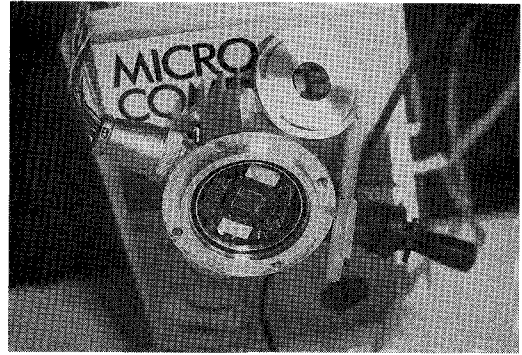


天文観測技術の最前線 (2)

天文学を変えた電子の目 CCD

近年の画像検出器の進展はめざましい。パロマ山の5m望遠鏡が完成した頃はまだ写真しかなかったので、最新の検出器を装着した現在の60cm望遠鏡は当時の5m望遠鏡に匹敵すると言われている。現在では、CCDと大望遠鏡の組合せによって29等の明るさまで検出可能になっている。29等というのは月に置いたローソクの1/40の明るさに相当するというから、その威力には震撼せざるを得ない。CCDの写真乾板に対する優越性は1)量子効率が高い、2)再現性が良い、3)相反則不規則がないの3つに要約できる。量子効率というのは検出器に入射した光子の何%が記録されるかという値である。可視光用のCCDはシリコン半導体による光電変換を利用しており入射した光子の約80%は半導体中で吸収され電子・ホール対を作る。つまり量子効率は約80%である。これに対し写真の量子効率は約1%である。CCDの量子効率は画素によって若干異なり感度ムラを有することになるが、各画素の量子効率は光量や時間に関係なく不変なので、人工光による測定・補正が可能である。上述の29等の検出は感度ムラの補正を完璧に行い夜空の明るさを0.03%の精度で測ることによりなし得た快挙である。写真乾板の場合、非常な低照度になるといくら露光時間を長くしてもちっとも感光しないという現象がある。これを相反則不規則と呼ぶ。光電変換にはこうしたことがないので、どんなに低照度の対象であっても十分な露光時間をかけさえすれば検知することができる。CCDはシリコン半導体の上に画素数と同じ数だけ電極板を置いた構造をしている。電極板には+の電圧を印加しておく。各電極板は電子に対して引力をもつことになる。シリコン半導体に入射した光子は電子・ホール対を作るが、このとき発生した電子は最寄りの電極板に引かれてその直下に集まる。ホールは電極板によって半導体の外に押し出される。このように電極板一枚が一つの画素を作る。シリコン半導体中にわざわざ数層を作る必要はない。電子を運び出すために、各々の電極板は実際にはA, B, Cの3片に分割されている。画素1を構成する電極板を1A, 1B, 1C、隣接する画素2を構成する電極板を2A, 2B, 2Cとしよう。まず、1A=0V, 1B=10



(冷却容器に収められた 1024×1024 CCD)

V, 1C=2A=0V, 2B=10V, 2C=0Vとなるように各電極板に電圧を印加する。すると電子は1Bと2Bの直下に集まる。次に1A=0V, 1B=1C=10V, 2A=0V, 2B=2C=10Vとすると、今度は電子は1B, 1Cと2B, 2Cの下に広がる。最後に1A=1B=0V, 1C=10V, 2A=2B=0V, 2C=10Vとする。電子は再び1Cと2Cの直下に集まる。ここで1B直下の電子が1Cへ移ったことに注目してほしい。この操作を3回行えば1Bの電子を2Bまで移動させることができる。このような電荷転送法をCCD転送という。CCDの場合、最終段の画素が読出しアンプにつながっている。重要なのは最終段の画素のみがアンプと電気的につながっているという点である。このためアンプの入力迷容量は小さく低雑音となる。CCDと同じくシリコン半導体の光電変換を利用したものにフォトダイオードアレイがあるが、出力アンプと全画素が電線で結ばれておりその迷容量は莫大である。もちろんアンプの雑音は必然的に大きくなってしまふ。また、多画素になると電線の数が増えて素子表面の大部分をおおってしまう。このため感光部の面積が狭められ実効的な感度低下をもたらす。CCDでは電線を数本しか必要としないのでこのようなことはない。従って多画素化の場合有利である。

川上 肇 (国立天文台)

× × ×  
× ×

平成2年1月20日	発行人	〒181 東京都三鷹市国立天文台内	社団法人 日本天文学会
印刷発行	印刷所	〒162 東京都新宿区早稲田鶴巻町 565-12	啓文堂 松本印刷
定価 470円	発行所	〒181 東京都三鷹市国立天文台内	社団法人 日本天文学会
(本体 457円)	電話	(0422) 31-1359	振替口座 東京 6-13595