

→ Elektrický proud v polovodičích

- polovodíce

→ resistivita (ρ): vodice \ll polovodíce \ll izolanty

→ příklady: Ge, Si, Se, Te, grafit, CdS, PbS, GaAs

→ nízké teploty - blízko absolutní nuly \sim nula K

→ velká resistivita

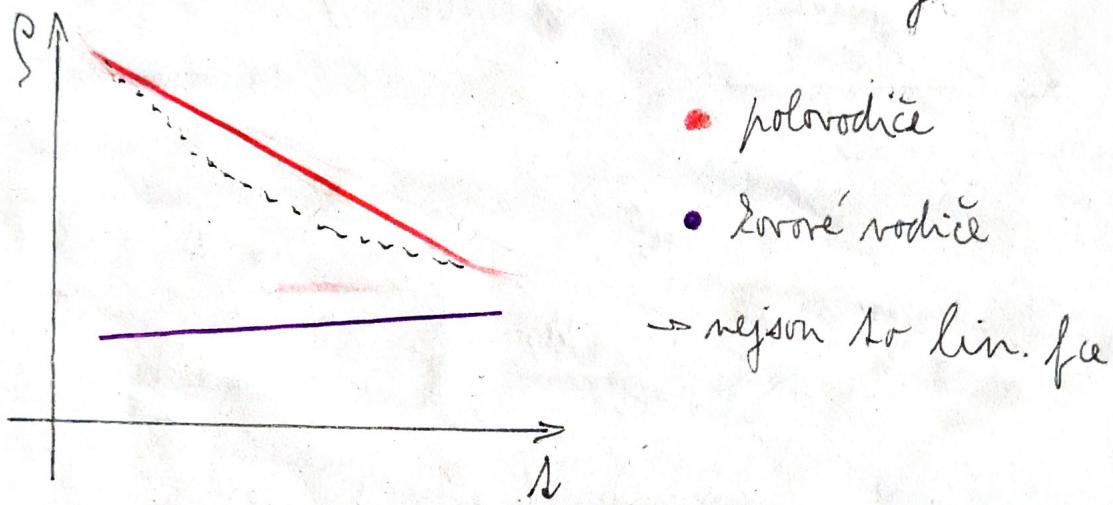
→ vysší teploty + 20°C +

→ emitující fóby částic \Rightarrow vydření elektronů

\Rightarrow volné elektrony v látkě

↳ původní fócie = díra

→ resistivita se zmenšuje



→ Teplotní součinitel elektrického odporu - λ

$$\begin{aligned} &\text{- vodice } \rightarrow \lambda \geq 0 \\ &\text{- polovodíce } \rightarrow \lambda < 0 \end{aligned} \quad \left\{ R = R_1 (1 + \lambda \cdot \Delta T) \right.$$

↳ $|\lambda|$ je malá $\rightarrow \lambda \cdot \Delta T > -1$

↳ rostoucí teplota se zmenšuje R

→ když se hrubí rebernice elektronů
vysoké & tich varech

→ vlákní vodivost polovodičů

- čistý polovodič → 0 přímisy

→ např. monokrystal Si

Si → 14 e⁻ → 10 e⁻ - ferme vázání k jádru

↳ 4 e⁻ - valenční elektrony

→ Emisí (výpadkem) (neplněním) pohybem se valenční e⁻ vyklene z vazeb ⇒ volný e⁻ + tladný ion

generace → vznik páru: volný elektron - díra

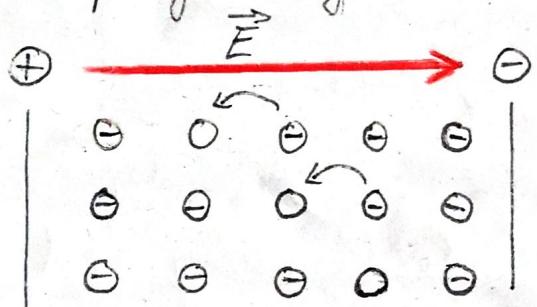
→ jestliže nejde o volný e⁻ díra zaplní

⇒ rekombinace = zánik páru vol. e⁻ - díra

→ pocet volnych e⁻ = pocet dir

⇒ huskota volnych e⁻ = huskota dir

→ pohyb díry



díra má \oplus náboj
→ nečástice je méně
protonů než elektronů

→ e⁻ se pohybují proti směru E

⇒ díry se pohybují po směru E

→ fórg: jen e⁻

→ holovóng: e⁻ + díry

⇒ vlákní polovodič = polovodič bez přímisi

⇒ přímisny polovodič = polovodič s přímisemi

- příměsová vodivost polovodičů
- příměs v polovodiči
- příměs = cizí atom, který nahradí vlastní atom
v krystalové mřížce
- příměs s 5 valencijními elektryny - P, As, Sb

→ $5 e^- \rightarrow 4 e^-$ - vazby se sousedními atomy
↗ $1 e^-$ - "navic"

DONOR

\Rightarrow volný se \Rightarrow volný e^- bez diry

→ převládají volné e^- nad dírami
= elektronová vodivost

→ volné e^- = majoritní nosiče náboje

→ diry = minoritní nosiče náboje

→ polovodič typu N

\Rightarrow atom příměsi se slává kladným iontem

→ příměs se 3 valencijními elektryny - B, Al, Ga, In

→ $3 e^-$ - chybí 1 e^- na navázání vazeb
se sousedními atomy

\Rightarrow převládají diry nad volnými e^-
= dírová vodivost

→ diry = majoritní nosiče náboje

→ volné e^- = minoritní nosiče náboje

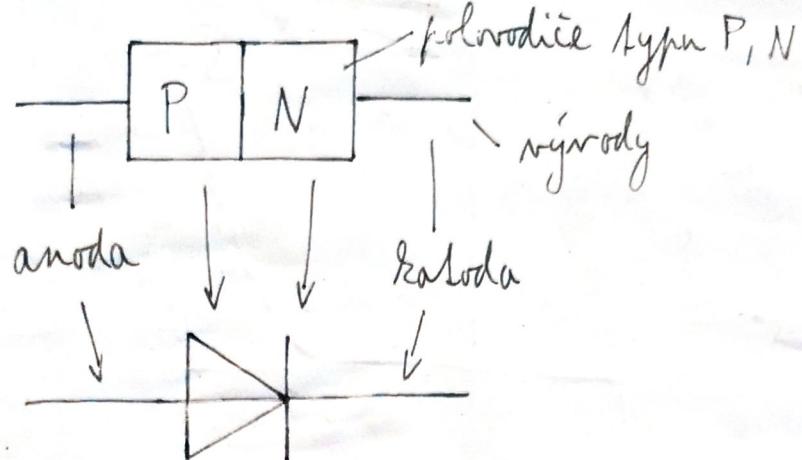
→ polovodič typu P

\Rightarrow atom příměsi se po zplňení diry slává
záporným iontem

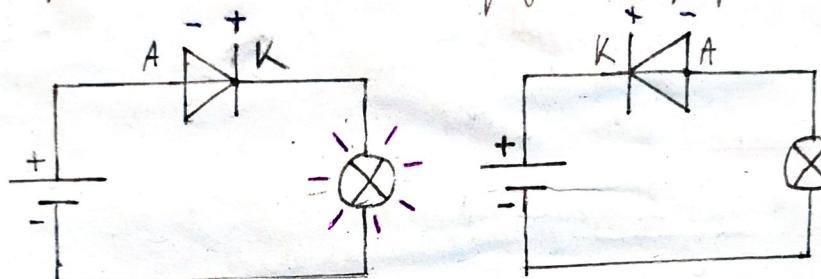
AKCEPTOR

→ polovodičová dioda

→ součástka s 1 PN přechodem a 2 vývody



→ pro polovodičovou diodu neplatí Ohmův zákon
precně → rážení na jejím rafojené do obvodu



→ dioda zapojena v
propustném směru

→ dioda zapojena v
závěrném směru

→ rážení na orientaci napětí zdroje

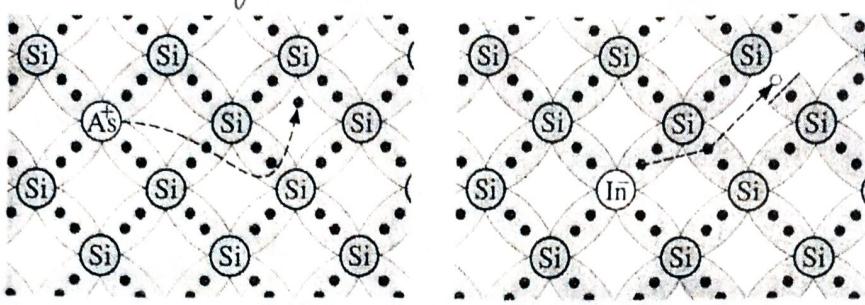
→ přechod PN

- v místě dotyku polovodičů P, N vznikne
hradlová vrstva kde dochází k recombinači
⇒ prostor bez volných nosičů náboje
- okraj hradlové vrstvy v P je obsazen zápornými ionty
- okraj hradlové vrstvy v N je obsazen kladnými ionty
⇒ vznik elektrického pole + napětí
- je-li polarita napětí zdroje opačná než polarita
napětí tohoto pole
⇒ proud prochází
- je-li polarita napětí zdroje stejná jako polarita
napětí tohoto pole
⇒ proud neprochází + roztření hradlové vrstvy

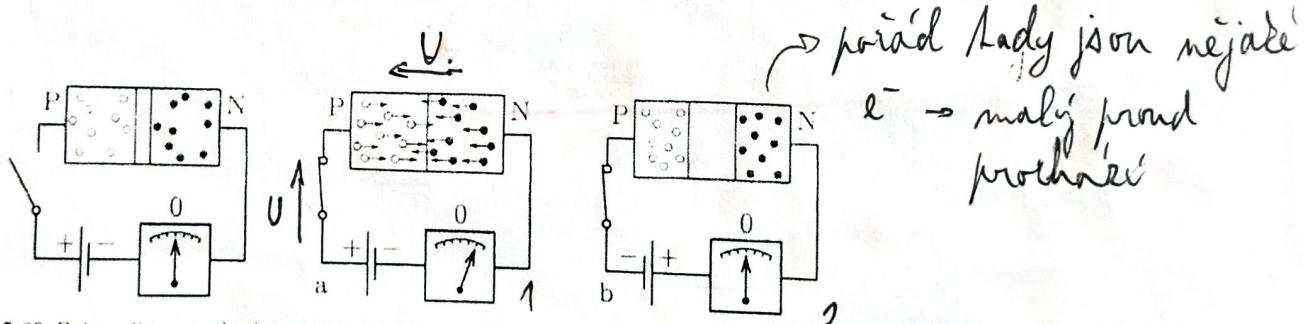
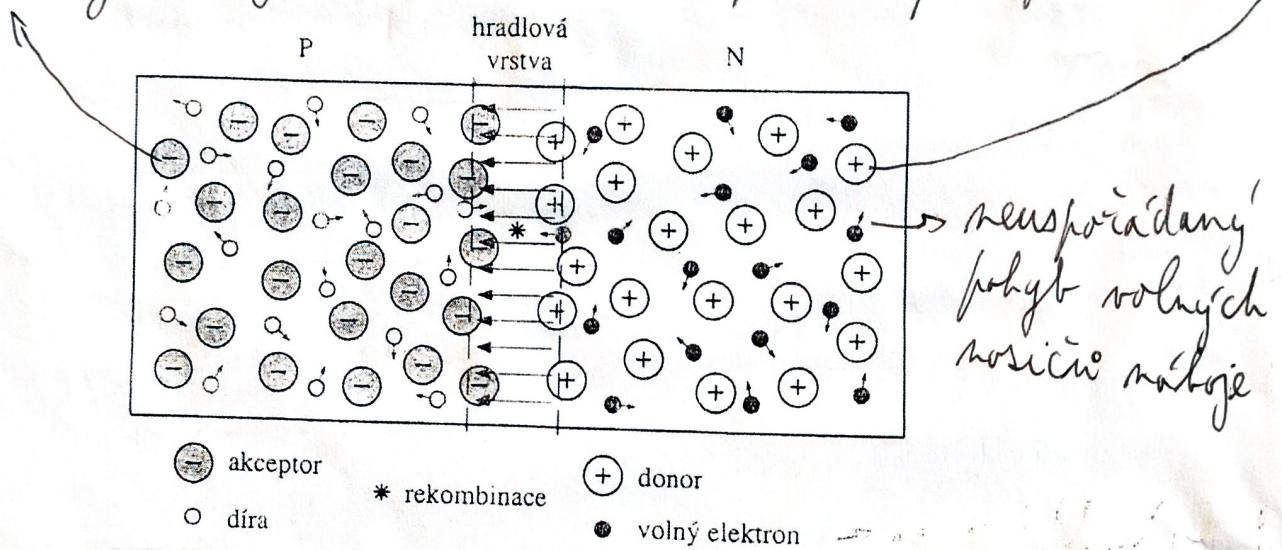
diodový jiv

Položdič typu N

Položdič typu P



- ⊕ iony vezdy k pětivrstvovým atomům přimějí po uvolnění elektron
- ⊖ iony vezdy k trojivrostvovým atomům přimějí po zaplnění díry



5-93 Polovodič s prechodem PN v obvodu stejnosměrného proudu

1: Svorkové napětí přebíje napětí hradlové vrstvy

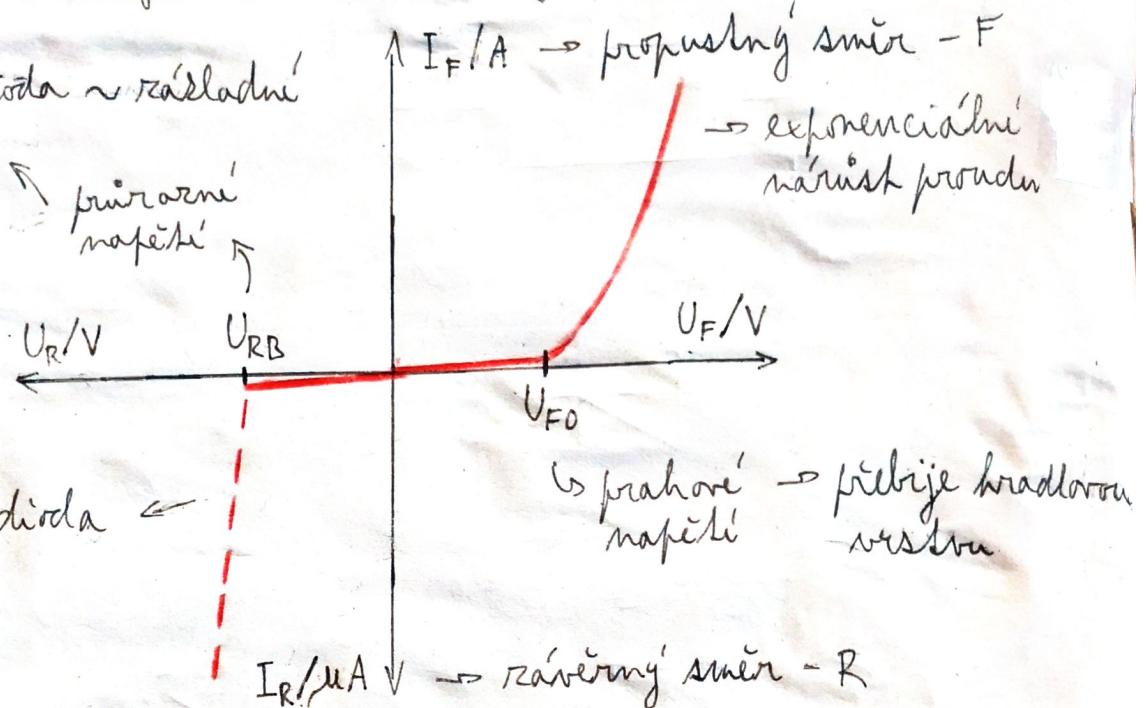
\Rightarrow zrušené pole \Rightarrow volná distribuce dír a volných e^-
 \Rightarrow chování jako normální polovodič

2: Svorkové napětí podporuje napětí hradlové vrstvy
 \Rightarrow posílené pole \Rightarrow volné e^- neprocházejí

→ volt-ampérová charakteristika polovodičové diody

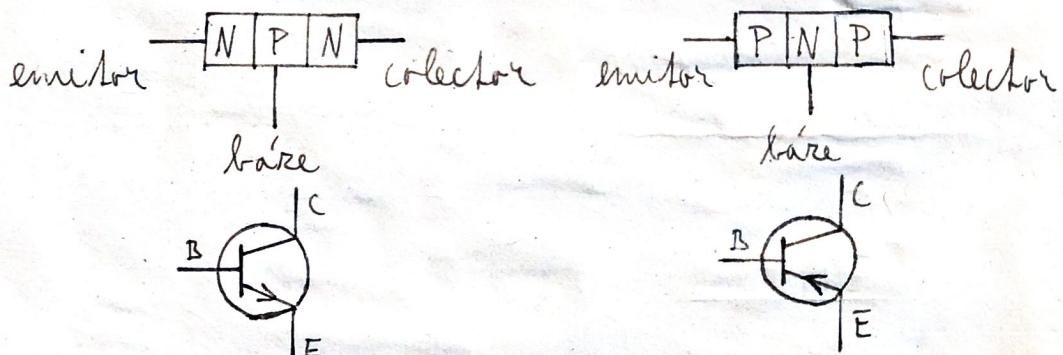
$I = f(U)$ → proud diodou je funkcií napětí na diodě

usmírovací dioda ~ základní
⇒ kmitání



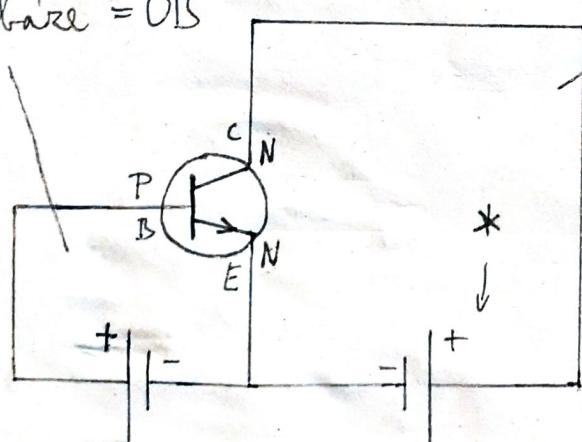
→ tranzistor

→ součástka se 2 PN přechody a 3 vývody



→ zapojení se společným emisorem

obvod báze = OB



collectorový obvod = OC

→ přechod B-E → propustný směr

→ volné e^- pronikají do bárové vrstvy B-E

→ báze je tento

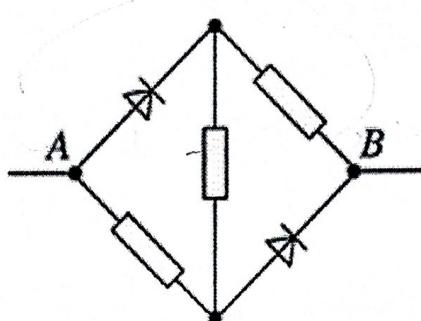
→ C přitahuje volné e^- ze B - chcejí se dostat e^- *

⇒ malým napětím v OB se rovná velký proud v OC

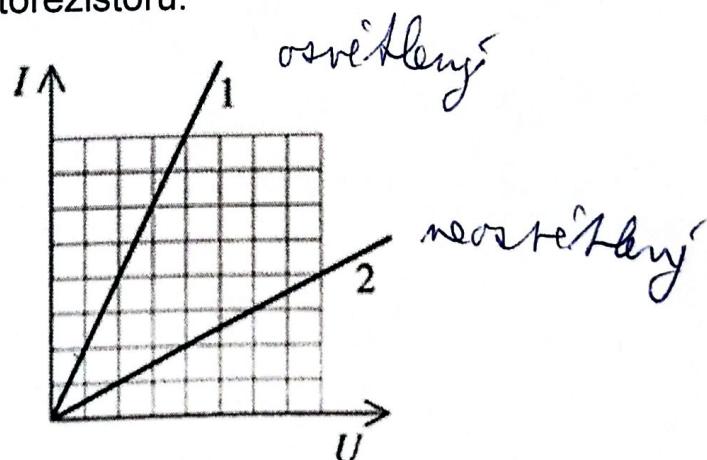
tranzistorový jiv

13 - Elektrický proud v polovodičích

- 1) Termistor má při teplotě 17°C elektrický odpor $1,6 \text{ k}\Omega$, při zvýšení teploty na 25°C se jeho odpor sníží na $1\ 280 \Omega$. Určete teplotní součinitel odporu termistoru v uvedeném teplotním intervalu.
- 2) Teplotní součinitel odporu termistoru je $\alpha = -40 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Jak se musí změnit teplota termistoru, aby se jeho elektrický odpor zmenšil na polovinu?
- 3) Obvod na obrázku je tvořen třemi stejnými rezistory o odporu $1 \text{ k}\Omega$ a dvěma polovodičovými diodami ideálních vlastností (v propustném směru je odpor diody nulový ($R = 0$) a v závěrném směru je odpor nekonečně veliký ($R \rightarrow \infty$)). Určete celkový odpor obvodu, je-li bod A připojen a) ke kladnému pólu zdroje, b) k zápornému pólu zdroje.



- 4) Na obrázku jsou závislosti proudu na napětí (voltampérové charakteristiky) fotorezistoru, naměřené jednak při neosvětleném, jednak při osvětleném fotorezistoru. Která charakteristika odpovídá osvětlenému fotorezistoru? Odpověď zdůvodněte. Určete, kolikrát je odpor osvětleného fotorezistoru menší než odpor neosvětleného fotorezistoru.



ELEKTRICKÝ PROUDE V POLOVODÍCICH

$$\textcircled{1} \quad T_1 = 17^\circ\text{C}$$

$$R_1 = 1600 \Omega$$

$$T_2 = 25^\circ\text{C}$$

$$R_2 = 1280 \Omega$$

$$\underline{\underline{\alpha = ?}}$$

$$R_2 = R_1 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\frac{R_2 - R_1}{R_1 \Delta T} = \alpha$$

$$\alpha = \frac{-320}{1600 \cdot 8} \text{ K}^{-1} = \underline{\underline{-25 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}}}$$

$$\textcircled{2} \quad \alpha = -40 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$R_1 = R$$

$$R_2 = \frac{1}{2} R$$

$$\underline{\underline{\Delta T = ?}}$$

$$R_2 = R_1 (1 + \alpha \Delta T)$$

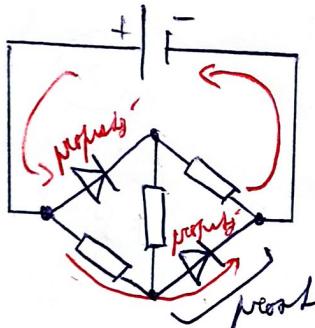
$$\frac{1}{2} R = R (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\frac{1}{2} = 1 + \alpha \Delta T \Rightarrow \Delta T = -\frac{1}{2\alpha}$$

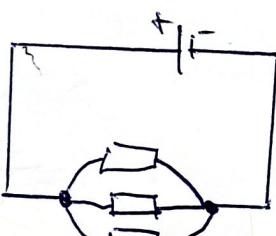
$$\Delta T = -\frac{1}{2 \cdot (-40) \cdot 10^{-3}} \text{ K} = \frac{10^3}{80} \text{ K} = \underline{\underline{12,5 \text{ K}}}$$

$$\textcircled{3} \quad \underline{\underline{R = 18 \Omega}}$$

a)



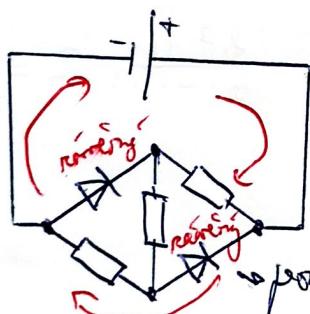
~



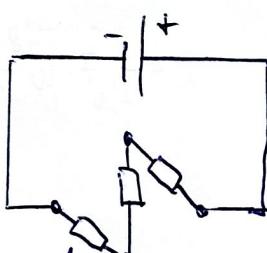
$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{R}$$

$$R_1 = \frac{R}{3} = \underline{\underline{333,3 \Omega}}$$

b)



~



$$R_2 = R + R + R = 3R$$

$$R_2 = 3000 \Omega$$

④ osvětlení \Rightarrow ↑ teplota \Rightarrow ↓ výkon \Rightarrow ↑ proud \Rightarrow ①

$$\frac{R_1}{R_2} = ?$$

$$\left. \begin{array}{l} \textcircled{1}: I = 2U \Rightarrow R_1 = \frac{1}{2} \\ \textcircled{2}: I = \frac{1}{2}U \Rightarrow R_2 = 2 \end{array} \right\} \frac{R_1}{R_2} = \frac{\frac{1}{2}}{2} = \frac{1}{4}$$

$$U = R \cdot I$$

$$I = \frac{1}{R} U$$

\Rightarrow Rovněž je 4krát menší než R neosvětleného.