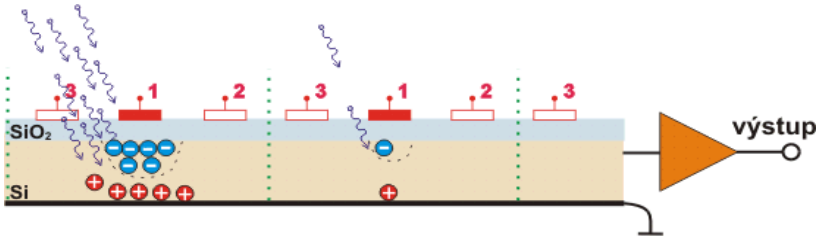
Technologie CCD čipů

Historie

Willard Boyle a George Elwood Smith se v roce 1969 v Bellových laboratořích rozhodli, že zkusí vytvořit nový typ paměťového registru (bez přístupu světla). Načrtli na tabuli několik obrázků, a pak prostě šli do laboratoře první jednoduché CCD zrealizovat. Celá práce jim prý trvala něco málo přes hodinu. V roce 2009 dostali oba vynálezci Nobelovu cenu za fyziku.

Fyzikální princip

CCD (Charged-Coupled Device - v překladu „Nábité vázané prvky“) není nic jiného než posuvný registr vystavený působení světla. Tyto čipy mají schopnost pomocí polovodičů převádět světlo na elektrický signál. Čip se skládá z několika vrstev –mezi nejdůležitější patří polovodičová (Si) a pro elektrony nepropustná (SiO2). Je také tvořen sítí elektrod, které rozdělují čip na menší pole-tzv. nábojové studny – Pixely, které hromadí elektrony. Počet pixelů je jeden z nejdůležitějších informací. Když světelné fotony dopadnou na polovodič, předají energii a z polovodiče se uvolní elektrony, ty jsou však drženy pozitivním nábojem elektrod na jednom místě. Na Obr. 1 můžete vidět, že na pixel vlevo dopadlo více fotonů, a je tedy u jeho elektrody shromážděno více elektronů než u pixelu vpravo. Pokud se na elektrody přivede, v tomto případě trojfázový (existují i dvojfázové nebo čtyřvázové čipy) hodinový signál, elektrony se přelévají z jedné nábojové studny do sousední atd. Ty elektrony, která doputují na okraj pole jsou snímány a předány výstupnímu zesilovači, který je převede do silnějšího elektrického signálu, tedy zpracovatelného dalšími částmi přístroje.



Obr. 1 Přůřez CCD čipem

Rozdělení CCD čipů

Pokud jsou pixely umístěny do jedné řady, mluvíme o tzv. lineárních čipech. Ty se používají např. u čteček čárového kódu - snímá prakticky jen jednorozměrný obraz. Pokud však bude snímat lineární čip řádek po řádku, získáme obraz již dvojrozměrný. Toho to principu se využíva např. ve scanerech, faxech a pod.

Pokud pixely tvoří síť, mluvíme o tzv. maticovém (nebo také plošném) CCD. Ty se využívají ve fotoaparátech a kamerách.

Když je málo světla?

Polovodič jako takový sám uvolňuje elektrony např. za přítomnosti infračerveného světla -tepla. Pokud je nedostatek světla, zesilovač přemění také tyto samovolně uvolněné elektrony (tzv. temný proud) na signál - vznik čtecího šumu.

Slučování pixelů (tzv. binnig) je metoda používaná pro zvýšení citlivosti čipu. Pokud je malé osvětlení, vzniká málo volných elektronů a tím i malý signál. Pro zvýšení signálu se „slijí“ (např.4) pixely do jednoho, což sice zvýší světelnost obrazu, ale sníží rozlišení.

Barevnost snímku

Obecně se pro získání barev používají barevné filtry, které propustí jen určitou část spektra. To však vede vždy ke snížení citlovosti. Omezení QE (viz. dále) je u barevných filtrů z 80 % na asi 25%. Jedna z možností jak vytvořit barevný snímek je mít v kameře (fotoaparátu) čipy tři a mezi každý filtr - červený, zelený a modrý (RGB) dát jeden. Tím získáme tří obrazy, které po zpracování dávají celé spektrum. Druhá možnost je podobná. Můžeme však mít jen jeden CCD čip a v jednom snímku před ním rychle filtry prostřídat. To se všach nedá použít u rychle se pohybujících objektech. Třetí možnost jak docílit barvnosti snímku je dát filtry přímo nad jednotlivé pixely - buď se filtry střídají ve sloupcích, nebo jsou umístěny sachovnicovitě (Obr 3).Výhoda je opět to, že nepotřebujeme čipy tři, ale jen jeden. Nevýhoda je ale v ceně a výrobní chybovosti.

Pozn.: Pokud chceme citlivý barevný CCD čip, nejsou vhodné filtry RGB, jelikož propouští pouze cca 1/3 světla, čímž se citlovost velice sníží. Pro citlivé kamery s nízkým rozlišením se používají filtry CMY- modrozelená (Cyan), fialová (Magenta) a žlutá (Yellow) kombinované ještě s filtry zelenými (Green). Takto vytvořené čipi zachytí až 2/3 přicházejícího světla.
Pozn.: Barevné čipy neumožňují binnig - nemůžeme slévat okolní pixely, jelikož by se barva změnila.
Pozn: QE - kvantová účinnost - je to číslo, které u čipu udává, kolik procent fotonů dopadnuvších na polovodič je převedeno na elektrický signál.

Typů CCD čipů je samozřejmě obrovské množství, též také možností jak zvyšovat citlivost nebo docílit barevnosti. Zde jsem uvedl jen rychlý přehled některých z nich.