

計測情報処理論

撮像系入門

光を電気信号に変える

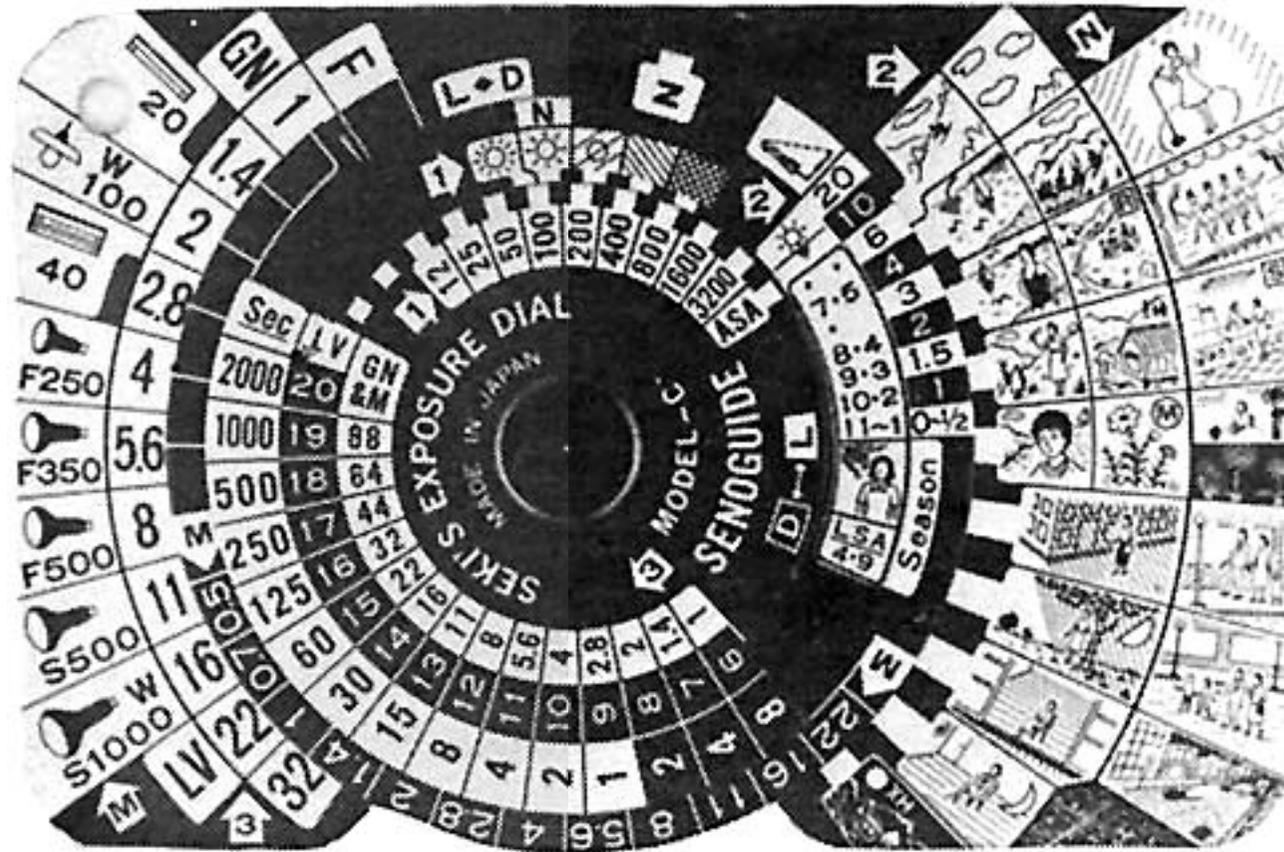
- 光の量を測る
 - カメラの露出計に使われてきた
(人間は環境の絶対的な明度が分かりにくい)



ライカMCメーター

それまでは・・・

- カンと経験に頼っていた



セノガイド

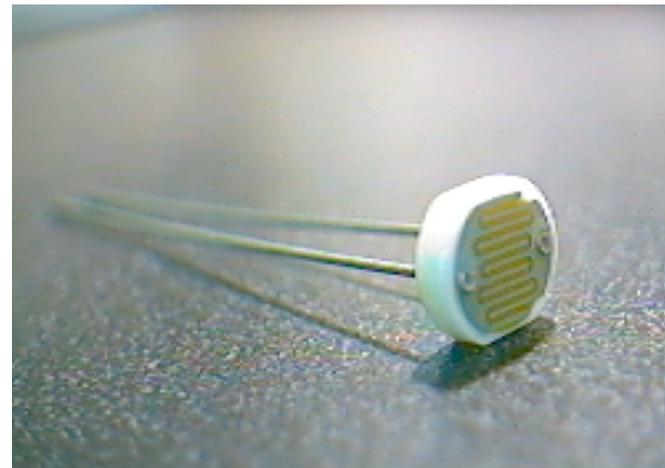
光の量を測る素子

- 光エネルギーを電気エネルギーに変える
 - フォトダイオード
 - 太陽電池(実はフォトダイオードの一種)
- 光の強さによって抵抗値を変える
 - CdS(硫化カドミウム)セル
 - 光電管(Photo tube)
- 光エネルギー→変位, 速度, etc..
 - 非常に困難

CdSセル(1)

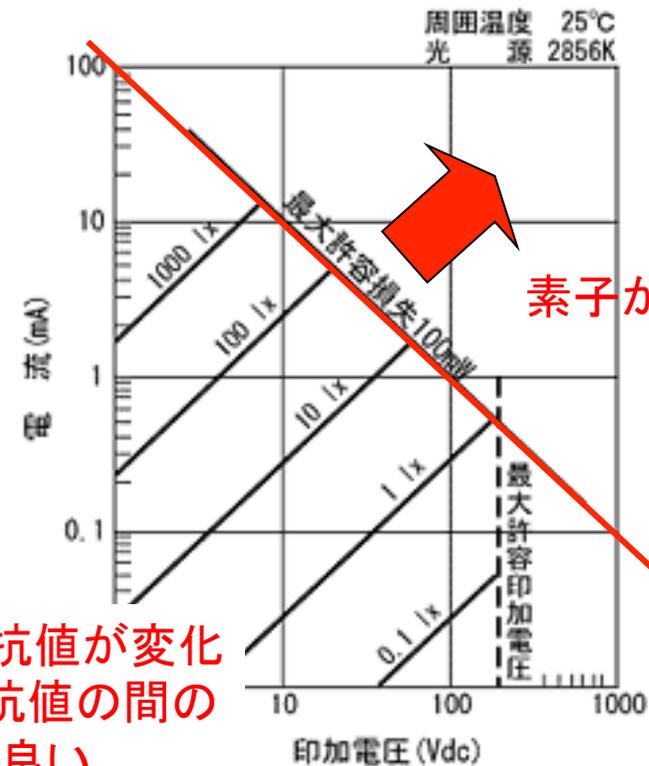
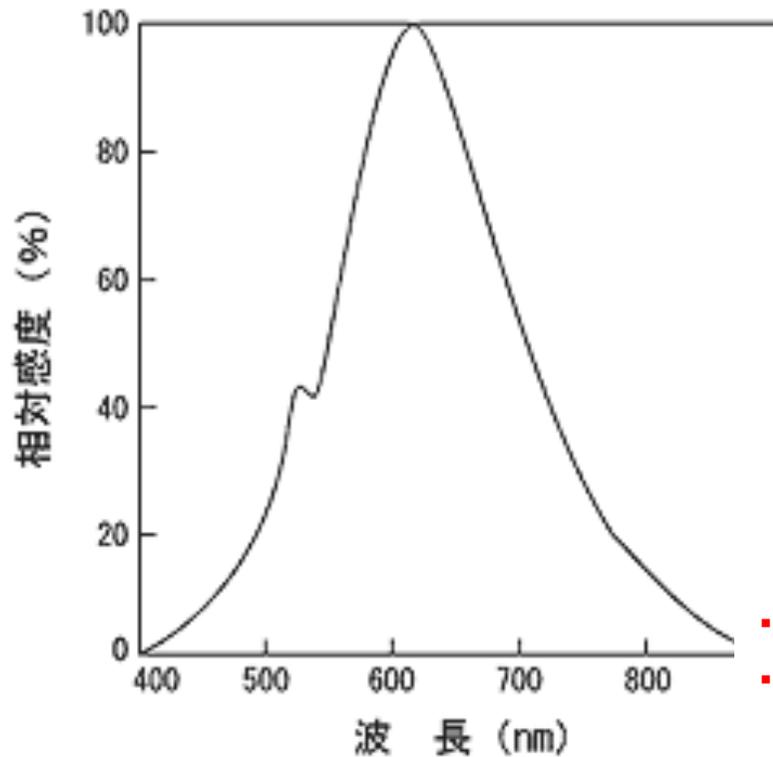
- 硫化カドミウム(化合物半導体)が光によって抵抗値を変化させる性質を用いた光センサ
 - 光が当たることで化合物半導体内部に自由電子が発生し, 電流が流れやすくなる.
 - 光量変化による抵抗変化が大きい
 - 変化追従は遅い
 - 安価

撮像素子には
利用不可能



CdSセル(2)

- 電極間に CdS を蛇行
- 幅を広く, 距離を短く

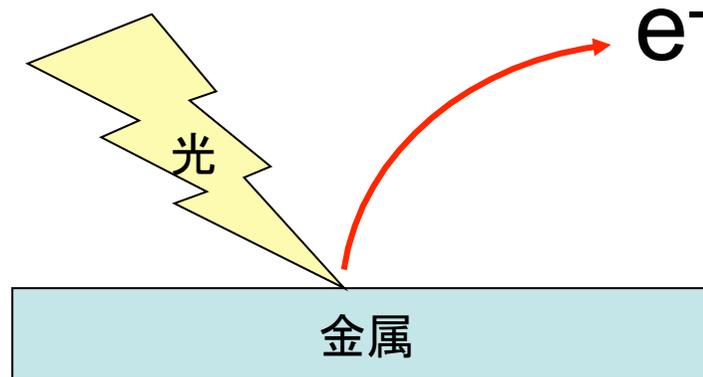


- 光量で抵抗値が変化
- 光量と抵抗値の間の線形性が良い

光電管(1)

- 光電効果

- 金属に光子を当てると電子が弾き飛ばされる現象



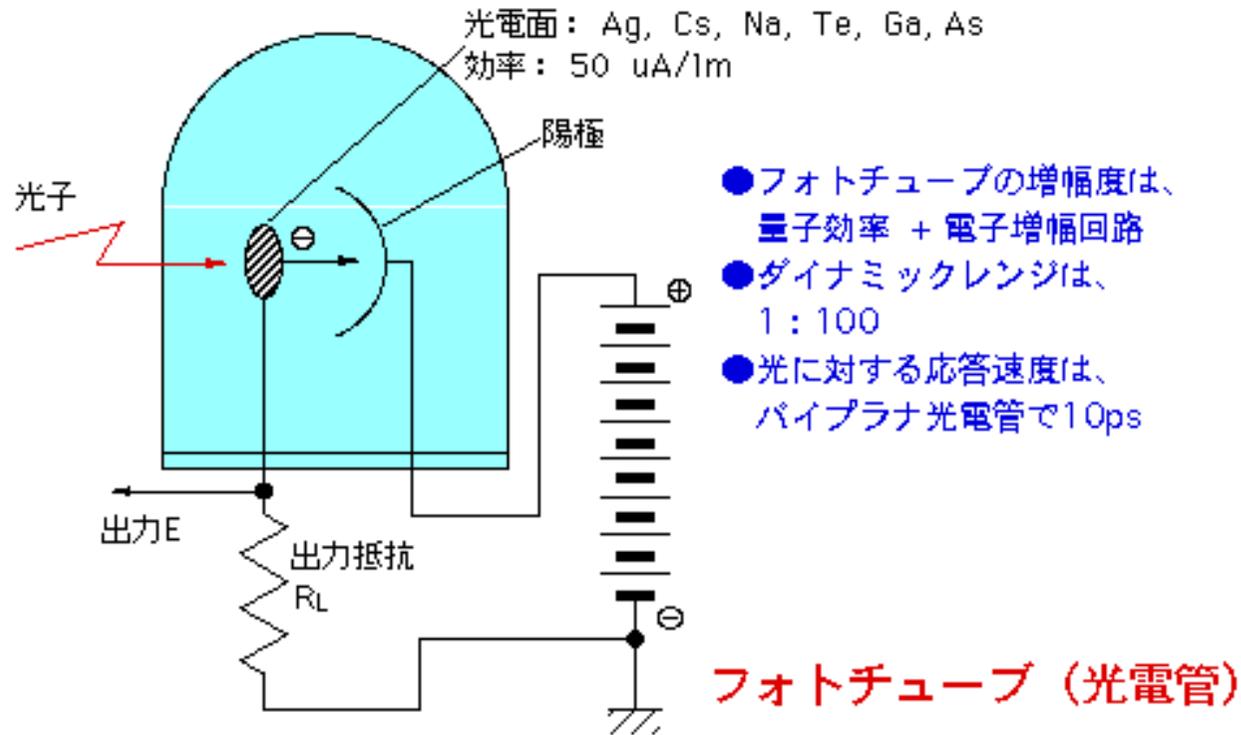
- 光電効果の性質

- 入射光の振動数が一定以下(波長が一定以上)では電子が放出されない

- 電子の個数は光の強度に比例

光電管(2)

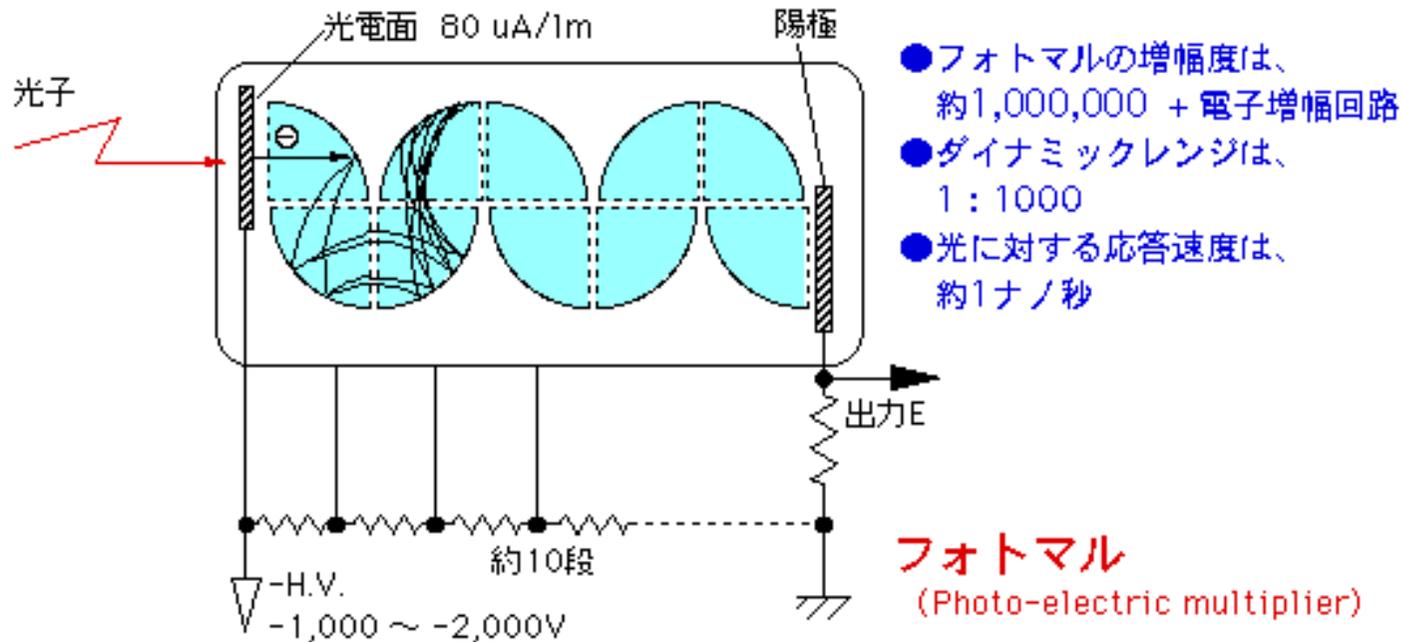
- 飛び出した電子を捕まえるには



- 電圧をかけて電子を引き寄せる
- 電圧を上げると応答速度が速くなる

光電管(3)

- 感度を上げる方法
(光電子増倍管, フォトマル)

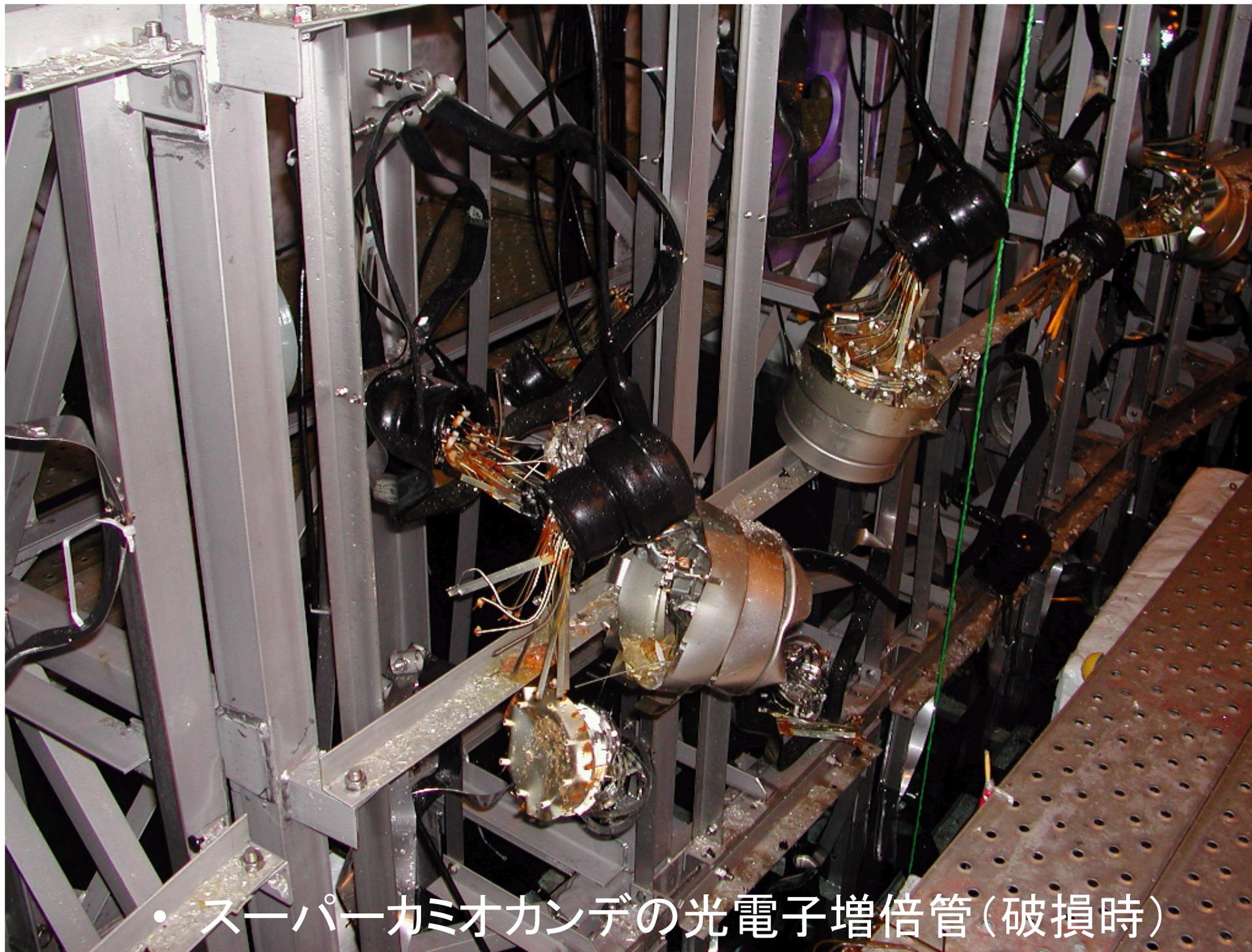


- ダイノードと呼ばれる物質 (SbCs, AgHg など) に電子を当てると、10倍程度の2次電子が放出される。

光電管(4)

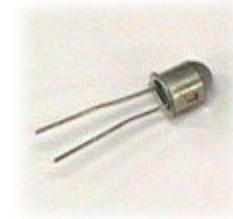


- スーパーカミオカンデの光電子増倍管

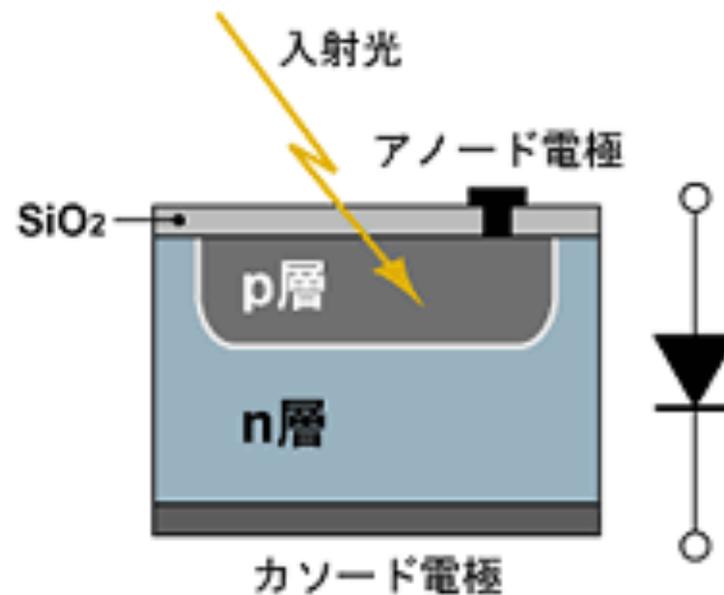


• スーパーカミオカンデの光電子増倍管(破損時)

フォトダイオード(1)



- 光センサの主役
 - p型半導体とn型半導体の接合面で生じる光電子を利用



フォトダイオード(2)

- pn接合起電力の利用

内部光電効果によって生じた電子と正孔が、n型・p型半導体にそれぞれ引き寄せられることによって電流が発生(ただし非常に微弱)

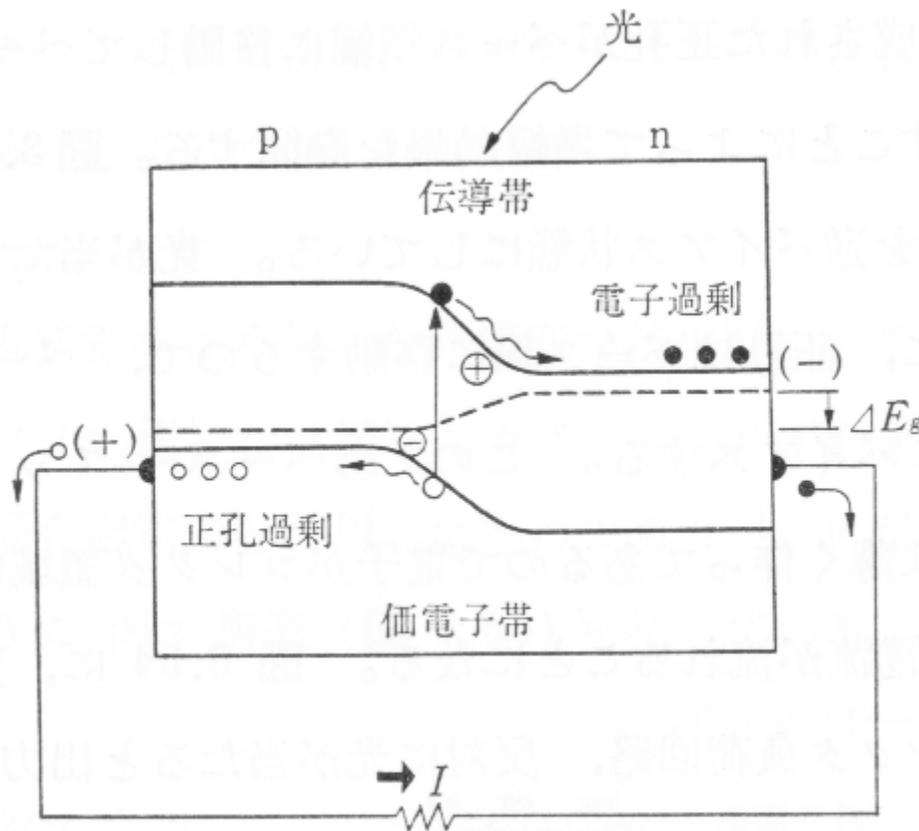


図 3.51 pn 接合起電力

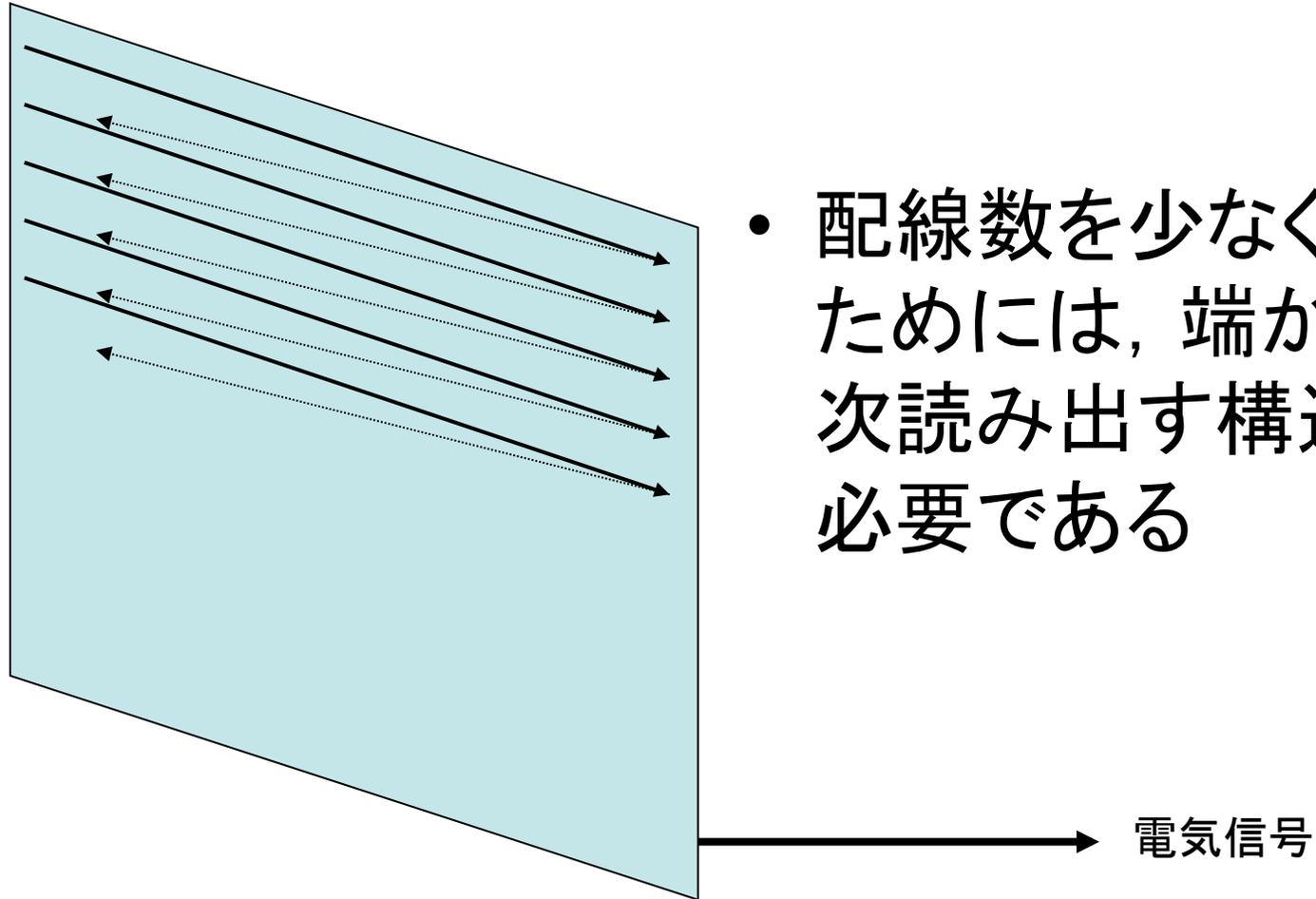
2次元撮像素子

- 2次元的な光の分布をどのように計測するか



センサをひたすら並べる？
全てのセンサに配線する？

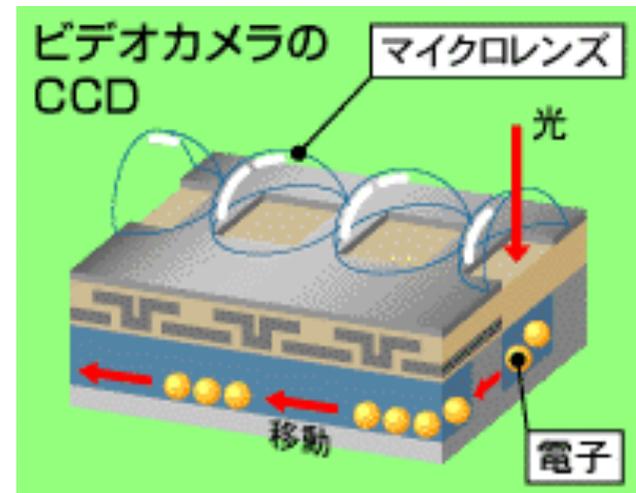
2次元撮像素子



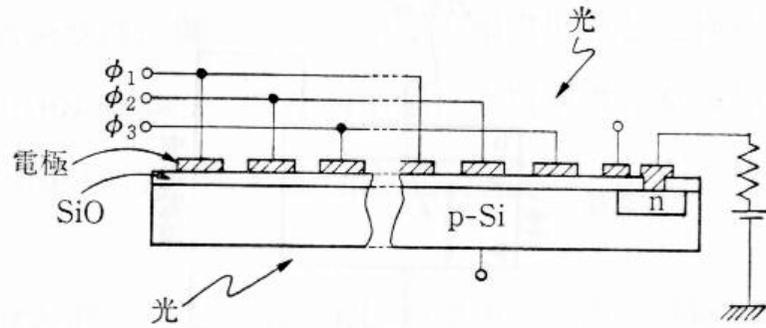
- 配線数を少なくするためには、端から順次読み出す構造が必要である

CCD(電荷結合素子) charge coupled device

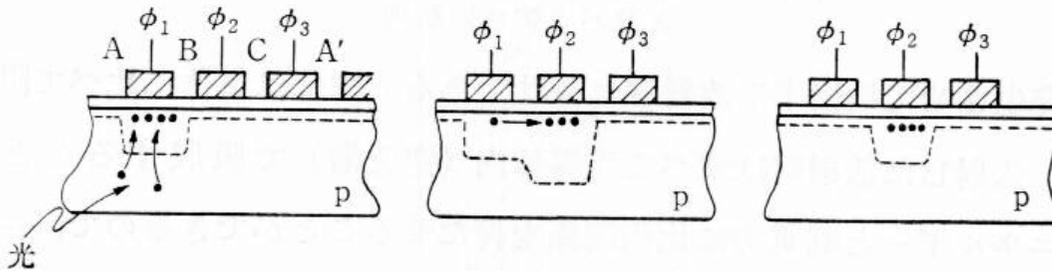
- 静電効果により電子を移動させるデバイス
 - 受光素子に限らない技術
 - CCDとは、電子の移動方法(画像の読み出し方法)に関する名称
- フォトダイオードが発生した電子をCCDにより移動



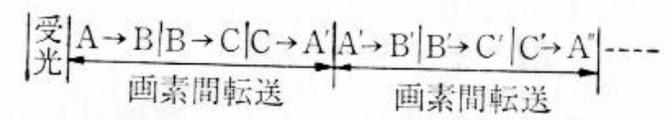
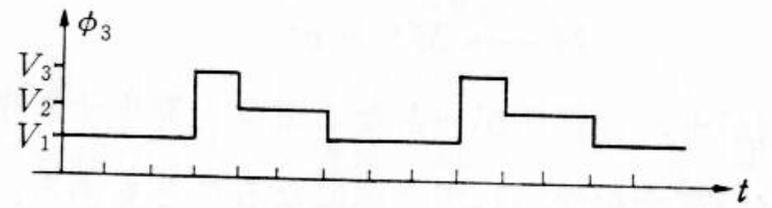
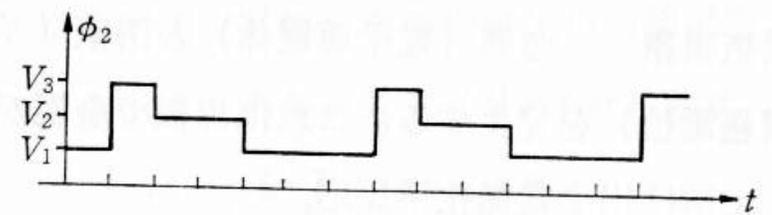
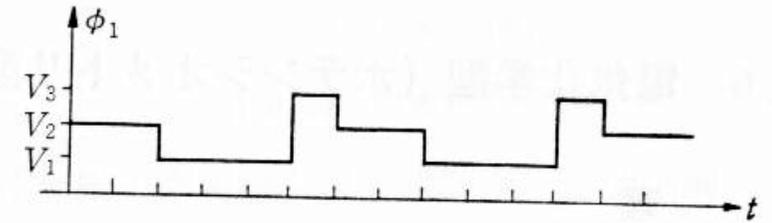
CCD の原理



(a) 基本構造



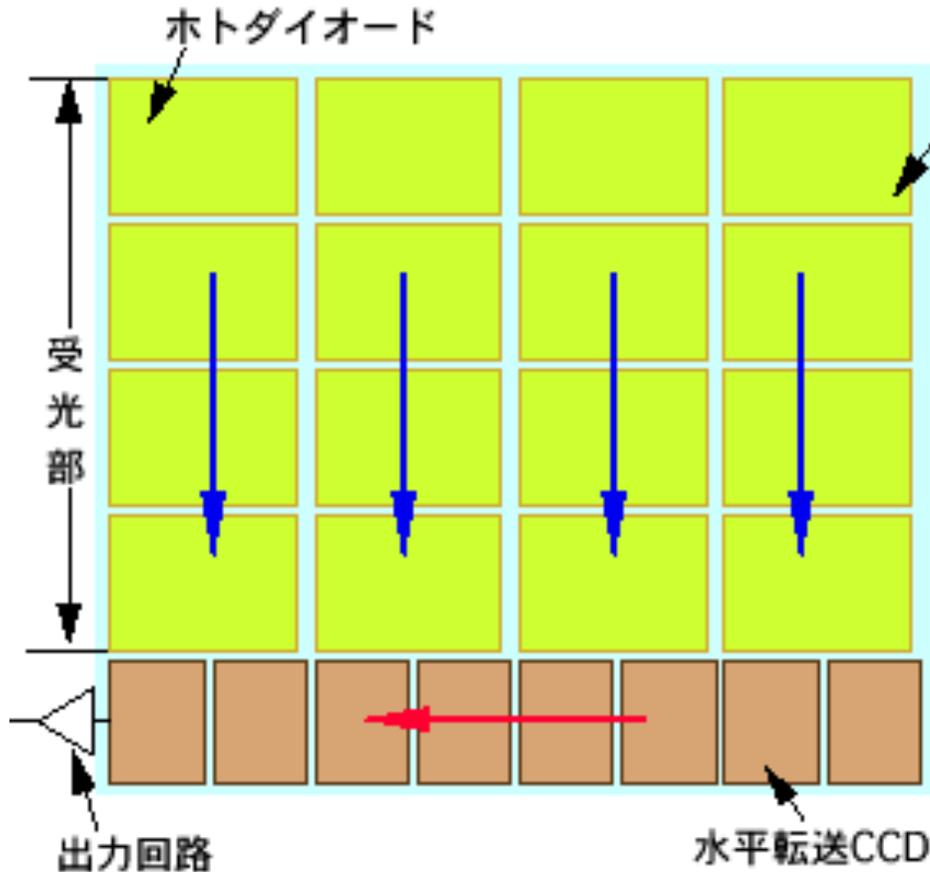
(b) 電荷転送の原理



(c) 3相駆動用クロック

- 電子を電場で引き寄せて移動する

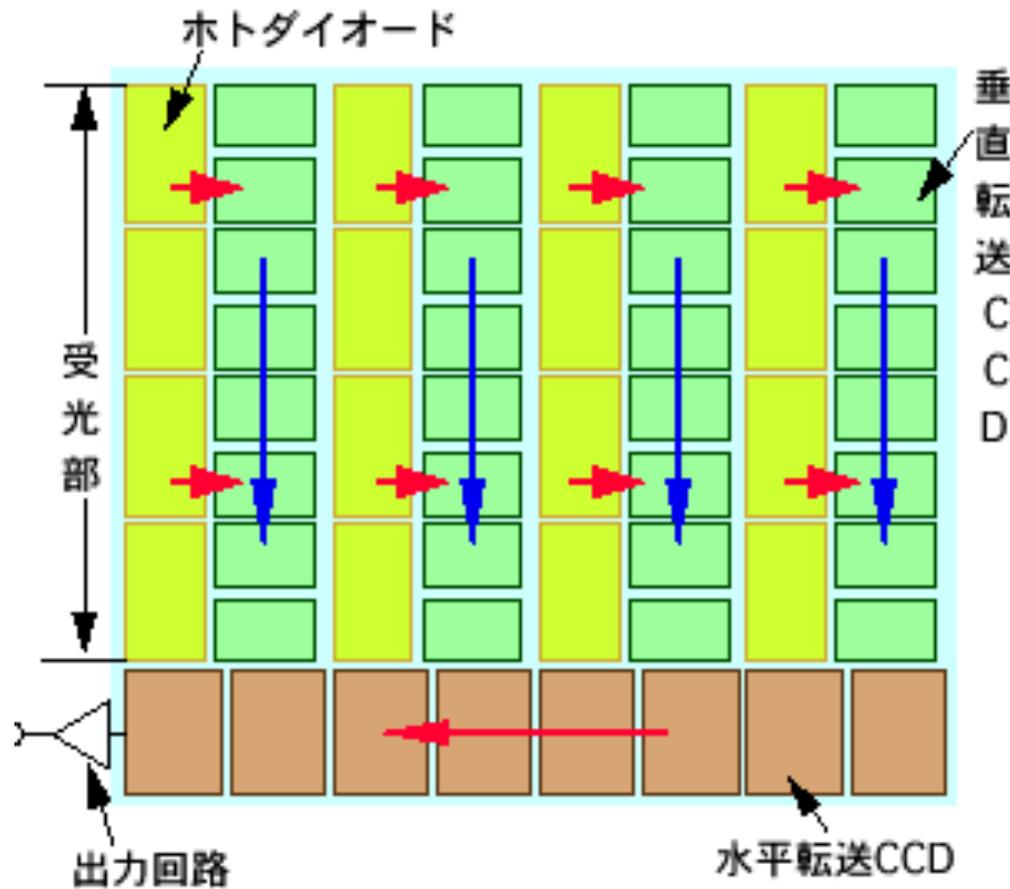
フルフレームトランスファ型



- 転送時に遮光する必要がある(メカニカルシャッターが必要)
- 開口効率が低い
- 製造が容易
- デジタル一眼レフカメラなどに採用

3. フルフレームトランスファ型 CCD (FF-CCD) (蓄積部なし)

インターライントランスファ型



- 最もポピュラー
- メカニカルシャッター不要
- 高速シャッターが可能

1. インターライントランスファ型CCD (IT-CCD)

CCDの画質劣化

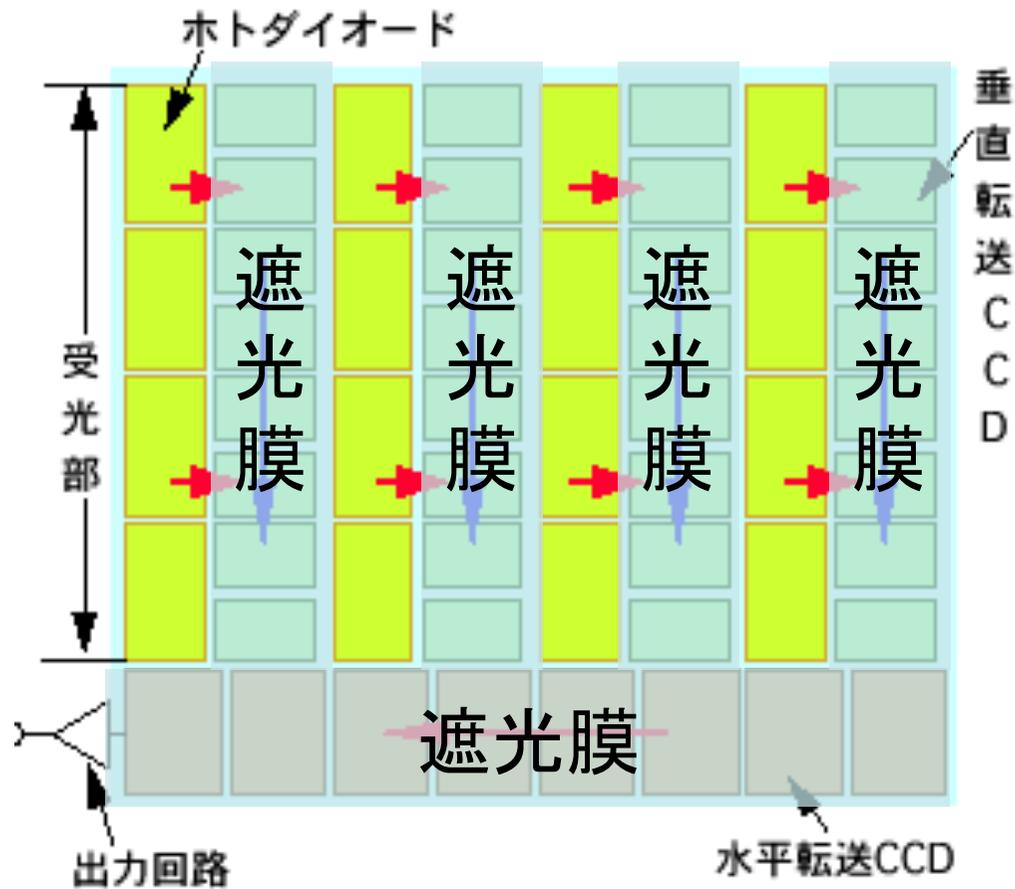
- スミア
 - 強い光が入ったとき、その電子が転送方向に広がること
- ブルーミング
 - 強い光が入ったとき、その電子が周辺へ広がること
- 熱雑音
 - 自由電子の熱運動により、光が当たっていないところにも電子が蓄積されること

スミア

- 電荷の転送中(読み出し中)に入射した光が読み出し方向に尾を引くこと



スミアの発生



- 遮光の不完全や、フォトダイオードから転送チャンネルへの電荷の漏れ出しによる

1. インターライン トランスファ型CCD (IT-CCD)