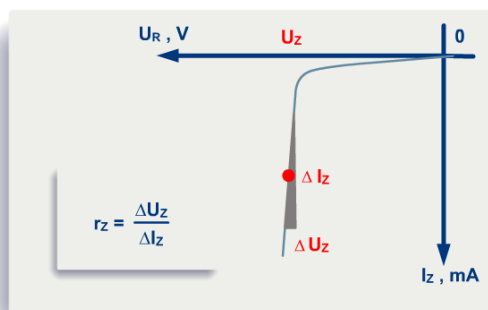
## Параметри – статично $R$



**Статичното** (по постоянен ток) **съпротивление**  $r_Z$  се изразява с отношението на напрежението върху диода към тока, протичащ през него за определена работна точка.

За по-точни изчисления, ценовият диод може да се замени с идеален източник на напрежение, свързан последователно с малкото съпротивление  $R_Z$ .

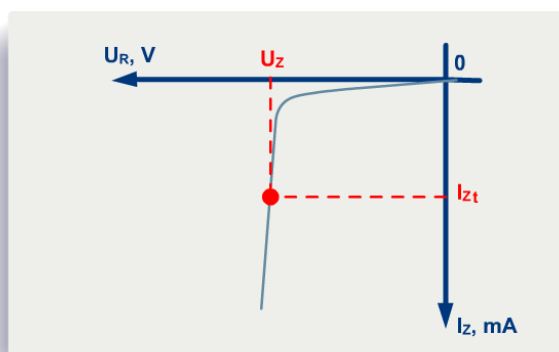
## Динамично съпротивление



Динамичното (променливотоково) **съпротивление**  $r_Z$  се дефинира като нарастъкът на напреженията се раздели на нарастъка на токовете по отношение на определена работна точка.

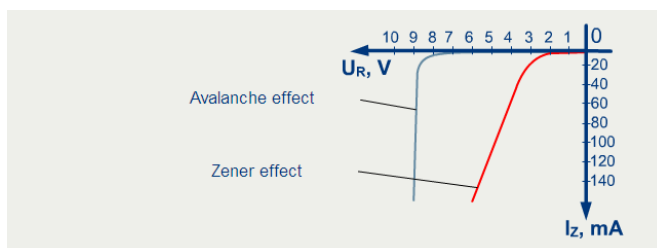
Колкото по-малко е динамичното съпротивление, толкова по-добър е диодът като стабилизатор на напрежение.

## Напрежение на пробив



Ценеровите диоди се характеризират с напрежение на пробив  $U_Z$ , което е от порядъка на няколко волта до няколко стотици волта. В каталозите напрежението за пробив  $U_Z$  обикновено се задава за конкретен ток  $I_Z$ .

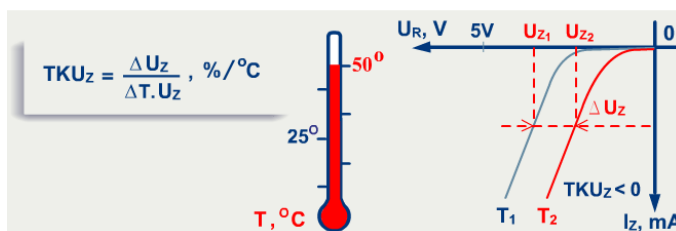
## Пробив при двата механизма



**Ценеровият пробив** настъпва при **обратно напрежение по-малко от 5V**.  
**Лавиният пробив** изисква **обратно напрежение над 6V**.

Динамичното съпротивление за диоди с лавинен пробив е по-малко от това при ценеров пробив.

## Температурен коефициент



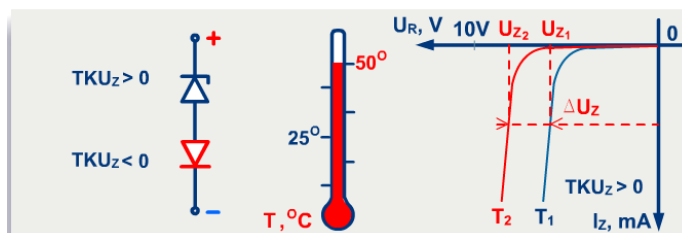
Температурният коефициент на напрежението на пробив отчита влиянието на температурата върху стойността на пробивното напрежение. Той се дефинира с процентното изменение на напрежението спрямо промяната на температурата.

За ценеров диод с пробивно напрежение под 5V, температурният коефициент е отрицателен.

© 2010, Associate Professor, PhD. T.Vasileva

15

## Термо компенсация



Температурният коефициент на ценеров диод с  $U_z > 6V$  е положителен.

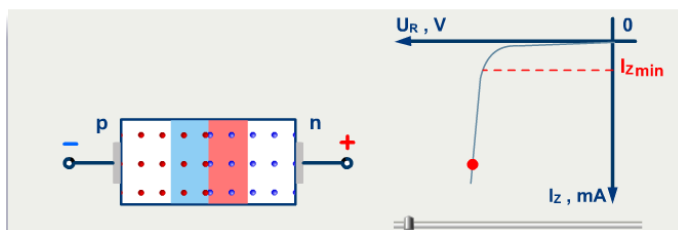
Положителният температурен коефициент на високоволтов ценеров диод може да се компенсира с последователно свързване на диод в право включване. Силициевият диод в право свързване има отрицателен температурен коефициент на напрежението като напрежението му намалява с  $-2 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ .

© 2010, Associate Professor, PhD. T.Vasileva

16

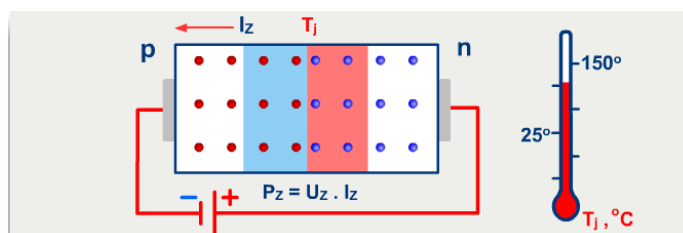


## Max допустими параметри



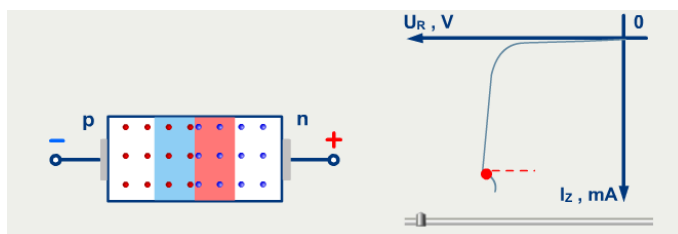
$I_{Zmin}$  е **минималният обратен ток**, при който пробивът става стабилен. За да работи диодът в областта на пробив, токът през него трябва да надвишава  $I_{Zmin}$ .

## Max мощност



Мощността, отделена в ценовия диод е  $P_Z = U_Z \cdot I_Z$ . Докато отделената мощност  $P_Z$  не надвиши **максимално допустимата мощност**  $P_{Zmax}$  ценовият диод работи в областта на пробив без да се разруши.

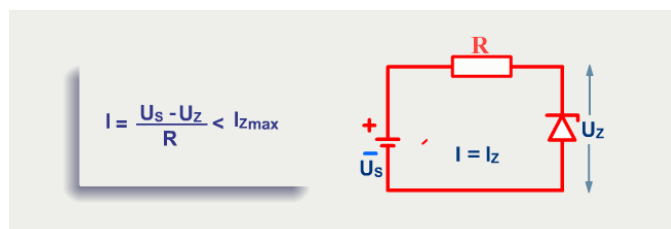
## Max ток



Максимално допустимият ток на ценовия диод  $I_{Zmax}$  е свързан с максимално допустимата мощност  $P_{Zmax}$  съгласно:  $I_{Zmax} = P_{Zmax} / U_Z$ , където  $U_Z$  е пробивното напрежение.

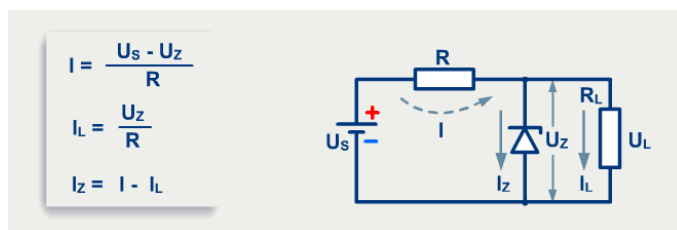
Параметърът  $I_{Zmax}$  дефинира максималния ток, който диодът може да поддържа без да надхвърли максимално допустимата мощност.

## Токоограничаващ резистор



Предназначението на **токоограничаващия резистор**  $R$  е да поддържа тока през ценовия диод по-малък от максимално допустимия ток  $I_{Zmax}$ . В противен случай ценовият диод ще се разруши подобно на всеки елемент, който надвиши максимално допустимата си мощност.

## Стабилизатор на напрежение



$$I = \frac{U_s - U_Z}{R}$$

$$I_L = \frac{U_Z}{R}$$

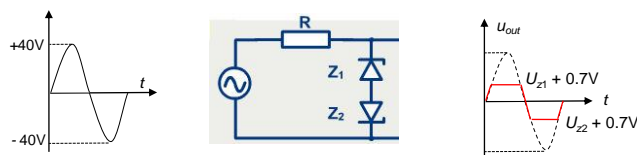
$$I_Z = I - I_L$$

Токове в схемата

Стабилизатор на напрежение

Ценеровият диод поддържа **постоянно напрежение** върху товара независимо от големите промени в захранващия токоизточник или в товарното съпротивление.

## Ограничител на напрежение



**Ограничителят на напрежение** отрязва напреженията на сигнала над и под специфицирано ниво. Той е полезен не само за ограничаване нивото на сигнала, но и за защита от пренапрежение на схемата, получаваща сигнала.

През положителния полупериод, диодът  $Z_1$  работи в областта на пробив, докато диодът  $Z_2$  е включен в права посока. Тогава изходният сигнал се ограничава. Нивото, на което се ограничава напрежението се равнява на сумата от пробивното напрежение на ценеровия диод  $U_Z$  плюс  $0.7V$  на право свързания диод.