

Detektory

Základní charakteristiky detektorů

- **Citlivost** = elektrický výstup / optický vstup (udává se v V/W nebo A/W podle typu výstupu) závisí spektrálně, proto je vhodná **spektrální citlivost**

$$C(\lambda) = \frac{U_{\text{vyst}}(\lambda)}{P_{\lambda}(\lambda)\Delta\lambda}$$

- **Kvantový výtěžek** = počet uvolněných elektronů / počet fotonů (alternativa k citlivosti)

- **Časová odezva** (nebo **frekvenční pásmo**)

- **Detektivita (specifická detekční schopnost)**

používá se u detektorů nízkých signálů, často u IR detektorů pro šum daný temnotním signálem

$$D^*(\lambda) = \frac{\sqrt{S\Delta f}}{P_{\lambda}(\lambda)\Delta\lambda} \rho(\lambda)$$

Typy optických detektorů

Tepelné detektory ... přeměna energie optického záření na teplo

Fotoelektrické detektory ... *fotoelektrický jev*

následkem absorpce fotonů dojde ke generaci pohyblivých nosičů náboje umožňujících vznik měřitelného elektrického proudu nebo napětí

- **Fotoemisní detektory** (*vnější fotoelektrický jev*)

- **Polovodičové detektory** (*vnitřní fotoelektrický jev*)

Termální (tepelné) detektory

spektrální citlivost je dána odrazivostí povrchu (ideálně nulová)

problém detekce optického záření se převádí na otázku citlivého měření teploty detekční plochy podle toho různé typy termálních detektorů:

- **Termočlánek** D^* až $10^9 \text{ cm Hz}^{1/2} \text{ W}^{-1}$

sériové řazení termočláneků: **Termosloup**

buď skutečně z drátků, nebo napařené vrstvy

- **Bolometr** (teplotně závislý odpor) klasické D^* až $10^8 \text{ cm Hz}^{1/2} \text{ W}^{-1}$

speciální řešení: **Termistorový b.**, **supravodivý b.**,

uhlíkový b. (pracovní teplota pod 30K), **germaniový b.** (2,2 K)

- **Pyroelektrický detektor** (pyroelektrický jev – na povrchu krystalu se objeví po změně teploty krátkodobě napětí; lepší časová odezva)

speciální materiály: *triglycin síran (TGS)*, *LiTaO₃*

- **Golayova cела**: baňka naplněná plynem – např. Xe, který je v kontaktu s ter- číkem zahřívaným dopadajícím zářením. Změna teploty se převádí na změnu tlaku, který pohybuje lamelou. Tento pohyb se monitoruje buď elektricky (lamela tvoří elektrodu kondenzátoru), nebo citlivěji pomocí optického senzoru.

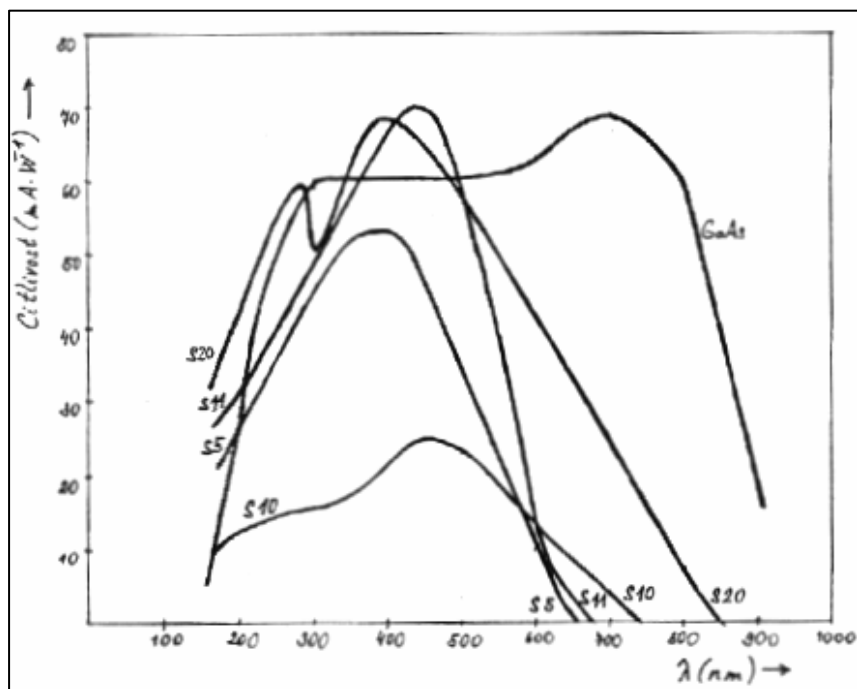
Fotoemisní detektory

vnější fotoelektrický jev (fotoefekt)

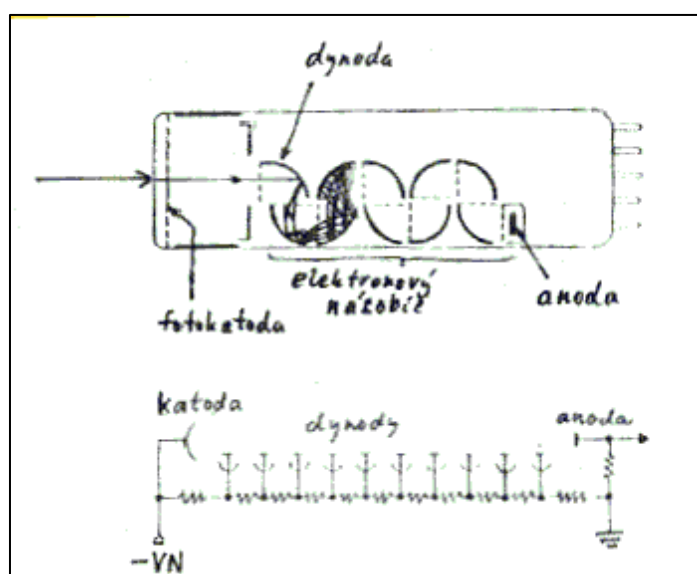
foton předá energii vodivostnímu elektronu v kovu; pokud je vyšší než výstupní práce, může být elektron emitován z povrchu (do vakua)

nejjednodušší verze:

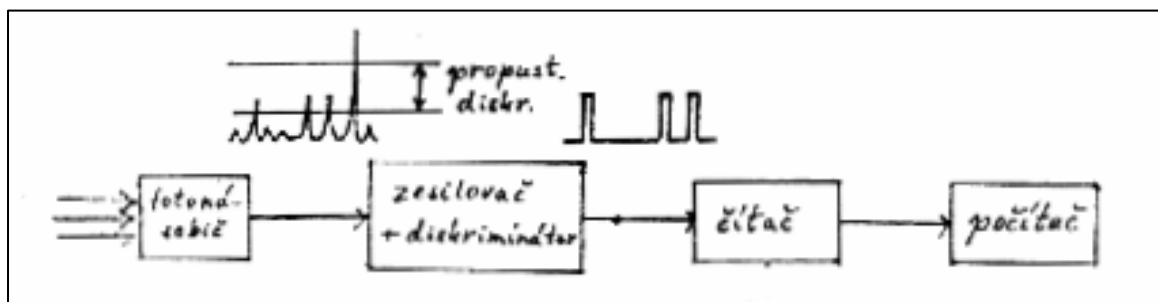
- **Fotonka**: spektrální citlivost závisí na vlastnostech fotokatody



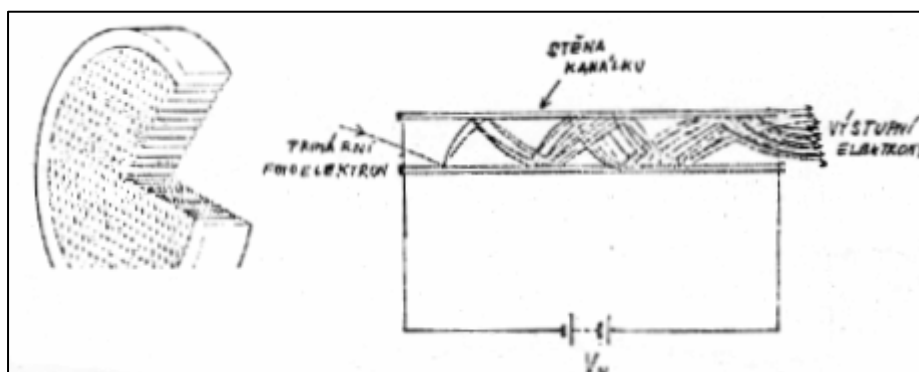
- **Fotonásobič**: Velmi citlivý detektor díky vnitřnímu zesílení signálu sekundární emisí na dalších elektrodách (dynodách).



Nejvyšší citlivost se dosahuje při zpracování výstupního signálu v režimu „čítání fotonů“



Alternativní technické řešení: **Mikrokanálové násobiče**

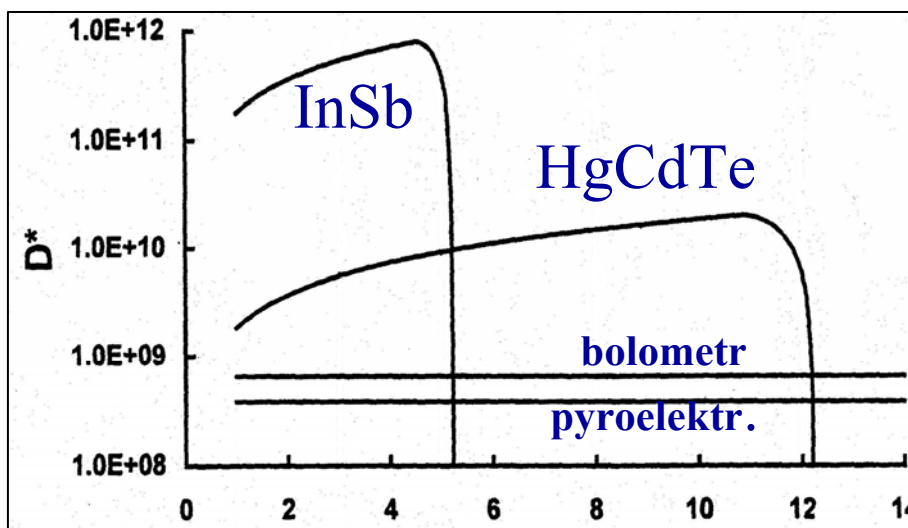


Polovodičové detektory

generace nositelů náboje u homogenního materiálu vede ke zvýšení elektrické vodivosti (**fotovodivost**) u heterogenních struktur (p-n přechody) může vznikat elektromotorické napětí (**fotovoltaický jev**)

Fotorezistor

V ideálním případě je kvantový výtěžek v určité oblasti vlnových délek konstantní, tedy citlivost roste lineárně s vlnovou délkou až po mez danou šířkou zakázaného pásu



Fotodiody: jsou tvořeny p-n přechodem, kde se při absorpci fotonů vytváří pár *elektron-díra*. Detekuje se buď zvýšení proudu při závěrném napětí nebo se fotodioda bere jako napěťový zdroj.

Pro zlepšení detekčních vlastností lze mezi oblast *p* a *n* polovodiče vložit vrstvu vlastního (nedopovaného) polovodiče – označuje se *i* (intrinsic). Odtud název **PIN dioda**.

Konstruuji se též fotodiody s rozhraním kov-polovodič – **Schottkyho diody**

Nové typy polovodičových detektorů:

Detektory na kvantových jámách (QWIP)

Detektory na kvantových tečkách

Multipásmové detektory

Mnohokanálové detektory

Lineárně nebo maticově uspořádané velké množství detektorů využívajících společnou podložku, případně jednu z vrstev polovodiče.

Ve spektroskopii slouží především k zoučasnému snímání celého úseku spektra pomocí spektrografů, případně pro zobrazování (někdy se kombinuje).

Křemíkové mnohokanálové detektory se přímo integrují do kompaktních elektronických obvodů, u jiných materiálů se užívá sendvičové uspořádání, kde se matice detektorů na bázi jiných polovodičů propojuje s křemíkovou deskou obvodů indiovými mikrokontakty.

Technické řešení integrace signálu a odečtu

CCD = Charge Coupled Device (nábojově vázaná struktura)

Pro dosažení nízkého šumu a vysoké detektivity potřebné ve spektroskopii se i pro měření ve Vis a UV oblasti obvykle chladí.