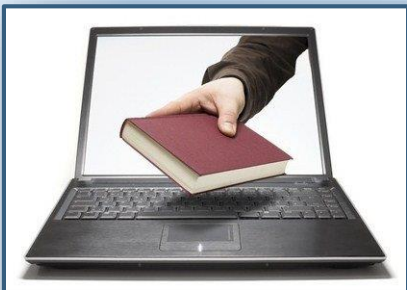




FIZIKA KAFEDRASI



Fizika II

2019

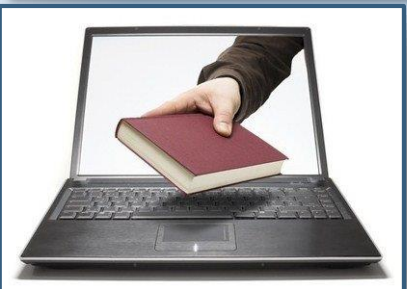
QATTIQ JISMLAR FIZIKASI

13 – ma’ruza

**K.P.Abduraxmanov,
V.S.Xamidov, M.F.Raxmatullaeva**



**TÁBIYIY HÁM
ANÍQ PÁNLER
KAFEDRASÍ**



Fizika II

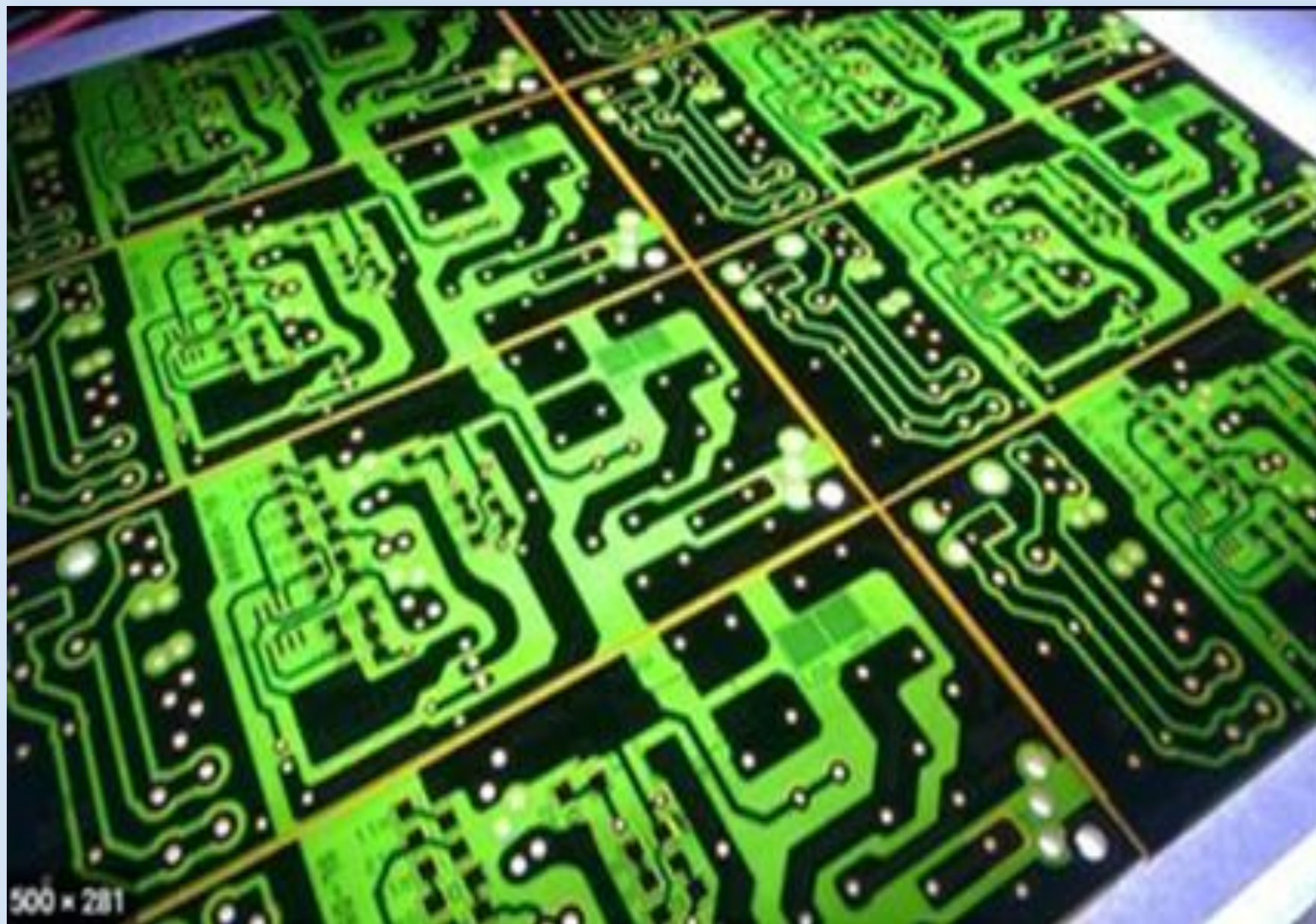
2023

QATTÍ DENELER FIZIKASÍ

**13 – lekciya. Kirispeli yarım
ótkizgishler.**

Qaraqalpaq tiline awdarmalağan

S.G. Kaypnazarov



500 × 281

Lekciya rejesi

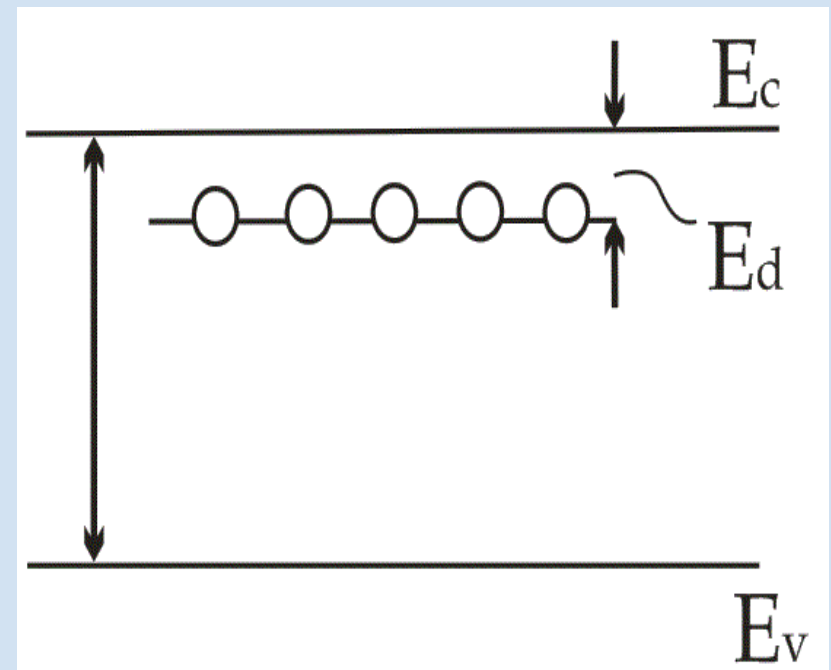
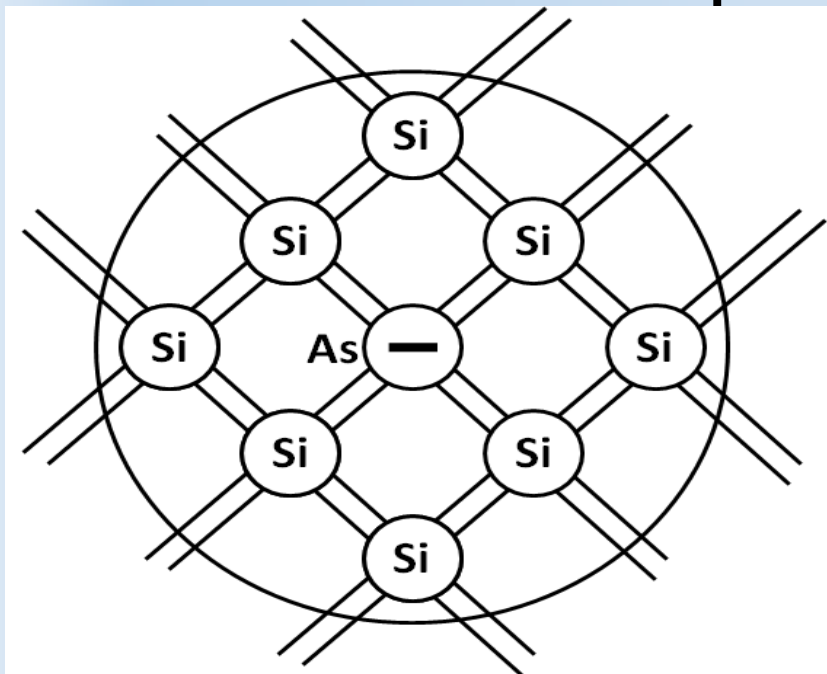
Kirispeli yarım ótkizgishlerde donor hám akceptor energetikalıq qáddiler.

Kirispeli yarım ótkizgishlerde tok tasıwshı zaryadlar koncentraciyası.

Kirispeli yarım ótkizgishlerdiń ótkizgishligi hám onıń temperaturaǵa ǵárezliligi.

Hátteki jeterlishe taza bolǵan yarım ótkizgishlerde de óziniń menshikli energetikalıq qáddilerin payda etiwshi kirispe atomları bar.

Bul energetikalıq qáddiler, yarım ótkizgishtiń qadaǵan etilgen zonasında valent zonası tóbesi hám ótkizgishlik zonası túbinen málim aralıqlarda jaylasıwı múmkin. Ayrım hallarda, yarım ótkizgishke kerekli elektrofizikalıq qásiyetlerdi beriw ushın, kirispe atomların kiritedi.



Oylayiq, kremniy kristalında bir bólek kremniy atomları ornına bes valentli mishyak atomları jaylastırılğan bolsın. 4 qońsı atomlar menen kovalent baylanıstı ornatiw ushın mishyak atomı 4 valent elektronların sarplaydı, besinshi elektron bul baylanıslardı ornatiwda qatnaspaydı.

Mishyak atomı, dielektrik sińiriwshiligi $\varepsilon = 12$ bolğan kremniy kristall pánjeresi ortalıǵında bolğanı ushın, 5–elektron mishyak atomı yadrosı menen 12 márte páseygen baylanısta boladı.

Maydan páseygenligi sebepli, 5-elektron orbitasınıń radiusı 12 mártebe artadı, onıń mishyak atomı menen baylanıs energiyası $\varepsilon^2 = 144$ márte kemeyip, $E_d = 0,01 \text{ eV}$ mánis átirapında boladı. Elektronǵa bunday energiyanı uzatqanda ol mishyak atomınan úzilip, kremniy pánjeresinde erkin háreket etiw imkanına iye boladı, solay etip ótkizgishlik elektronına aylanadı.

**“Zonalar” teoriiyası tili menen bul procesti sonday oylaw múmkin:
valent hám ótkizgishlik zonaları arasındaǵı qadaǵan etilgen
zonada mishyak atomı besinshi elektronınıń energetikalıq qáddi
payda boladı. Bul energetikalıq qáddi ótkizgishlik zonası túbiniń
jaqınında $E_d \approx 0,01 \text{ eV}$ enegetikalıq aralıqta jaylasadı.**

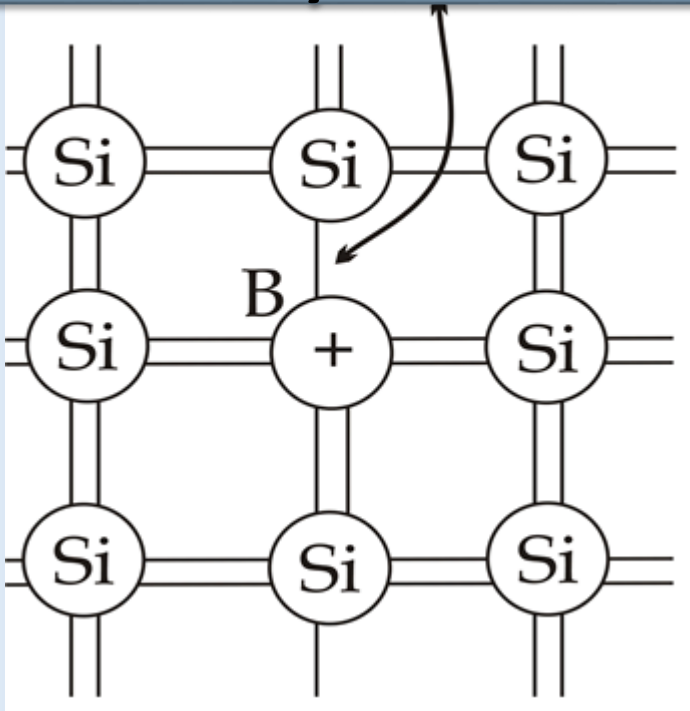
**Ótkizgishlik zonasında elektronlardı payda etiwshi kirispeler
donorlar, olardıń energetikalıq qáddileri *donor qáddiler* dep
ataladı.**

**Donor kirispelerge iye bolǵan yarım ótkizgishler, *elektron yarım
ótkizgishler* yaki *n – tiptegi yarım ótkizgishler* dep ataladı.**

Jáne oylayıq, kremniy kristall pánjeresindegi bir bólek kremniy atomları ornın 3 valentli Bor (*B*) atomları iyelegen bolsın.

4 qońsı atomlar menen kovalent baylanıstı payda etiw ushın bor atomına bir elektron jetispeydi. Bul jetispeytuǵın elektrondı qońsı kremniy atomlarınan alıwı múmkin. Bul halda da qosımsha elektrondı alıw ushın shama menen $E_a \approx 0,01 \text{ eV}$ energiya zárúr boladı.

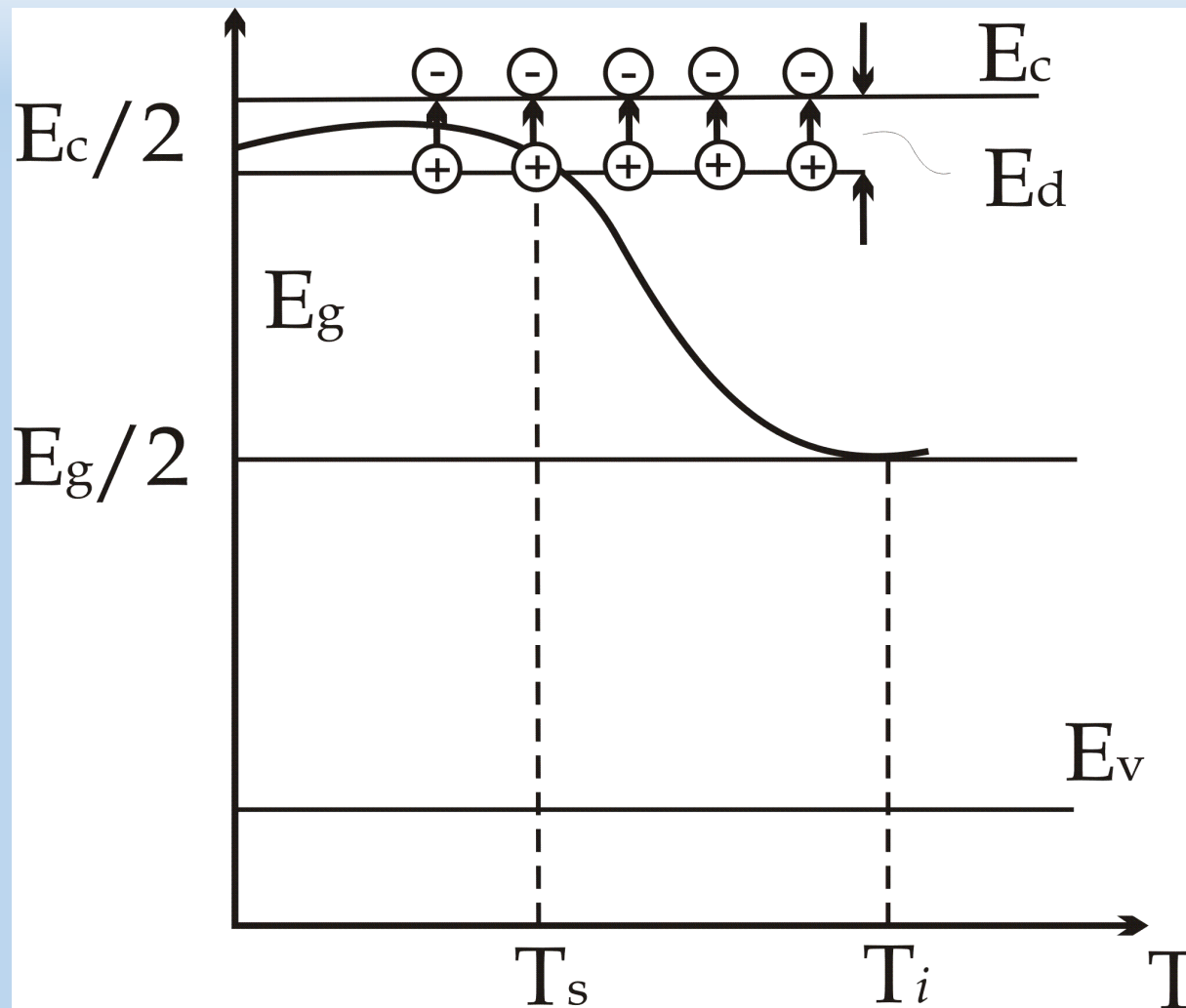
Ornatılmağan baylanıs



Toltırılmağan baylanıs gewekti esletedi hám kremniydiń valent zonasında bos vakant halatın payda etedi. Valent zonası tóbesiniń jaqınında $E_a \approx 0,01 \text{ eV}$ aralıqta bor atomınıń elektronlar iyelemegen energetikalıq qáddi jaylasadı.

**Yarım ótkizgishtiń valent zonasınan elektronlardı
tartıp alıwshı kirispeler – *akceptorlar*,
olardıń energetikalıq qáddileri – *akceptor*
qáddiler dep ataladı.**

**Akceptorlargá iye bolǵan yarım ótkizgishler
gewekli yarım ótkizgishler yaki *p – tipli yarım*
ótkizgishler dep ataladı.**



Súwrette n – tipli yarımótkizgishte Fermi qáddiniń temperaturaǵa ǵárezli ózgeriwi keltirilgen.

Tómen temperaturalarda kristall pánjereniń ıssılıqtan terbeliwiniń ortasha energiyası E_g qadağan etilgen zona keńliginen júdá sezilerli kishi, nátiyjede bul terbelisler valent elektronların qozdıra almaydı hám ótkizgishlik zonasına uzata almaydı.

Energiyası $E_d \sim 0,01 \text{ eV}$ bolğan donor qáddilerinen elektronlardı ótkizgishlik zonasına uzatıw ushın zárúr bolğan temperatura derlik bir neshe Kelvinnen baslanadı.

Bul tómen temperaturalar zonasında erkin tok tasıwshılar koncentraciyası Fermi qáddi menen ótkizgishlik zonası túbine shekemgi bolǵan aralıq penen anıqlanadı – aralıq qansha kishi bolsa, sonsha tok tasıwshılar koncentraciyası úlken boladı.

$$\mu < 0 \quad \mu' < 0$$

$$np = 4 \left(\frac{2\pi kT}{h^2} \right)^3 (m_n m_p)^{\frac{3}{2}} \exp \left(-\frac{E_3}{kT} \right)$$

Berilgen anıq temperaturada elektronlar hám gewekler koncentraciyalarınıń kóbeymesi turaqlı shama esaplanadı.

n - tipli yarım ótkizgish ushın Fermi qáddi:

$$\mu = -\frac{E_d}{2} + \frac{kT}{2} \ln \left(\frac{N_d h^3}{2 \cdot (2\pi m_n kT)^{\frac{3}{2}}} \right)$$

p – tipli yarım ótkizgish ushın Fermi qáddi:

$$\mu' = -\frac{E_a}{2} + \frac{kT}{2} \ln \left(\frac{N_a h^3}{2 \cdot (2\pi m_p kT)^{\frac{3}{2}}} \right)$$

**N_d hám N_a - donor hám akceptor kirispe atomları
koncentraciyaları.**

E_d hám E_a - donor hám akceptor qáddileri energiyaları.

**Temperatura kóteriliwi menen ótkizgishlik zonasındaǵı elektronlar koncentraciyası artıp baradı,
donor qáddilerindegi elektronlar koncentraciyası kemeyedi,
donor qáddileri elektronlardan kámbaǵallasadı.
 p – tipli yarım ótkizgishte de akceptor qáddiler bos halatlardan kámbaǵallasadı.
Kirispe atomlarında elektronlar pútkilley tamamlanǵanda,
 n – tipli yarım ótkizgishtiń ótkizgishlik zonasında elektronlar koncentraciyası N_d – donorlar koncentraciyasına teńlesedi.
Tómen temperaturalarda ótkizgishlikti kirispe atomları payda etedi.**

**n - tipli yarım ótkizgishte elektronlar koncentraciyası
tómendegishe anıqlanadı:**

$$n = \sqrt{2N_D} \left(\frac{2\pi m_n kT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} \exp\left(-\frac{E_D}{2kT} \right)$$

**p - tipli yarım ótkizgishte gewekler koncentraciyası tómendegishe
anıqlanadı:**

$$p = \sqrt{2N_a} \left(\frac{2\pi m_p kT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} \exp\left(-\frac{E_a}{2kT} \right)$$

m_n , m_p - elektronlar hám gewekler effektiv massaları.

Joqari temperaturalar zonasi

Temperaturaniñ bunnan keyingi artıwında menshikli zaryad tasiwshılar jedel qozǵala baslaydı, yarım ótkizgish menshikli yarım ótkizgish halatına jaqınlasıp baradı, nátiyjede, Fermi qáddi menshikli yarım ótkizgishtegi Fermi qáddi halatına ($E_g/2$) jaqınlasadı.

$n = N_d$ ge teń bolǵanda, málim temperatura mánisine shekem ózgermesten qaladı, bul halatta Fermi qáddi halatı tómendegishe ańlatıladı:

$$\mu = -\frac{E_g}{2} + \frac{3}{2} kT \ln \frac{m_p}{m_n}$$

Biraq, jeterlishe joqarı temperaturalarda menshikli zaryad tasiwshılar koncentraciyası tek N_d ğa teń bolmaydı, bálkim onnan sezilerli úlken boladı:

$$n_i > N_d$$

$n = n_i$ bolǵanda kirispeli yarımótkizgishtiń Fermi qáddi halatı tómendegishe ańlatıladı:

$$\mu = -\frac{E_d}{2} + \frac{3kT}{4} \ln \frac{N_v}{N_c}$$

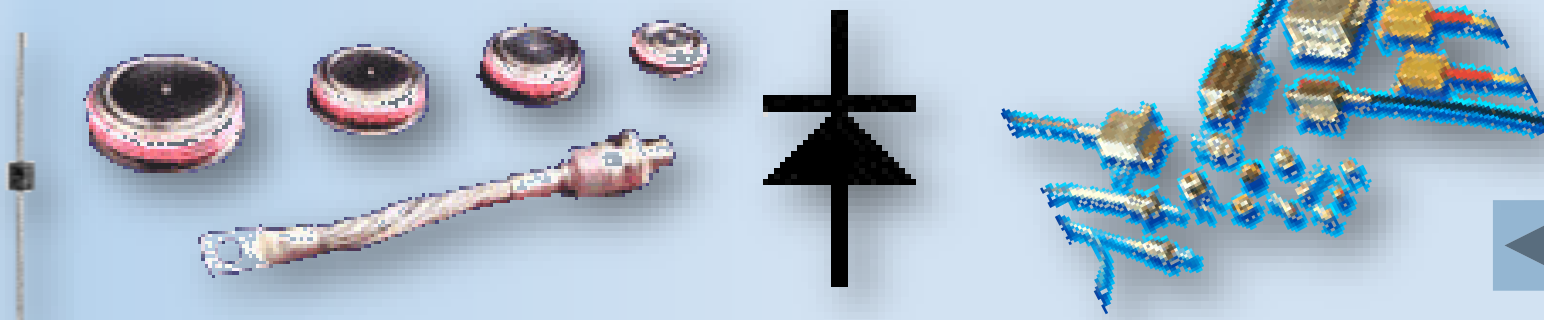
Yarım ótkizgishlerdiń qásiyetleri tómendegi ásbaplarda qollanıladı:

- **Ózgermeli toktı tuwrılawshı yarım ótkizgishli diodlar;**
- **Óte joqarı jiyilikli elektromagnit tolqınlardı generacıyalawshı tunnel diodlar;**
- **Jaqtılıqtı nurlatıwshı diodlar, fotodiodlar, fotoelementler, quyash batareyaları;**
- **Termistorlar;**
- **Varikaplar (ózgermeli sıyımlılıqlı kondensatorlar;**
- **Bipolyar hám maydanlı tranzistorlar;**
- **Kompyuterlerdiń yadqa alıw qurılımaları.**

**Yarım ótkizgishler – zamanagóy
elektronikanıń tiykarı.**

Yarım ótkizgishli diod (*p-n* – ótiw)

- Bir tárepleme ótkizgishlik qásiyetine iye: bir bağıtta tok ótkizedi.
- Ózgermeli toktan turaqlı tok alıwdıń ápiwayı sızılmalarında isletiledi.
- Basqa yarım ótkizgish ásbapları, mikrosxemalardı jaratıwǵa tiykar boladı.



Termistor

- Temperatura ózgeriwinde óziniń qarsılıǵın ózgertiwshi yarım ótkizgish ásbap.
- p-n ótiwsiz kólemlik qarsılıqqa iye bolǵan element termistor dep esaplanadı.
- Temperaturanı qadaǵalaw sistemalarında qollanıladı.



Fotorezistor (fotoqarsılıq)

- Túsip atırğan nurlanıw jedelligine gárezli óz qarsılıǵın ózgertiwshi yarım ótkizgish elementi.
- *p-n* ótiwsiz kólemlik qarsılıqqa iye bolğan element esaplanadı.
- Optikalıq nurlanıwdı qabıl etiwshi hám seziwshi ásbaplardı jaratıwda qollanıladı.



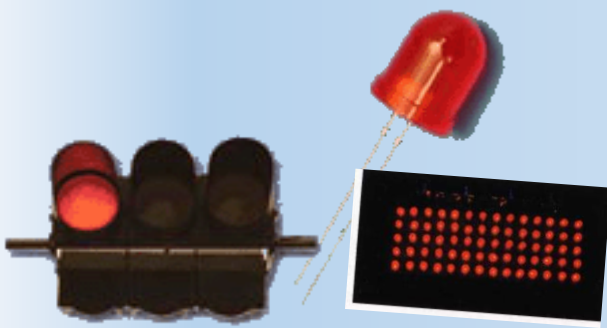
Fotodiod

- Jaqtirtılğanlıqta óz qarsılıǵın hám ózinen tok ótkize baslaydı.
- *p-n* ótiwden ibarat.
- Nurlanıwdı seziwshi hám maǵlıwmatlardı qabıl etiw – uzatıw sistemaların jaratıwda qollanıladı.
- Quyash batareyaları hám modulları fotodiodlardan quralǵan.



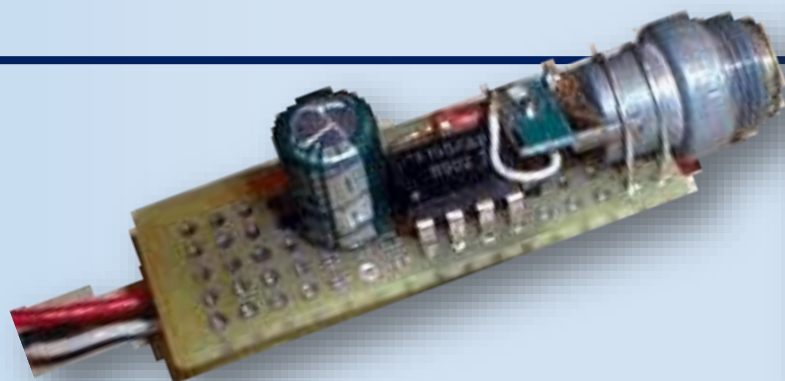
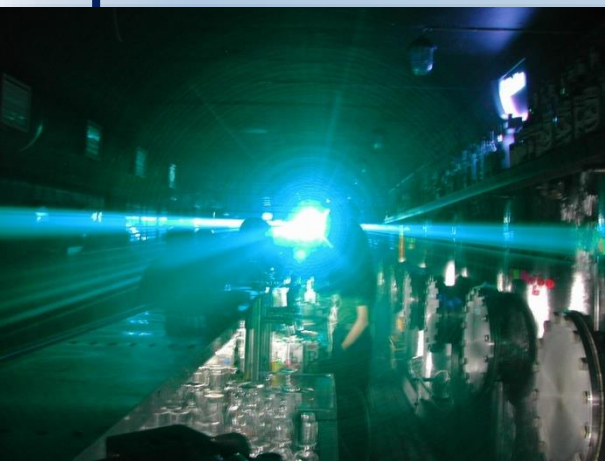
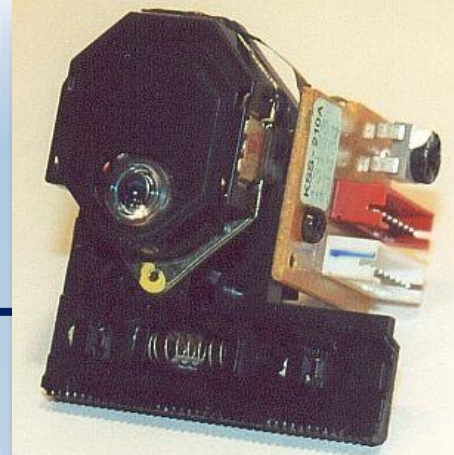
Svetodiod – jaqtılıq nurı shıǵarıwshı diod

- Elektr energiyasın jaqtılıqqa aylandıradı.
- Óz quramındaǵı $p-n$ - ótiwge iye.
- Ádettegi qozlanba lampadan parqlı ólsheimleri kishi bolǵanı ushın kem energiya sarplaydı, uzaq múddetli kepilligi bar.
- Avtomobil faralarında, svetoforlarda hám basqa maqsettegi jaqtılıq shıǵarıwshı qurılmalarda isletiledi.
- Xojalıq ásbapları, elektron sistemalarda, baylanıs qurallarında aralıqtan basqarıwda isletiledi.



Yarım ótkizgishli lazer

- Óziniń kishi ólshemleri hám kem energiya sarplawı menen ajralıp turadı.
- Medicinada, ólshew ásbaplarında, optikalıq baylanıs sistemaları hám lazer kórsetkishleri hám basqalarda isletiledi.



Tranzistor

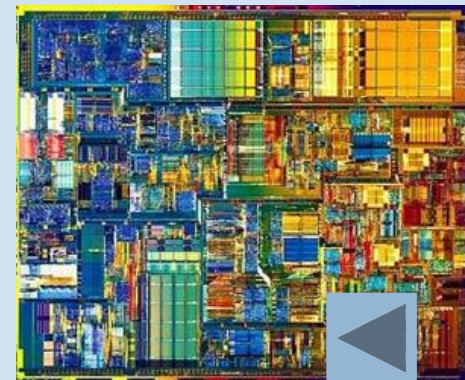
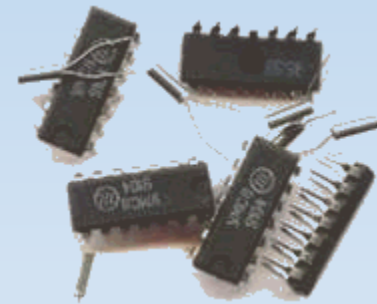
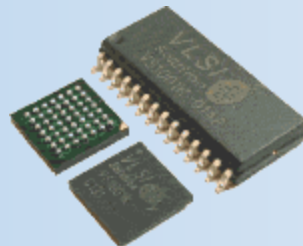


- Tranzistor - eki $p - n$ ótiwden ibarat bolǵan qurılma.
- Elektr signallardı kúsheytedi.
- Fizikalıq dárejede logikalıq operaciyalardı ámelge asıradı.



Mikrosxema

- Yarım ótkizgish diodları, tranzistorları hám qarsılıqlar kompleksinen ibarat bolğan maqsetli funkciyanı atqaratuǵın qurılma.
- Planar texnologiya tiykarında jaratıladı.
- Ayrım mikrosxemalar 55 mln tranzistorlardan quraladı.



PAYDALANÍLGAN ÁDEBIYATLAR

1. Q.P.Abduraxmanov, V.S.Xamidov, N.A.Axmedova. FIZIKA. Darslik. Toshkent. "Aloqachi nashriyoti". 2018 y. O'zR OO'MTV 2017.24.08 dagi "603"-sonli buyrug'i.
2. B.A.Ibragimov, G.Q.Atajanova. "FIZIKA". Oqiwliq. Tashkent. 2018 j.
3. Q.P.Abduraxmanov, O'.Egamov. "FIZIKA". Darslik. Toshkent. O'quv-ta'lim metodika" bosmaxonasi. 2015 y. O'zROO'MTV 2009.26.02. dagi "51"-sonli buyrug'i.
4. Douglas C. Giancoli. Physics. Principles with Applicathions. 2004 USA ISBN-13 978-0-321-62592-2.
5. Physics for Scientists and Engineers, Raymond A. Serway, John W. Jewett. 9th Edition, 2012.
6. S.G. Kaypnazarov. "Fizika I kursi boyinsha prezentaciyaliq multimediali shiniğıwlar toplami". Elektron oqiw qollanba. Nókis. 2022 j. O'zR OO'MTV 2021.31.05 dagi "237"-sonli buyrug'i.
7. "Fizika-1 kursi bo'yicha taqdimot multimediali ma'ruzalar to'plami". Elektron o'quv qo'llanma. Toshkent. 2019 y. O'zR OO'MTV 2019.04.10 dagi "892"-sonli buyrug'i.



PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/semiconductor>

Semiconductors



- Semiconductors
- Diodes
- Transistors

DONATE

PhET is supported by
GORDON AND BETTY MOORE FOUNDATION
and educators like you.

DOWNLOAD **EMBED**

PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/conductivity>

Conductivity



- Conductivity
- Energy Levels
- Photoconductors

DONATE

PhET is supported by

BMG
BILIM MEDIA GROUP

Facebook icon
Twitter icon
Pinterest icon