

天文観測技術の最前線 (9)

アレイ型 (1次元2次元) 赤外線センサー

赤外線はその名のように赤色 (波長 0.7ミクロン) よりも長い電磁波であり眼には感じないが、肌には“暖かさ”として感ずる。波長をエネルギーに換算 ( $E=hc/\lambda$ ) すると 1eV より小さくなる。したがって、それを検知 (センス) するにはそれに対応するエネルギー差をもつ物理化学変化を利用する。大別して熱変化を使うものと量子 (光電) 効果を使うものとに大別できる。天文観測に使うような高感度のものは後者 (Photo Voltaic) で、半導体の PN 接合のエネルギーバンドギャップに対応するフォトンが接合面にあたると電子とホール (少数キャリア) が発生し、それらが自らのエネルギーを下げようとして接合部を通過し電流 (信号) となる (太陽電池と同じ)。赤外線でも波長 10ミクロンを越えるとまだ Photo Voltaic 型はできていない。赤外線が電子とホールを励起することによって単に伝導度を変化させて、その電圧を取り出す (Photo Conductive 型)。

センサーの物質としては近赤外で Ge, HgCdTe, InSb, 中間赤外で Si:Ga, Si:As, 遠赤外で Ge:Ga といったところが代表的である。これらの材料物質を基に結晶成長, ドーピング, 電極形成, 配線の作業を経てセンサーとなる。

たくさんの数のセンサー素子 (エレメント, ピクセルともいう) を直線あるいは面にわたって配置したアレイが作られ、一度に多くの情報を得ることができるようになりつつある。このようなアレイ型センサーは光の波長域では CCD と呼ばれてすっかり民生用に溶け込んでいる。光の波長域ではセンサーと読みだし回路がともに Si のモノリシック構造になるが、赤外は読みだし回路の方は今の所やはりシリコンを使わざるを得ず、したがってセンサー部と読みだし部を別々に作って後でくっつける (パンプ) というハイブリッド技術が主流になっている。こうして天文用には HgCdTe や InSb の 2次元アレイ (256×256 素子) ができている。読みだしの回路は各素子毎に、簡単な積分とアドレス選択スイッチからなる MOS の回路がついている。DRO (Direct Read Out) 方式と呼ばれて、これが現在最も使われている。

ここ 5年間の赤外線センサーのアレイ化は赤外線天文学に革命をもたらした。それはふたつの要素からなる。光では 2次元センサーが実用化する以前にも写真という 2次元センサーがあったが、赤外では全くはじめて絵としてみることができるようになったこと、そして飛躍的に感度が向上したこと、である。この感度の向上は赤外線観測の実際を知らないとなかなか実感しがたいが、つまりは多数の小素子の集合になり、天体の信号が膨大な前景の赤外放射放射から免れることが可能になったためである。

アレイ型センサーの性能としては、1)量子効率、2)暗電流、3)フィリング因子 (幾何学的面積)、4)読みだし雑音、それに 5)素子数が挙げられよう。

1と2は単素子でもよいセンサーであること、3, 4, 5はアレイ化によるメリットとデメリットである。赤外は広い波長帯にわたっているので、どの素子がよいか一概にはいえないが、近赤外では InSb と HgCdTe で 256×256 のものが現在最大かつ最高性能である。10ミクロン帯では Si:Ga の 58×62 の素子ができている。いずれ

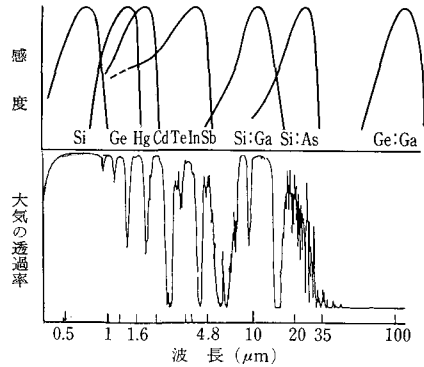


図1 現在使われている代表的なセンサーとその動作波長域。下図は対応する大気の“窓”である。

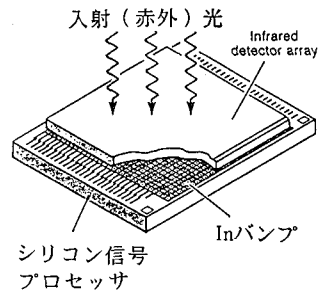


図2 アレイ赤外線センサーの構造。センサー部と読みだし部 (プロセッサ) が別々に作られ、あとでインジウムで“結合” (パンプ) される。

もアメリカシリコンバレーのもので、ヨーロッパでもフィリップス等で高感度のものが開発されつつある。誇るべきわが国のシリコンテクノロジーも残念ながら赤外域になると途端に元気がなくなる。

我が国では 1988 年に郵政省通信総合研究所 (小金井) で HgCdTe の当時世界最高の素子数であった 128×128 素子 (Rockwell) の赤外カメラを導入開発した。晴れた夜には銀河や彗星のきれいな絵を写している。国立天文台ではここ 2年 PtSi (白金シリサイド) の 512×512 を開発しつつある。これは、ショットキー障壁型ダイオードで基本的にシリコン基板からなるため容易に大素子数のものができ、感度の一様性がよい。半面ショットキーのために量子効率が本質的に小さい。背景放射が大きく広い視野を要する主焦点カメラ用に適している。昨年 12月に、オリオンの赤外写真を撮るまでになった。もう一息で天文観測への応用が可能であろう。

一方、リニア (1次元) アレイは読みだしの負担が小さいため、基本的にはセンサー部の製作で済む。分光器用にカスタム設計された 1次元 ( $n \times 2$  列:  $n=31, 64, 128, 256, 512, \dots$ ) アレイはわが国の当面の開発に適しているように思われる。すでに浜松ホトニクスでユニークな InSb 1次元アレイが作られ天文に応用されて実績を挙げている。佐藤修二 (国立天文台)

平成 2 年 8 月 20 日 印刷発行 定価 470 円 (本体 457 円) 発行人 〒181 東京都三鷹市国立天文台内 印刷所 〒162 東京都新宿区早稲田鶴巻町 565-12 発行所 〒181 東京都三鷹市国立天文台内 電話 (0422) 31-1359 社団法人 日本天文学会 啓文堂 松本印刷 社団法人 日本天文学会 振替口座 東京 6-13595