

FÉNYKÉPEZÉS FILM NÉLKÜL

Már az ókorban észrevették, hogy ha egy dobozba az egyik lapján fúrt kis lyukon lép be a fény, a szemközti oldalon megjelenik a külső világ fordított állású, kicsinyített képe. Az ilyen dobozt *camera obscurá*nak, sötét-kamrának nevezték. A középkor néhány neves festője az ily módon vetített kép segítségével készítette döbbenetesen élhető tájképeit.

1830 körül fedezte fel *Nièpce* és *Daguerre* a képek kémiai úton való rögzítésének módját. (A pletyka szerint *Nièpce* még a vetített képet sem tudta lerajzolni, ezért inkább kitalált egy kémiai eljárást a kép rögzítésére.) Rájöttek arra, hogy az ezüstösök fényérzékenyek, így felhasználhatóak képalkotásra. Ezüst-jodiddal bekenet lemezen, filmen, papíron képet lehet létrehozni.

Ez a két találmány napjainkig meghatározta a fényképezés technikáját, a modern fényképezőgépek ezeknek az egyszerű elveknek az egyre tökéletesebb gyakorlati megvalósításai voltak.

Körülbelül 180 diadalmas év után most úgy néz ki, hogy a film mint képeket rögzítő eszköz pályafutása lassan véget ér. A filmfelvétőt felváltja a videokamera, a hagyományos fényképezőgép szerepét a digitális gép veszi át.

Az elektronikus fényképezést a félvezetők, az adattárolók és a számítástechnika fejlődése teszi lehetővé. Félvezető lapocskákat, *chip*et használunk arra, hogy érzékelje a fényt, és elektromos jelekké alakítsa. A nagy kapacitású memóriák olcsósága teszi lehetővé, hogy harminchat kép helyett akár százat is tárolhassunk a fényképezőgépben. A képek kezelését, az elektronika összehangolását a gépbe épített kicsiny célszámítógép végzi. Végül a kész felvételeket mindenki letöltheti a saját számítógépébe, és szerkesztheti, kinyomtathatja.

Nézzük részletesen, hogyan is működik a digitális fényképezőgép! A rögzítendő képeket minden eddigi eljárásnál elemekre bontották, és a fekete-fehér képelemek összességéből bontakozott ki a kép. Ha megnézzünk egy hagyományos fényképet, ott például az emulzió szemcséi alkotják a képelemeket. Továbbítás előtt így bontják elemeire például a televíziós kamera által közvetített képet is.

Képelemeket (*picture element*, röviden pixel) állít elő a digitális kamera érzékelője, a CCD is. A CCD egy úgynevezett töltéscsatolt eszköz, az angol *Charge Coupled*

Device kezdőbetűiből álló betűszó. Több millió, négyzet-rácsban elrendezett pixelből áll egy ilyen félvezető lapka.

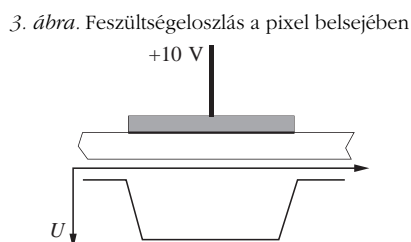
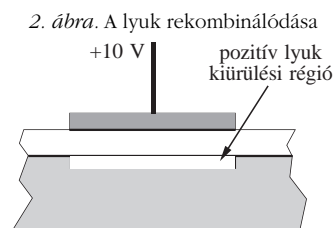
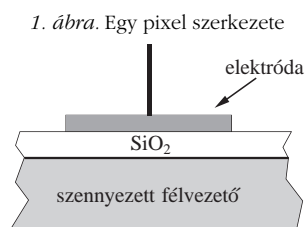
A szilícium kristályrácsa olyan, mint a gyémánté. Az atomok tetraéder alakzatban helyezkednek el a rácsban. Minden atomhoz négy elektron tartozik a külső héjon, és minden atom négy szomszédjával van kötésben. Így alaphelyzetben nincsenek szabad töltéshordozók. Ha három vegyértékű atomokkal szennyezzük a szilíciumot *p*-típusú (a hiányzó elektronokat pozitív töltésnek, úgynevezett „lyukaknak” tekinthetjük), ha öt vegyértékű atomokkal, akkor *n*-típusú (negatív töltéshordozókat, plusz elektronokat tartalmazó) félvezetőt kapunk.

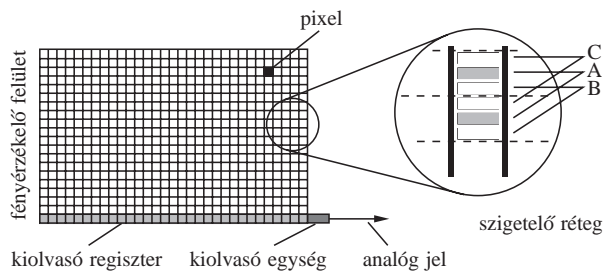
Egy pixel szerkezetét az *1. ábrán* figyelhetjük meg. A *p*-típusú félvezető alapot szilícium-dioxid szigetelőréteg választja el az elektródától.

Ha az elektródára pozitív feszültséget kapcsolunk, akkor vele szemben egy kiürített réteg alakul ki, a pozitív feszültség vonzza az elektronokat, a lyukak így rekombinálnak (*2. ábra*). A feszültség eloszlását a pixel belsejében *3. ábrán* láthatjuk.

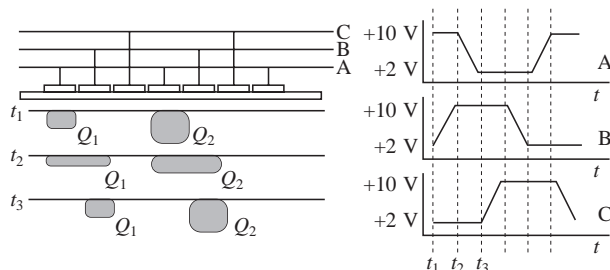
Fény hatására elektronok gyűlnek össze a kiürített rétegben, ezt úgy is képzelhetjük, mintha a harmadik ábrán látható gödörbe estek volna. Az így összegyűjtött elektronok száma arányos a fény erősségével. Ha ezeket az elektronokat megszámláljuk, következtethetünk arra, milyen erős fényhatás érte a pixelt. Ehhez az elektronokat pixelenként „ki kell olvasni” a CCD-ből.

Ezt a kiolvasást a pixelek már említett négyzetrácsos elrendezése teszi lehetővé, amelyet a *4. ábrán* figyelhetünk meg. A fő egység az oszlop. Egy oszlopban egymás alatt három pixel alkot egy csoportot. Induljunk el úgy, hogy minden csoportban az A jelű pixelekre kapcsolunk magasabb feszültséget, hogy fényt tudjanak gyűjteni, a másik kettőre pedig alacsonyabbat, így a keletkező potenciálgát megakadályozza a töltések áramlását. Az expo-





4. ábra. Négyzetácsos elrendezés a tartalom kiolvasásához

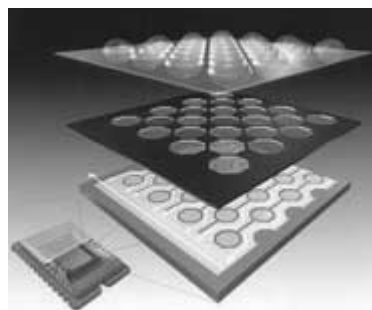


5. ábra. A kiolvasás lépései az idő függvényében

ció után a B jelűekre is pozitív feszültséget kapcsolva a potenciálgödör kiszélesedik, az összegyűjtött elektroncsomag A és B alatt oszlik meg. Ezt nevezzük töltéscsatolásnak. Ha A feszültségét ezután csökkentjük, akkor a töltések B alá kerültek, azaz eggyel lefelé léptettük a pixel tartalmát. Az eljárás lépéseit az 5. ábra szemlélteti. Ezt ismételve, az oszlopok tartalma sorra az alsó, kiolvasó sorba (regiszterbe) kerül, ahonnan ugyanezt az eljárást vízszintes irányban alkalmazva a pixel tartalmát egyesével a kiolvasó egységbe léptetjük. Itt megmérjük a feszültséget, amely arányos a fény erősségével, mely a pixelt érte. A mért érték analóg mennyiség, amelyet a digitálissá átalakítva tárolunk, és az majd számítógéppel dekódolva ismét képpé alakítható.

A leírt eljárás egy adott szín sötét és világos foltjait hozza létre, a felvételnek a 21. században viszont természetesen színesnek kell lennie. Ehhez három különálló képet kell egyszerre létrehozni, egy pirosat, egy zöldet és egy kékkel. Ennek a három színnek a keveredéséből az összes többi létre lehet hozni.

7. ábra. A tükörreflexes digitális fényképezőgépek jelenlegi csúcscépe, mely a professzionális kategóriában az Év fényképezőgépe díj nyertese, érzékelőlapkája 12,4 millió pixellel rendelkezik.



6. ábra. Színszűrők és mikrolencsék a színes képhez és a fényérzékenység növeléséhez

A pixelek fölé színszűrőket helyezve jönnek létre a különböző színű képek. Ezeket a részképeket egyesítve hozzuk létre a színes fényképeket (6. ábra). Az egyes pixelek fölé egy-egy mikrolencsét is elhelyezünk, így is növelhetjük a kamera fényérzékenységét.

Milyen egyéb előnyei vannak a digitális fényképezésnek? A CCD nagyobb frekvenciatarományban érzékeny, mint a film, azaz olyan hullámhosszakat is „láthatunk” vele, amelyeket szabad szemmel nem. (Kísérleti javaslat: szemléljük a televízió távirányítóján lévő kis infralámpát a digitális fényképezőgépen keresztül. Így megnézhetjük a távirányító által kibocsátott „morze”-jeleket. Ezt az érzékenységet használják ki a csillagászati műszerekben arra, hogy a közönséges filmekkel nem érzékelhető hullámtartományokban is készítsenek felvételeket a Világegyetemről.) Ez teszi azt is lehetővé, hogy szürkületben is fényképezhessünk vaku nélkül, mivel a CCD fényérzékenységét elektronikusan is beállíthatjuk.

A digitális fényképezőgépekkel készített képeken az eddigieknél sokkal könnyebben végezhetünk utómunkálatokat, szerkeszthetjük a képeket, változtathatunk a fényviszonyokon. A szerkesztőprogramok segítségével fényképeinket érdekes effektusokkal tehetjük izgalmassá. Lehetnek, akik kifogásolják azt, hogy ezeken a képeken szinte bármit lehet módosítani, több képet egyesíteni, képrészleteket eltüntetni, máshonnan a képre másolni.

Nagy előnye a digitális formában létrehozott képeknek a könnyű továbbíthatóság. Mivel a képeket elektronikus jelek sorozataként tároljuk, átalakítás nélkül lehet őket egymásnak elküldeni. Ebben segítenek a különböző tömörítési eljárások is.

Az elkészült fényképet a gép kis monitorán azonnal láthatjuk, így azonnal megismételhetjük, ha nem sikerült. Ez a lehetőség kísérletezésre is módot ad. Ebben az is segítségünkre lehet, hogy nem kell a filmmel takarékoskodni, ha valami rossz lett, akkor egyszerűen törölhető.

A képeket közvetlenül szemlélhetjük monitoron, tv-készüléken, a jól sikerülteket kinyomtathatjuk a labor munkákat megspórolva. Ez nem mindenki szemében előny, a fotóamatőröknek a laboratóriumi munka örömet okoz, a művészi önkifejezés lehetőségét jelenti, és még sokáig fognak a hivatásos művészek is ragaszkodni a hagyományos fényképezőgépeikhez.

A cikkhez használt ábrákat a Magyar Csillagászati Egyesület honlapjáról (www.mcse.hu/ccd) a szerző, *Fűrész Gábor* szíves engedélyével vettem át.

Ujvári Sándor