

# Forelesning i Fysikk 11.

Kondenserte stoffer  
Dioder og transistorer.

Hans Jakob Rivertz  
IDI-avdeling-kalvskinnet  
31. januar 2018

# Plan



Kondenserte stoffer

Halvledere

Dioden

Transistoren

# Innhold



Kondenserte stoffer

Halvledere

Dioden

Transistoren

# Kondenserte stoffer



- Kondenserte stoffer en samlebetegnelse på stoffer der enkeltatomer er bundet til hverandre og former væske eller faste stoffer.

# Molekylære bindinger



Atomer kan binde seg til hverandre på forskjellige måter:

- Ioniske bindinger: atomer med forskjellig ladning vil tiltrekkes av hverandre. Eksempel:  $\text{Cl}^-$  og  $\text{Na}^+$  danner bordsalt.
- Kovalente bindinger. Atomer som ligger svært nære hverandre at et elektron ytterste skall fra hvert atom danner par. De frastøtende kreftene mellom elektronene overvinnes av tiltrekningen mellom kjernene og elektronparet.
- Van der Waals bindinger. Vanlig i vann.
- Hydrogen-bindinger. To atomer bindes sammen av et  $\text{H}^+$ -ion.

**Vi kommer kun til å se på stoffer med kovalente bindinger**

# Krystaller



Krystaller er stoffer der atomene har en streng struktur og symmetri.

Eksempler:

- Diamant
- Silisium
- Metaller

# Energi bånd

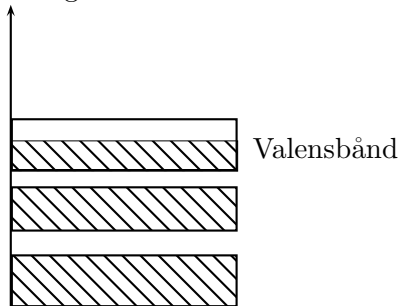


- Energinivåene i enkeltatomer er skarpe linjer.
- I krystaller flyttes og splittes energinivåene blant annet fordi atomene er svært nære hverandre.

# Ledere



I metaller er mange valensbåndet halvfullt. Det gir mulighet for elektroner å bevege seg fritt. Følgende diagram viser hvilke energinivåer elektroner i ledere kan ha.

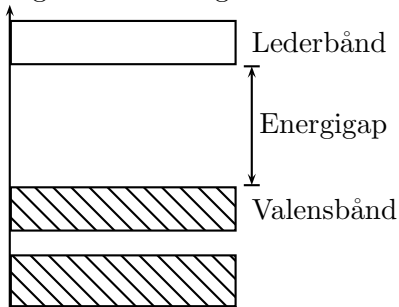




# Isolatorer



I isolatorer er valensbåndet fullt. Mellom lederbåndet og valensbåndet er det et stort energigap. Ingen elektroner kan ha energier i det gapet. Og termisk energi  $E = kT$  er mye mindre enn energigapet.



# Innhold



Kondenserte stoffer

Halvledere

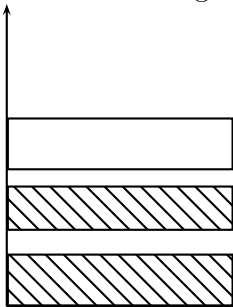
Dioden

Transistoren

# Halvledere



En halvleder har tomt lederbånd men kort avstand mellom velensbåndet og lederbåndet.



# Periodisk tabell (GNU lisens)

hydrogen 1 H 1.0079																		helium 2 He 4.0026																																													
lithium 3 Li 6.941		beryllium 4 Be 9.0122																		boron 5 B 10.81		carbon 6 C 12.011		nitrogen 7 N 14.007		oxygen 8 O 15.999		fluorine 9 F 18.998		neon 10 Ne 20.180																																	
sodium 11 Na 22.990		magnesium 12 Mg 24.305																		aluminium 13 Al 26.982		silicon 14 Si 28.086		phosphorus 15 P 30.974		sulfur 16 S 32.065		chlorine 17 Cl 35.453		argon 18 Ar 39.948																																	
potassium 19 K 39.098		calcium 20 Ca 40.078		scandium 21 Sc 44.956		titanium 22 Ti 47.867		vanadium 23 V 50.942		chromium 24 Cr 51.996		manganese 25 Mn 54.938		iron 26 Fe 55.845		cobalt 27 Co 58.933		nickel 28 Ni 58.693		copper 29 Cu 63.546		zinc 30 Zn 65.39		gallium 31 Ga 69.723		germanium 32 Ge 72.64		arsenic 33 As 74.922		selenium 34 Se 78.96		bromine 35 Br 79.904		krypton 36 Kr 83.80																													
rubidium 37 Rb 85.468		strontium 38 Sr 87.62		yttrium 39 Y 88.906		zirconium 40 Zr 91.224		niobium 41 Nb 92.906		molybdenum 42 Mo 95.94		technetium 43 Tc 98.906		ruthenium 44 Ru 101.07		rhodium 45 Rh 106.91		palladium 46 Pd 106.42		silver 47 Ag 107.87		cadmium 48 Cd 112.41		indium 49 In 114.82		tin 50 Sn 118.71		antimony 51 Sb 121.76		tellurium 52 Te 127.60		iodine 53 I 126.90		xenon 54 Xe 131.29																													
cesium 55 Cs 132.91		barium 56 Ba 137.33		lanthanum 57 La 138.905		cerium 58 Ce 140.12		praseodymium 59 Pr 140.908		neodymium 60 Nd 144.24		promethium 61 Pm [145]		samarium 62 Sm 150.36		europium 63 Eu 151.964		gadolinium 64 Gd 157.25		terbium 65 Tb 158.925		dysprosium 66 Dy 162.50		holmium 67 Ho 164.930		erbium 68 Er 167.259		thulium 69 Tm 168.934		ytterbium 70 Yb 173.054		lutetium 71 Lu 174.967		hafnium 72 Hf 178.49		tantalum 73 Ta 180.948		tungsten 74 W 183.84		rhenium 75 Re 186.21		osmium 76 Os 190.23		iridium 77 Ir 192.22		platinum 78 Pt 195.08		gold 79 Au 196.967		mercury 80 Hg 200.59		thallium 81 Tl 204.38		lead 82 Pb 207.2		bismuth 83 Bi 208.98		polonium 84 Po [209]		astatine 85 At [210]		radon 86 Rn [222]	
francium 87 Fr [223]		radium 88 Ra [226]		actinium 89 Ac [227]		thorium 90 Th [232]		protactinium 91 Pa [231]		uranium 92 U [238]		neptunium 93 Np [237]		plutonium 94 Pu [244]		americium 95 Am [243]		curium 96 Cm [247]		berkelium 97 Bk [247]		californium 98 Cf [251]		einsteinium 99 Es [252]		fermium 100 Fm [257]		mendelevium 101 Md [258]		nobelium 102 No [259]		lawrencium 103 Lr [262]		rutherfordium 104 Rf [261]		dubnium 105 Db [262]		seaborgium 106 Sg [266]		bohrium 107 Bh [264]		hassium 108 Hs [277]		meitnerium 109 Mt [268]		darmstadtium 110 Ds [271]		roentgenium 111 Rg [272]		copernicium 112 Cn [285]		nihonium 113 Nh [284]		flerkovium 114 Fl [289]		tennessine 115 Ts [289]		oganesson 116 Og [294]					

\* Lanthanide series

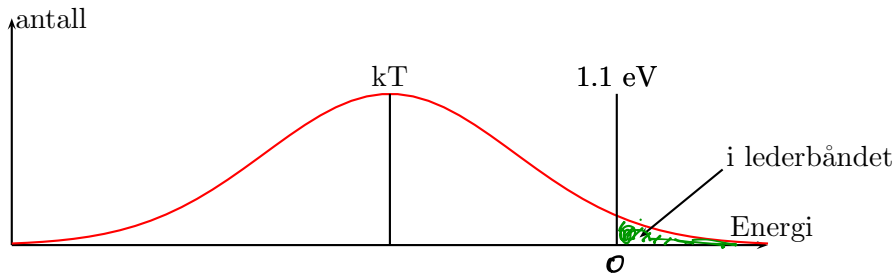
lanthanum 57 La 138.91	cerium 58 Ce 140.12	praseodymium 59 Pr 140.91	neodymium 60 Nd 144.24	promethium 61 Pm [145]	samarium 62 Sm 150.36	euprium 63 Eu 151.96	gadolinium 64 Gd 157.25	terbium 65 Tb 158.93	dysprosium 66 Dy 162.50	holmium 67 Ho 164.93	erbium 68 Er 167.26	thulium 69 Tm 168.93	ytterbium 70 Yb 173.04
actinium 89 Ac [227]	thorium 90 Th 232.04	protactinium 91 Pa 231.04	uranium 92 U 238.03	neptunium 93 Np [237]	plutonium 94 Pu [244]	americium 95 Am [243]	curium 96 Cm [247]	berkelium 97 Bk [247]	californium 98 Cf [251]	einsteinium 99 Es [252]	fermium 100 Fm [257]	mendelevium 101 Md [258]	nobelium 102 No [259]

\* \* Actinide series

# Energigap for Silisium og Germanium



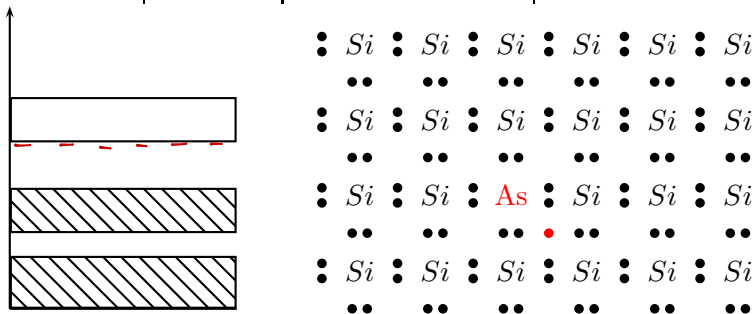
	Atomnr.	Valens-elektroner	Energigap
Silisium	14	4	1.1 eV
Germanium	32	4	0.7 eV



# Doping n-leder

Forurensing endrer leder evnen

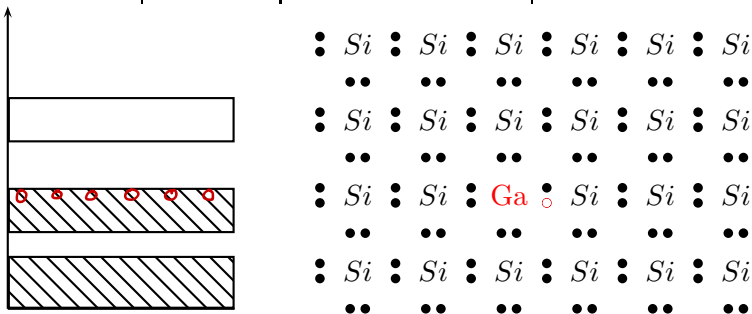
	Atomnr.	Valens-elektroner
Gallium	31	3
Arsen	33	5



# Doping p-leder

Forurensing endrer leder evnen

	Atomnr.	Valens-elektroner
Gallium	31	3
Arsen	33	5



# Innhold



Kondenserte stoffer


Halvledere

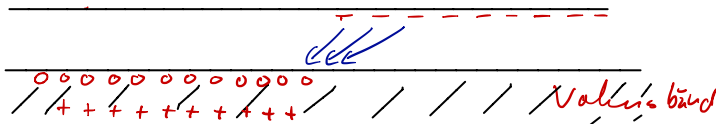
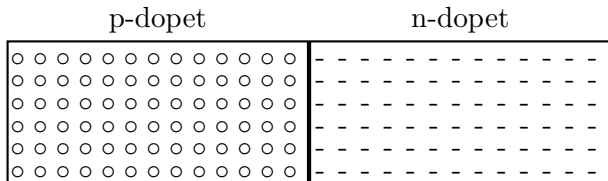
Dioden

Transistoren



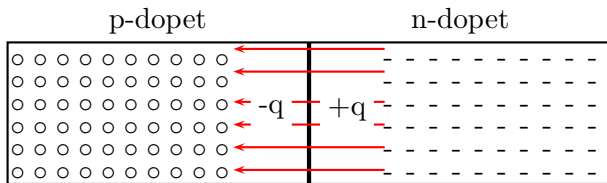
# Diode

- Symbol  *går strømmen i retning*
- En diode leder strøm kun i en retning, (pilens retning).



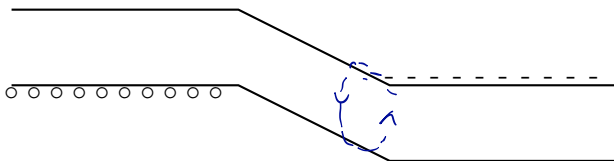
## Diode i likevekt

I en diode i likevekt vil elektroner i leder båndet på n-siden bevege seg over og fylle hullene i p-siden på grunn av energiforskjellen.



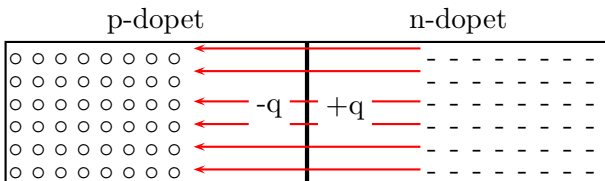
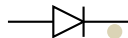
Det fører til netto positiv ladning på n-siden og netto negativ ladning på p-siden og derfor et elektrisk felt.

Feltet forskyver energi nivåene i dioden

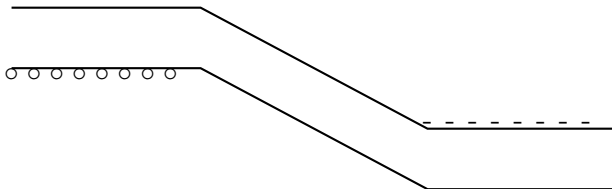


# Spenning mot lederetningen

Hvis spenningen over en diode går imot lederetningen går det lite strøm.

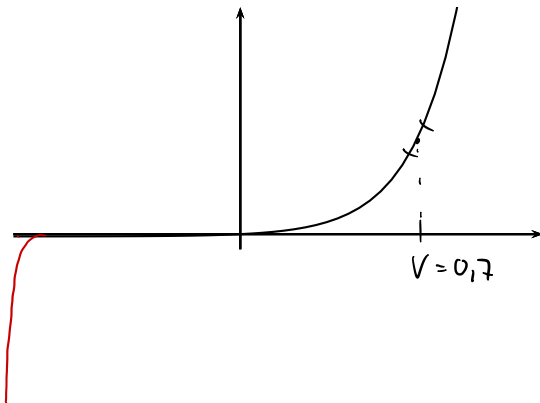


Feltet forskyver energi nivåene i dioden mer. Det går ingen strøm fordi feltet motvirker

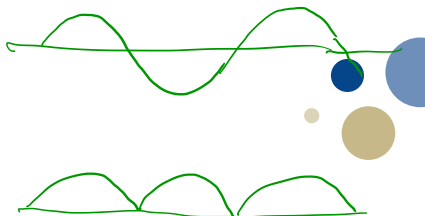
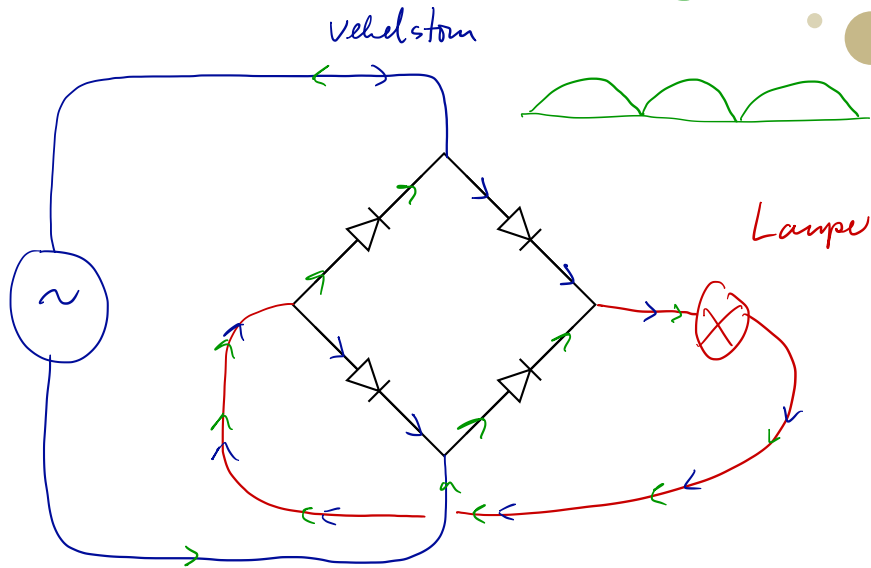


## Formel for strøm gjennom en diode

$$I = I_s \left( \exp \left( \frac{eV_{ab}}{kT} \right) - 1 \right)$$



# Anvendelse likeretter



# Innhold



Kondenserte stoffer

Halvledere

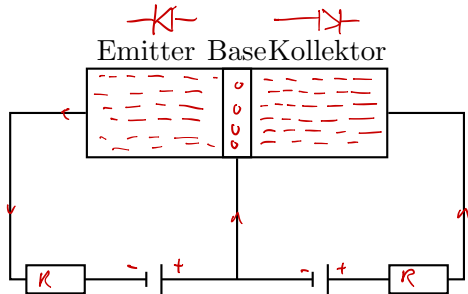
Dioden

Transistoren

# Transistor

Det finnes to hovedtyper transistorer npn og pnp. Basen er tynn og svakt dopet.

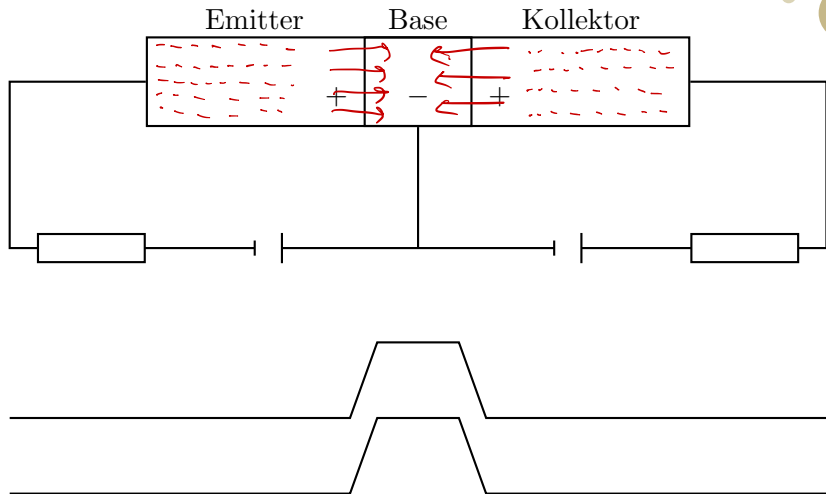
Vi setter inn kollektor strøm



Symboler for transistorer:



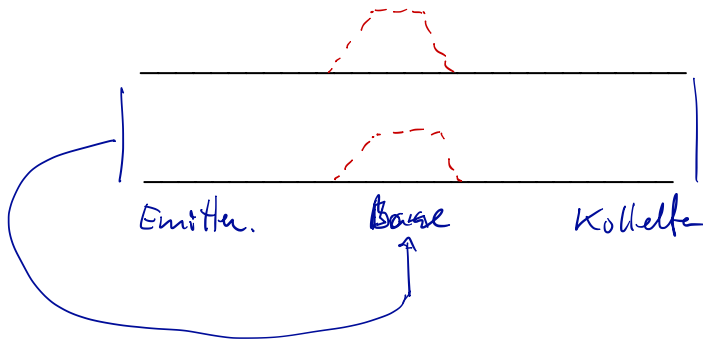
## Virkemåte npn



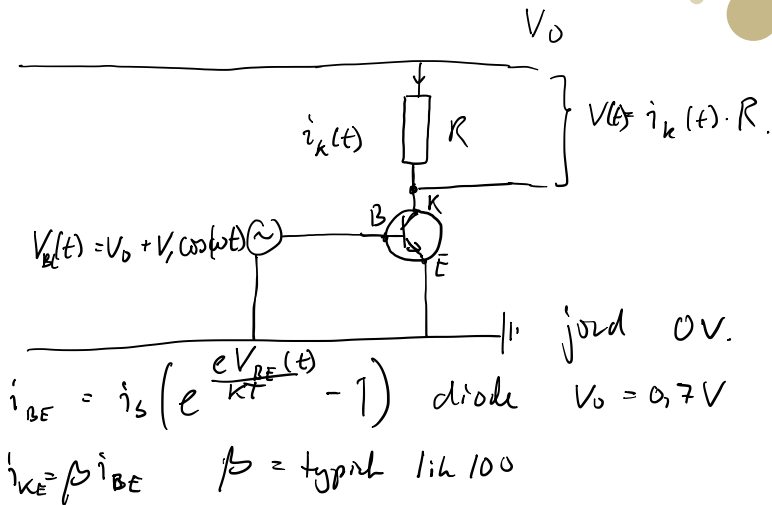
Strøm  $i_k = \alpha i_e$ .  $0.9 \leq \alpha \leq 0.98$



# Virkemåte npn



# Eksempel spenningsforsterker



## Eksempel logisk not and

