

## 最近の技術から

### 赤外アレイディテクタ

瀧川 宏

(株)富士通研究所 〒243-101 厚木市森の里若宮 10-1

#### 1. まえがき

物体からその温度に応じて放射されている波長数  $\mu\text{m}$  以上の赤外線を検知し二次元の温度パターン像として実時間表示できる装置は、FLIR (forward looking infrared system) と呼ばれ、HgCdTe アレイディテクタの開発によって実用化された。最近では HgCdTe 結晶の高品質化・大型化が進み、超多素子アレイや二次元アレイが実現できる赤外電荷結合デバイス (infrared charge-coupled device : IRCCD) の開発が活発に行なわれている。HgCdTe アレイディクタのなかで、実用化段階にある光伝導型一次元アレイと開発の進んでいるハイブリッド型 IRCCD について紹介する。

#### 2. HgCdTe 光伝導型一次元アレイ

撮像対象物が 300°C 以上の高温のときは 3~5  $\mu\text{m}$  帯用、室温のときは 8~12  $\mu\text{m}$  帯用ディテクタが適している。この二つの波長域は大気の透過率が高く、“大気の窓”と呼ばれている。HgCdTe は混晶であり、 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  と表記される II-VI 族化合物半導体である。X 値を変えることにより直接遷移型禁制帯幅を 0~1.6 eV の範囲で変えることができ、3~5  $\mu\text{m}$  帯用には  $X=0.28$ 、8~12  $\mu\text{m}$  帯用には  $X=0.21$  の結晶が用いられる。

光伝導型ディテクタは、図 1 に示したように構造が簡単であり、最も早く実用化された一次元アレイである。180 素子までのディテクタが開発されている<sup>1,2)</sup>。10  $\mu\text{m}$  帯用アレイは、循環式冷却器等で 80 K 付近に冷却されて動作するため、ディテクタの容器は魔法瓶構造をしている。各素子ごとに 1 本ずつ容器から信号取出しのための配線が必要なため、200 素子以上の多素子化は困難である。3~5  $\mu\text{m}$  帯用アレイについては、200 K 付近まで冷却できる電子冷却器も使用されている。電子冷却型一次元アレイを用いた実時間表示の赤外撮像装置<sup>3)</sup>は運転コストや操作性の点で優れているため、今後いっそう多くの分野での応用が期待されている。表 1 に HgCd-

Te 一次元アレイの諸特性例を示した。ここで、 $D^*_{\lambda P}$  は比検出能であり、規格化された信号/雑音比を表わし、 $R_{\lambda P}$  は感度を表す。1/f 雜音の低減が進み、素子を 80 K 付近まで冷却すると、背景からの入射光による雑音で制限される理論的な性能上限値である BLIP (background-limited infrared detector's performance) に近い  $D^*_{\lambda P}$  が得られる。10  $\mu\text{m}$  帯用一次元アレイを用いた FLIR では、0.1 K 程度の温度分解能が得られている。

さらに高い  $D^*_{\lambda P}$  を得るため、素子内で信号処理を行なう SPRITE (signal processing in the element) も開発されている<sup>4)</sup>。棒状の HgCdTe 素子にバイアス電圧を印加し、赤外線によって素子内に励起された過剰の少数キャリアである正孔を電界によって一定の速度で走行させる。この速度に合わせて光学系の機械的な走査で検知素子面上の実像を移動させると、発生した少数キャリアは互いに加算される。この TDI (time-delay and integration : 時間遅延積分) 効果によって、通常の光伝導型検知素子に比べて数倍高い  $D^*_{\lambda P}$  が得られている。過剰少数キャリアの分布は、キャリアの再結合や熱拡散によって変わるので、積分時間が長くなるとディテクタの MTF (modulation of transfer function) が低下する。開発されている素子数は 8~24 素子である。欧州では SPRITE を使った FLIR が実用化されている。

#### 3. IRCCD

IRCCD ではディテクタ内で各素子からの信号電荷を走査し時分割多重化 (multiplexing) や TDI 等の信号処理を行なうことにより、信号取出し線を増やすことなく素子数が増やせる。図 2 に示したような HgCdTe の PV (photovoltaic : 光起電力型) アレイディテクタと Si-CCD を組み合わせたハイブリッド型 IRCCD が代表的な方式である。電気的な結合は In バンプによって行なわれている。赤外線は PV アレイの結晶の裏面から入射される。裏面入射が容易なように赤外線が透過する CdTe を基板とした HgCdTe 液相エピタキシャルウェーハが使用されている。3~5  $\mu\text{m}$  帯用については、国内に

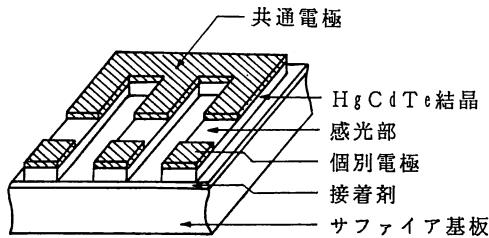


図1 HgCdTe光伝導型一次元アレイの構造

表1 HgCdTe光伝導型一次元アレイの特性

検知器の種類	3~5 μm帯用	10 μm 帯用
素子温度 (K)	220	80
ピーク波長 (μm)	5	11.5
素子数	16	100
素子サイズ (μm)	50×50	50×50
素子ピッチ (μm)	100	100
素子抵抗 (Ω)	200	50
バイアス電流 (mA)	0.3	3
測定周波数 (kHz)	1	1
$D^*_{\lambda_P}$ (cm $\sqrt{\text{Hz/W}}$ )	$5 \times 10^{10}$	$5 \times 10^{10}$
$R_{\lambda_P}$ (V/W)	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^5$
時定数 (μs)	<2	<1

おいても既に  $64 \times 64$  素子の二次元アレイが報告されている<sup>5)</sup>。現在では 10 μm 帯用 IRCCD が主に研究されているが、PV センサーのゼロバイアス・インピーダンスが 3~5 μm 帯用の場合に比べ 4 枝以上低くなるので、信号電荷の Si-CCD への注入効率が低下し、暗電流の流入が増加するという問題がある。一次元アレイについては、100 素子の 10 μm 帯用 IRCCD が報告されている<sup>6)</sup>が、TDI を行なうため複数本の一次元アレイを平行に並べた IRCCD を開発する方向に進むであろう。また、入射フォトン数が 3~5 μm 帯用の場合に比べ 30 倍

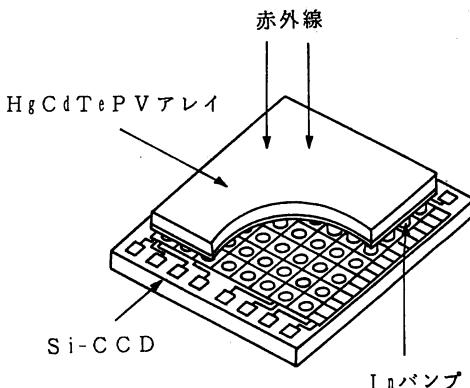


図2 ハイブリッド型IRCCDの構造

増えるので、二次元アレイについては、電荷の転送容量に制限がある CCD では信号を処理しきれないため、MOSFET のスイッチング・アレイを用いたラインアドレス方式等が検討されている。

## 文 献

- 1) M. Ito, H. Takigawa and R. Ueda: "HgCdTe photoconductive detector array," IEEE Trans. Electron Devices, ED-27 (1980) 150-154.
- 2) S. Nomura, J. Goto and H. Takigawa: "Multi-element HgCdTe infrared detectors," Denshi Tokyo, No. 24 (1985) 92-94.
- 3) M. Nakamura, Y. Yoshida, H. Ishizaki and K. Murase: "Parallel-scan thermal imager with a thermoelectrically cooled multielement detector," Proc. Soc. Photo-Opt. Inst. Eng., 540 (1985) 179-186.
- 4) C. T. Elliot: "New detector for thermal imaging systems," Electron. Lett., 17 (1981) 312-313.
- 5) 角田令吉, 菅野俊雄, 伊藤雄一郎, 石崎洋之, 谷川邦広: "3~5 μm 帯  $64 \times 64$  画素 HgCdTe IRCCD", テレビジョン学会技術報告, 10 (1987) 1-6.
- 6) 谷川邦広, 宮本義博: "10 μm 帯走査型 IRCCD", 電気学会光応用・視覚研究会資料, LAV-87-6 (1987) 11-18.

(1988年10月4日受理)