



## Diodi, Tasasuuntaus

### Diodin toiminta

Puolijohde diodin muodostaa pn-liitos. Pn-liitos on rajapinta, joka erottaa samassa puolijohdekiteessä olevat p- ja n- tyyppiset alueet. Puolijohdekiteissä nämä alueet saadaan valmistettua sekoittamalla puhtaaseen puolijohdemateriaaliin (esim. pii ja germanium) vieraita atomeja jotka hyvin pieninä määrinäkin vaikuttavat sähkönjohtavuuteen. Kuvassa 1 on esitetty diodin piirrosmerkki ja alueiden sijainnit komponentissa.



Anodi  Katodi

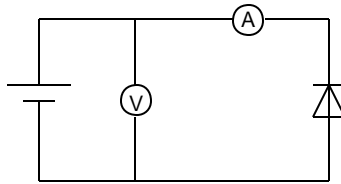
**Kuva A**

N-tyyppinen alue syntyy, kun piin kidehilassa yksi atomi korvataan arseeniatomilla. Arseeniatomi luovuttaa yhden elektronin johtavuuselektroniksi. Näinollen n-tyyppisellä alueella elektronit ovat enemmistönä. Vastaavasti p-tyyppinen alue syntyy, kun korvausatomi on III-ryhmän alkuaine. Alueella on elektronivajaus ja aukot ovat enemmistönä.

Kun p-tyyppinen ja n-tyyppinen puolijohde joutuvat kosketukseen toistensa kanssa, siirtyy n-puolen elektroneja rajapinnan yli p-puolella ja vastaavasti aukkoja siirtyy p-puolelta n-puolelle. Rajapinnan ympäristöstä häviää näin liikkumiskykyiset varaukset, ja rajapintaan muodostuu ns. tyhjennysalue.

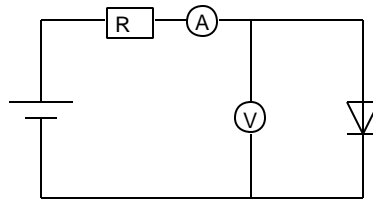
Tyhjennysalueelle jäävät kuitenkin epäpuhtausatomeihin liittyvät varaukset, jotka eivät voi liikkua. Ne muodostavat rajapinnan molemmille puolille vastakkaismerkkiset varauskerrokset, n-puolelle positiivisen ja p-puolelle negatiivisen. Varauskerrosten välille muodostuu sähkökenttä, joka pysäyttää elektronien ja aukkojen liikkumisen rajapinnan yli. Tyhjennysalue ei näin pääse levittäytymään koko puolijohdekiteeseen. Sähkökentän muodostuminen tyhjennysalueelle aiheuttaa pn-liitokseen jännitteen, jota sanotaan diffuusiojännitteeksi. Diffuusiojännitteen suuruus pn-piissä on 0.6,,0.7V ja pn-germaniumissa 0.2,,0.3V.

Kun pn-liitos kytketään kuvan 2 tapaan ulkoiseen jännitteeseen siten, että miinusnapa on p-puolella ja plusnapa n-puolella, niin tyhjennysalue levenee, ja diffuusiojännite voimistuu. Diodi on näin kytketty estosuuntaan ja sen läpi kulkee vain pieni itseisjohtavuuden aiheuttama vuotovirta.



**Kuva B**

Jos jännitelähteen napaisuutta vaihdetaan, niin tyhjennysalue kutistuu ja diffuusiojännite alenee. Varauksenkuljettajat pääsevät liikkumaan rajapinnan yli, ja diodi päästää virtaa läpi. Virran voimakkuus riippuu käytettävästä jännitteestä. Diodin on kuvan 3 mukaan kytketty myötäsuntaan.



**Kuva C**

Kun diodi on kytketty myötäsuntaan, jo melko pieni jännite tekee pn-liitoksen johtavaksi. Pienintä jännitettä, jolla virta alkaa kulkea, sanotaan kynnysjännitteeksi. Se on itseisarvoltaan yhtäsuuri kuin diffuusiojännite.

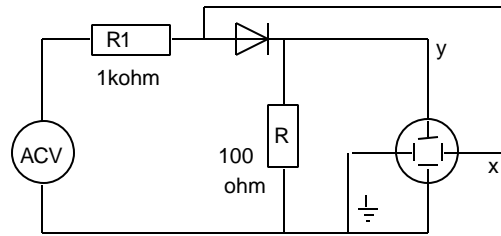
Vaihtojännitteeseen kytketty diodi päästää virtaa lävitseen vain silloin, kun jännite vaikuttaa myötäsuntaan. Pn-liitos tasasuuntaa virran.

## Työn kuvaus

Laboratoriotyössä tutustutaan diodin ja zener-diodin ominaiskäyrän mittaamiseen sekä diodin käyttöön puolialtotasasuuntauksessa. Mittavälineenä käytetään oskilloskooppia jonka antamasta kuvasta piirretään käyrästöt millimetripaperille.

## Diodin dynaaminen ominaiskäyrä

Diodi kytketään kuvan 4 mukaisesti kahden vastuksen kanssa vaihtojännitteeseen. Jännite on silloin vuoroin päästö- ja estosuunnassa. Oskilloskoopin tulovalitsimet asetetaan DC-asentoon ja pyyhkäysnopeuden valitsin xy-asentoon, jolloin kuvapinnalla näkyy piste. x-poikkeutukseen viedään diodin ja vastuksen R jännite. y-levylle viedään jännite  $u_R$ . Kun oskilloskoopin vahvistimien herkkyydet valitaan sopivasti, saadaan kuvaan diodin ominaiskäyrä. Saatu käyrä on esitettyinä liitteessä 1



Kuva D

Oskilloskoopin säätöarvot, tulojännite ja arvioitu kynnysjännite taulukossa 1

Taulukko 1

Kanava 1 (x)	Kanava 2 (y)	Tulojännite	Kynnysjännite
V / cm	V / cm	U / V	U <sub>k</sub> / V
0.5	0.5	2	0.35

## Zener-diodi

Jos diodin estosuuntainen jännite nostetaan ns. zener-jännitteeseen asti, alkaa diodin virta kasvaa voimakkaasti. Tämä johtuu rajakerroksessa tapahtuvasta läpilyönnistä.  $u_z$ -n arvo riippuu diodin rakenteesta. Diodeja, joita käytetään tällä alueella sanotaan zener-diodeiksi. Zener-diodeja käytetään mm. jännitteen vakavoinnissa.

Laboratoriotyössä kuvan 4 mukaiseen kytkentään vaihdetaan diodin paikalle zener-diodi ja jännitettä lisätään kunnes estosuuntainen virta alkaa kasvaa. Oskilloskoopin kuvasta piirretään zener-diodin ominaiskäyrä. saatu käyrä on esitetty liitteessä 1.

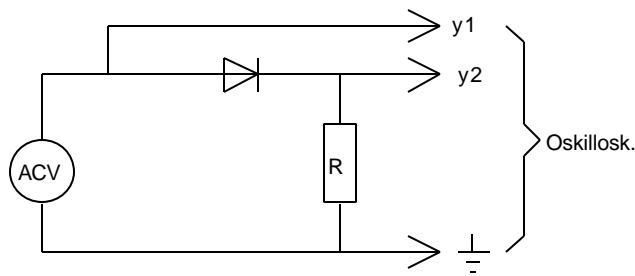
Taulukossa 2 oskilloskoopin asetukset, tulojännite ja arvioitu zenerjännite

Taulukko 2

Kanava 1 (x)	Kanava 2 (y)	Tulojännite	Zener-jännite
V / cm	V / cm	U / V	U <sub>z</sub> / V
1.0	1.0	2	-2.3

## Puoliaaltotasasuuntaus

Tasasuuntauskytkentä on esitetty kuvassa 2. Kytkennässä diodi on kytketty kuormavastuksen R kanssa sarjaan. Jännite on päästösuuntainen diodille vain joka toisen puolijakson aikana. Tällöin vastuksen saama jännite on sykkivää tasajännitettä.

**Kuva E**

Taulukossa 3 on esitetty työssä käytetyt oskilloskoopin, tulojännitteen ja vastuksen arvot

Taulukko 3

Kanava 1 (y1)	Kanava 2 (y2)	Tulojännite	Aika	Vastus
V / cm	V / cm	U / v	t (ms) / cm	R / Ω
0.5	0.5	3	5	1000

Oskilloskoopin kuvapinnasta piirretty kuvaaja liitteessä 1

Jos kytketään lisättäisiin kondensaattori vastuksen R rinnalle sen vaikutus vastuksen saamaan jännitteeseen olisi seuraava:

Kondensaattori latautuu, kun diodi on päästösuunnassa ja purkaa varauksensa diodin ollessa estossa. Tämän johdosta vastuksen saama jännite olisi tasaisempaa.

## Virhearviointi

Oskilloskoopin näyttöruutu on jaettu isompiin 1 cm:n ruudukkoon ja nämä ruudut on jaettu viiteen pienempään osaan. Tämän johdosta lukematarkkuus T on kaavan 1 mukaan:

$$(1) \quad T = \frac{V}{5 \cdot \frac{1}{cm}} \quad \text{jossa } V \text{ on } V/cm \text{ arvo}$$

Taulukossa 4 on lukematarkkuus arvot eri mittauksille

Taulukko 4

Mittaus	V / cm	t (ms) / cm	T
1	0.5		0.1 V
2	1.0		0.2 V
3	0.5	5	0.1 V , 1 ms

Laskuesimerkki:

$$0.5 (V/cm) / 5 (1/cm) = 0.1V$$

## Lopputulokset

Diodin kynnysjännite  $u_k = (0.35 \pm 0.10)V$

Zener-diodin  
zener-jännite  $u_z = (-2.3 \pm 0.2)V$

Diodin kynnysjännitteen arvosta voidaan päätellä että kyseessä on germanium-diodi, joilla kynnysjännite on 0.2,,0.3V

Zener-diodin osalta voidaan vain todeta, että pienimmän löytämämme zener-diodin jännitearvo on 3.3V.

Puoliaaltotasasuuntauskytkennän kuvaajassa jäi epäselväksi, miksi jännite tasoittui jo positiivisen puolijakson aikana eikä vasta silloin, kun jännite muuttui negatiiviseksi.

Liitteet: Liite 1  
piirretyt kuvaajat

Liite 2  
mittauspöytäkirja