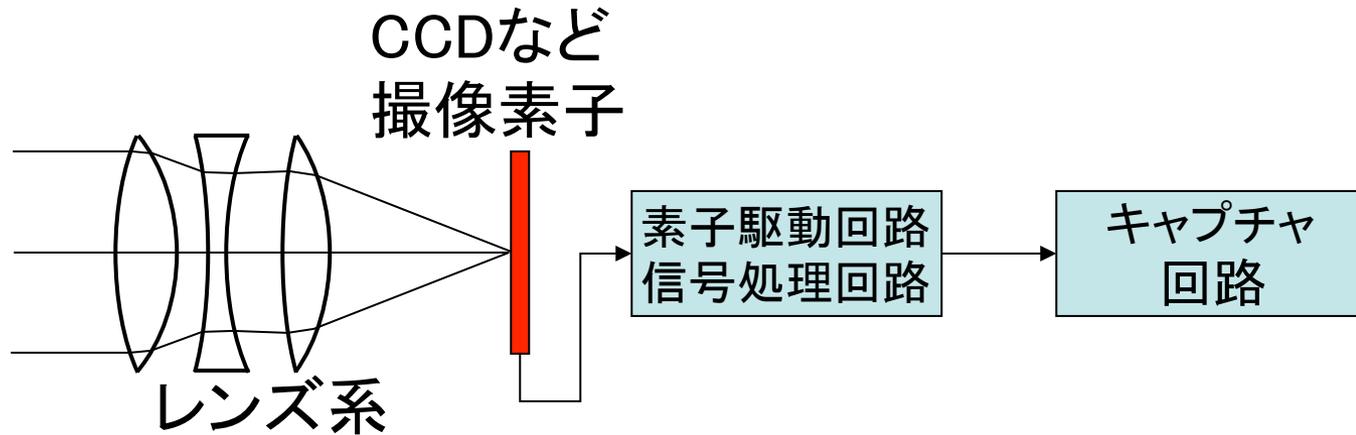


画像情報処理

画像センサ(撮像素子)について

撮像素子とは？



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)

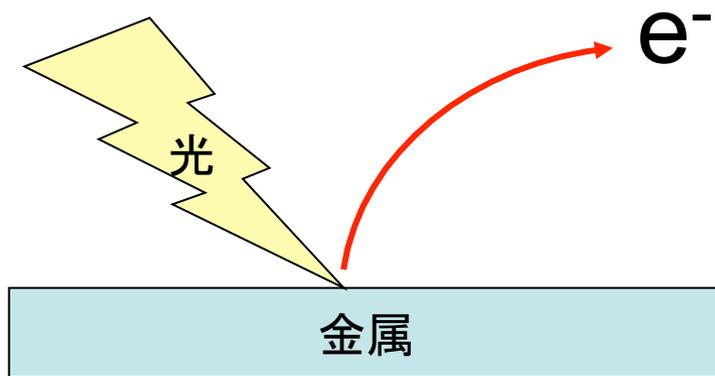


ライカMCメーター

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

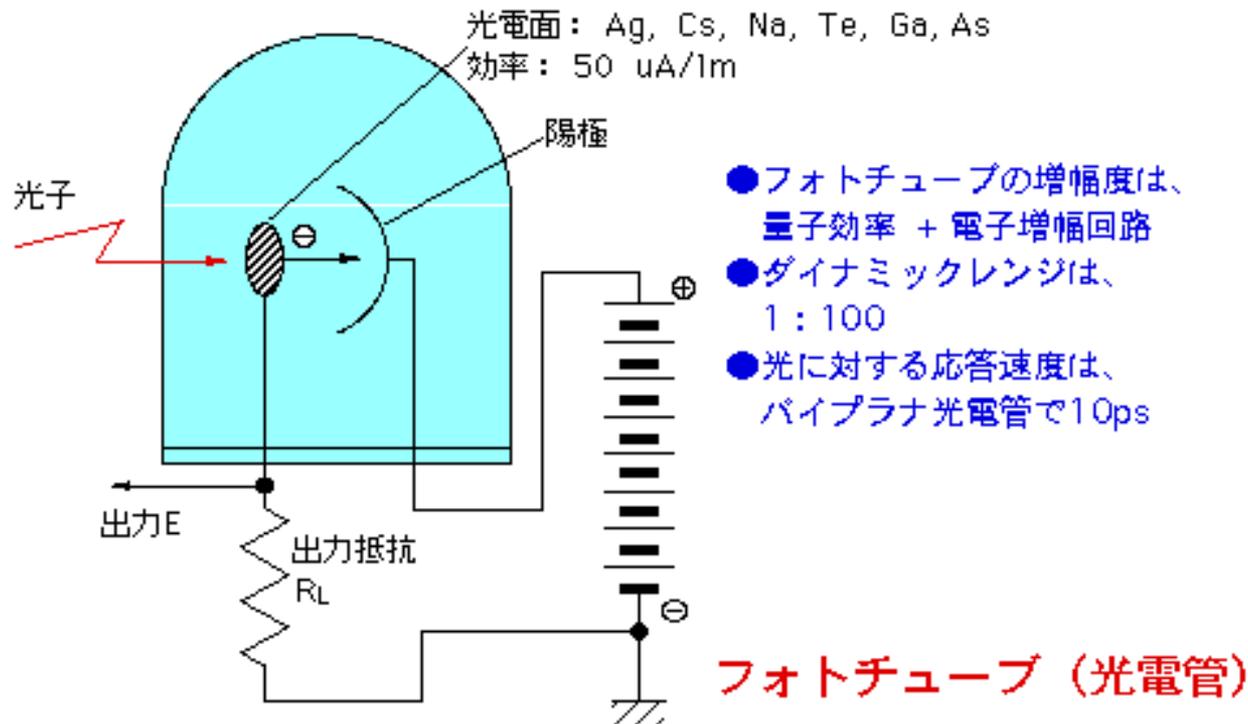


- 光電効果の性質

- 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)

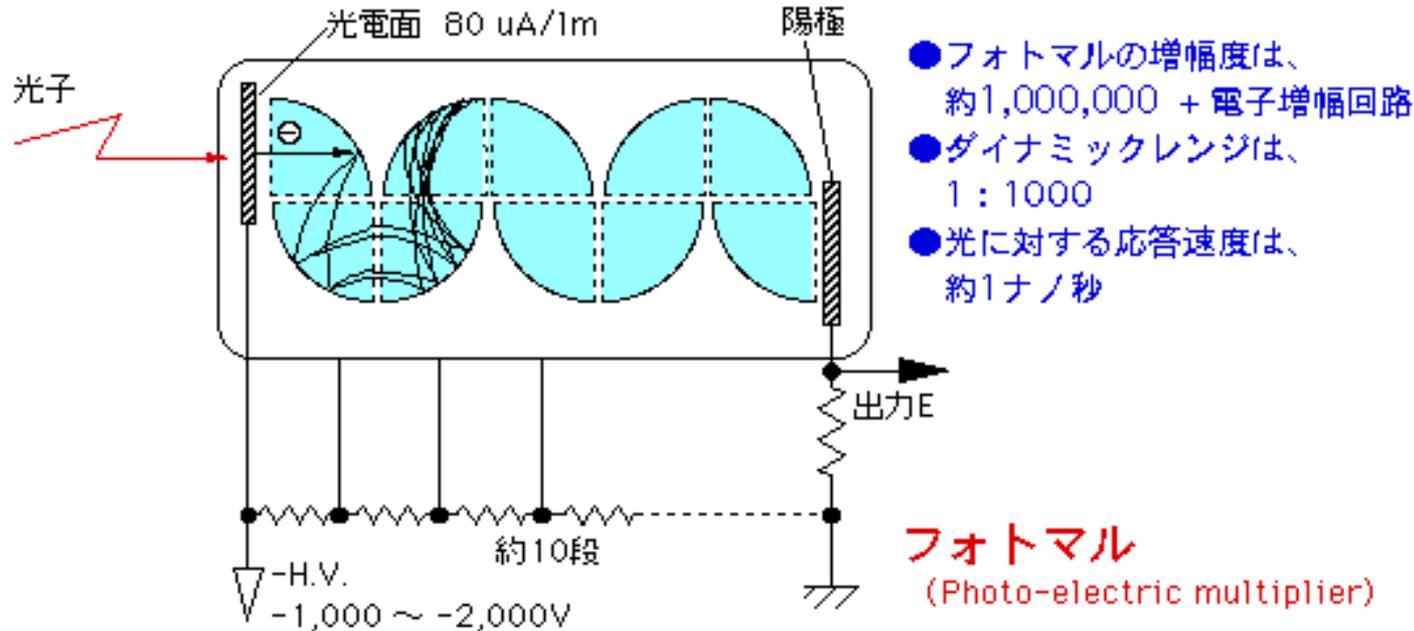
- 飛び出した電子を捕まえるには



- 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)

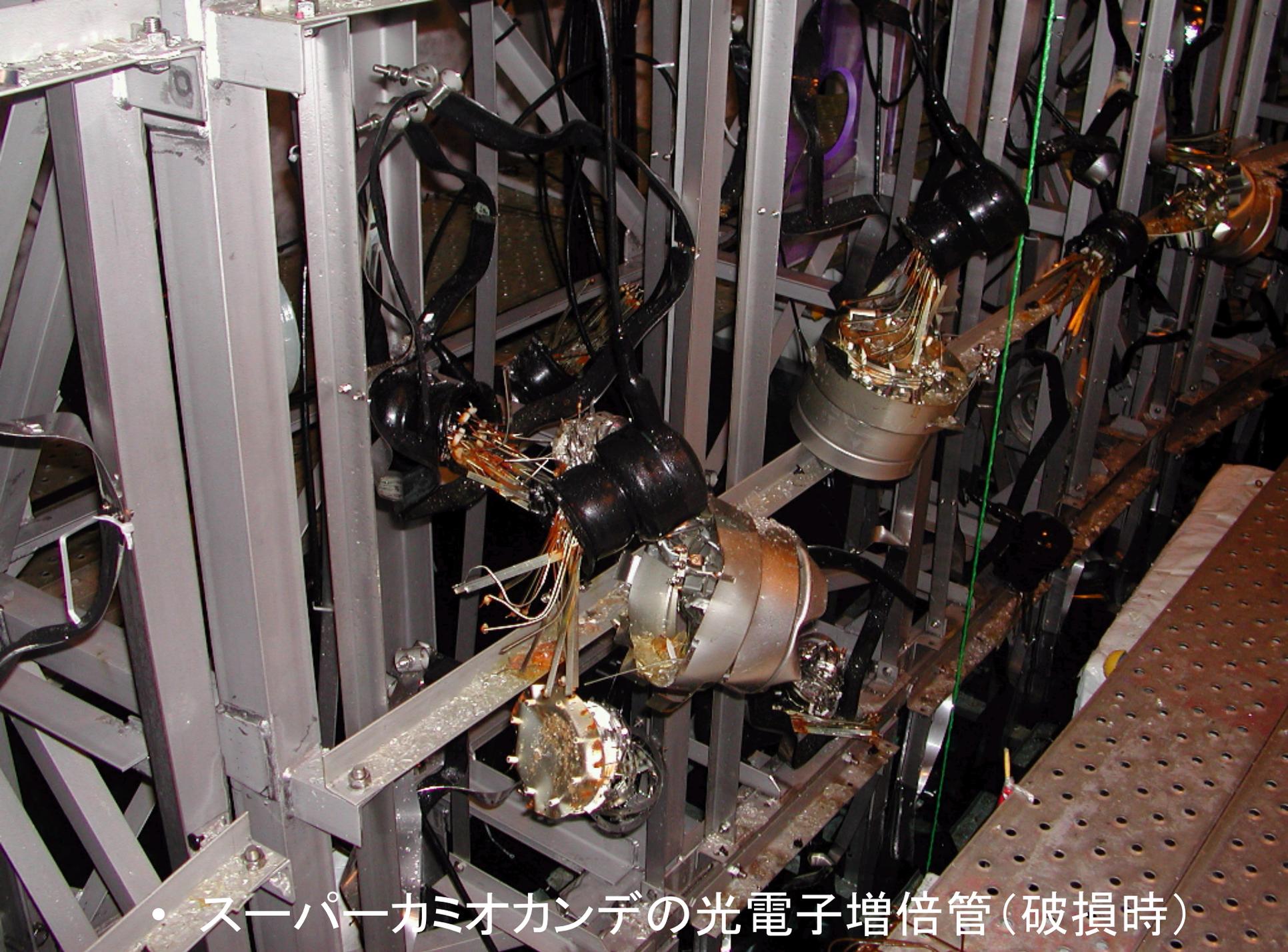


- ダイノードと呼ばれる物質 (SbCs, AgHg など) に電子を当てると、10倍程度の2次電子が放出される。

光電管(4)

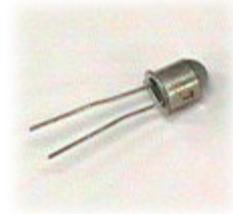


- スーパーカミオカンデの光電子増倍管

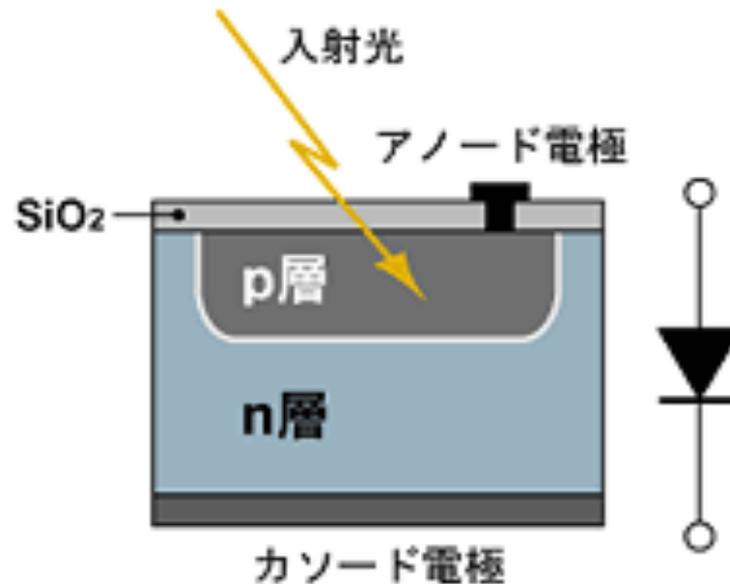


• スーパーカミオカンデの光電子増倍管(破損時)

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)

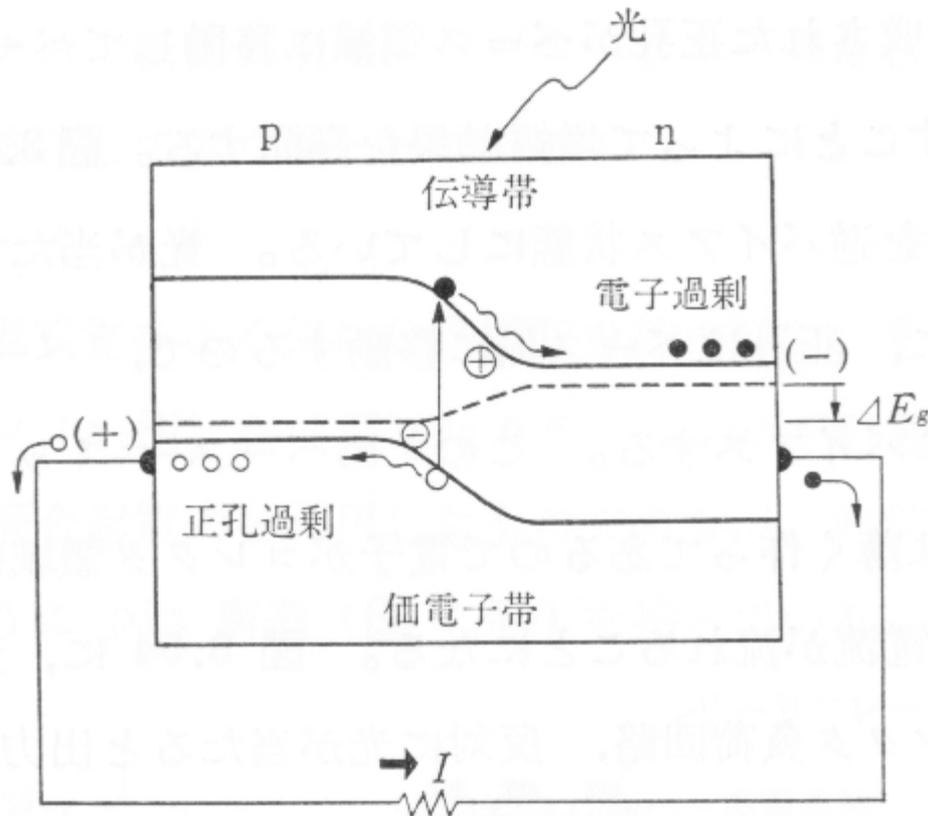


図 3.51 pn 接合起電力

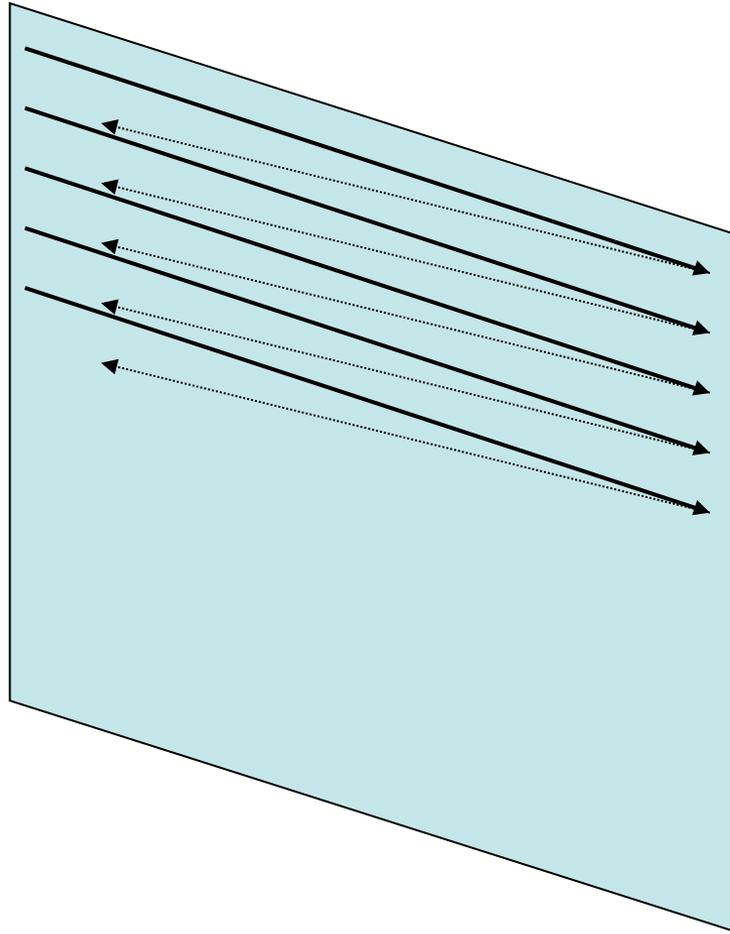
2次元撮像素子

- 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

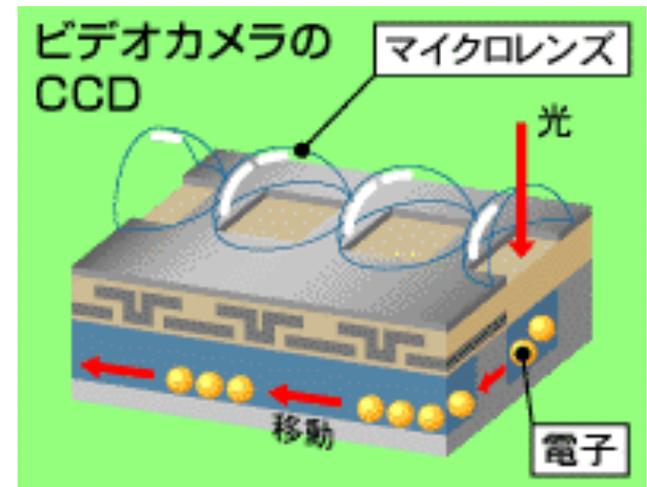


- 配線数を少なくするためには、端から順次読み出す構造が必要である

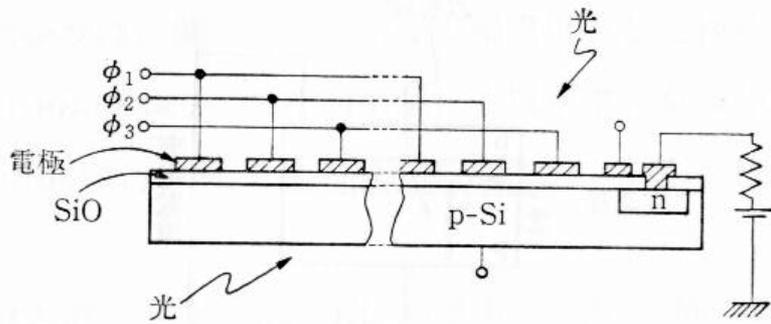
電気信号

CCD(電荷結合素子) charge coupled device

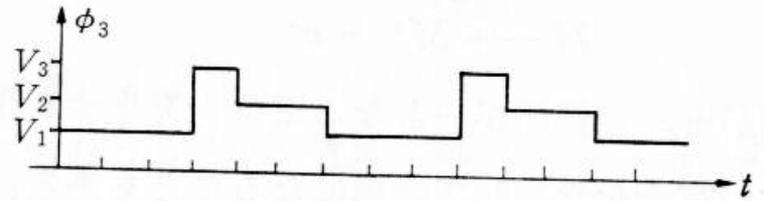
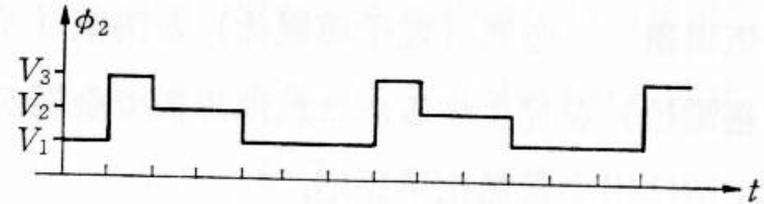
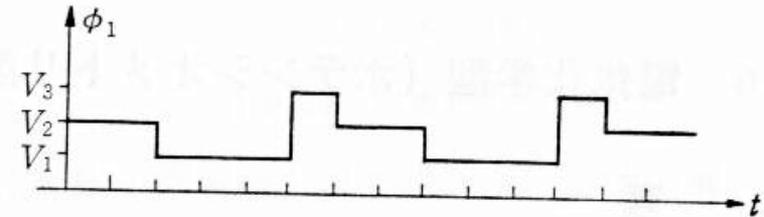
- 静電効果により電子を移動させるデバイス
 - 受光素子に限らない技術
 - CCDとは、電子の移動方法(画像の読み出し方法)に関する名称
- フォトダイオードが発生した電子をCCDにより移動



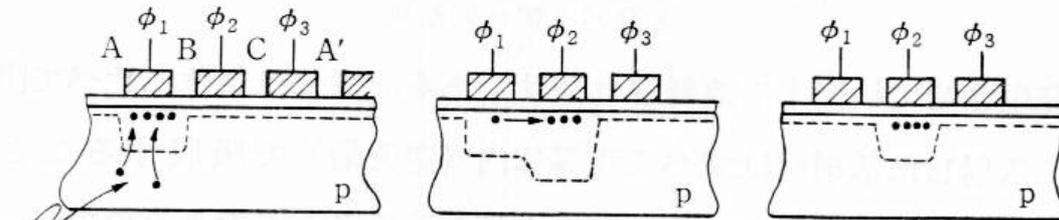
CCD の原理



(a) 基本構造



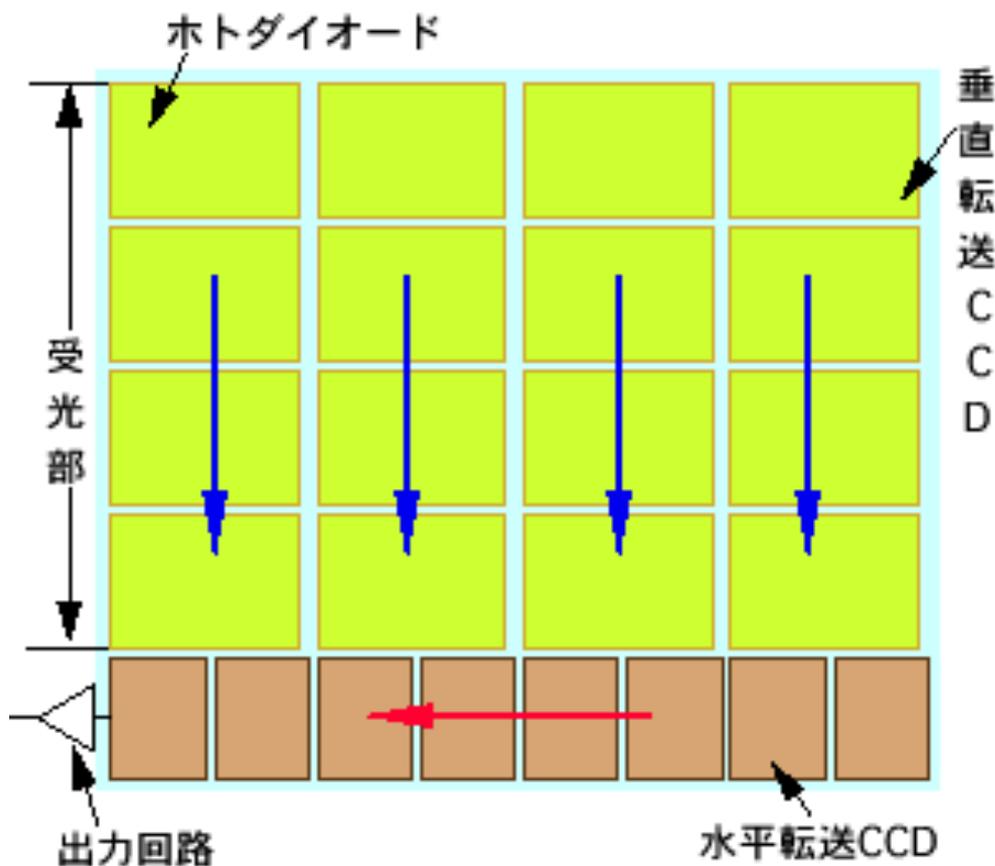
(c) 3相駆動用クロック



(b) 電荷転送の原理

- 電子を電場で引き寄せて移動する

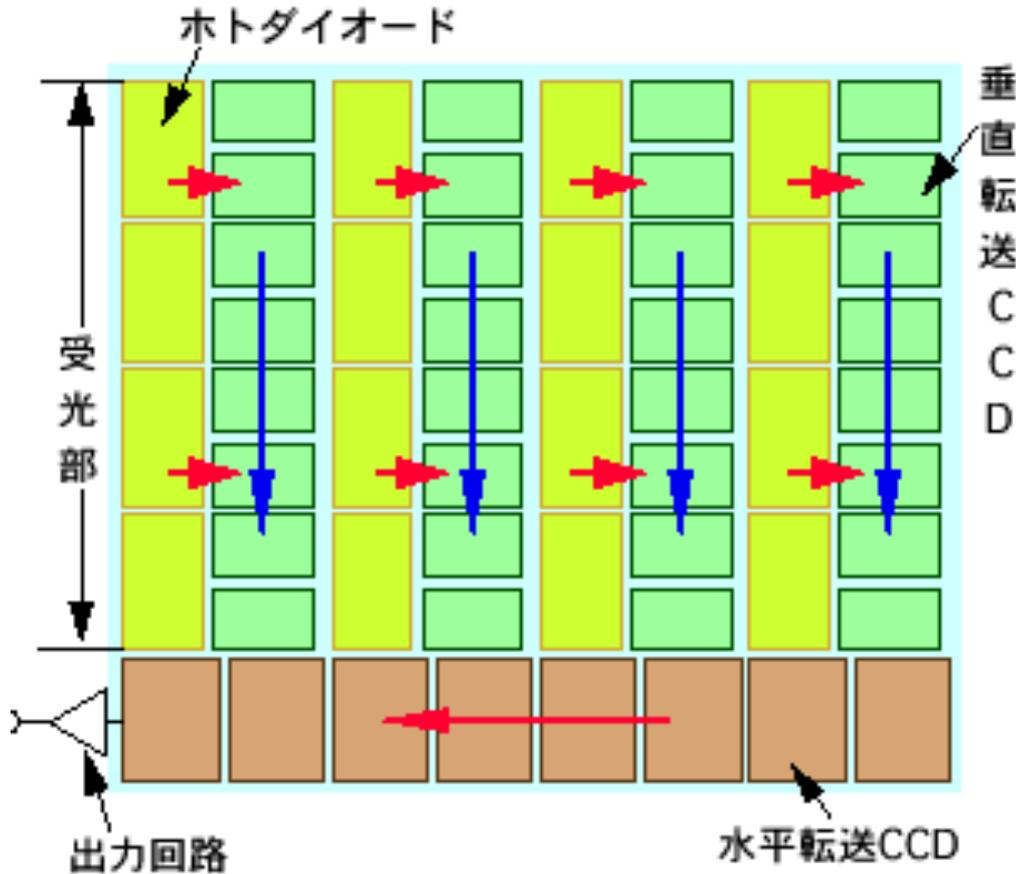
フルフレームトランスファ型



- 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

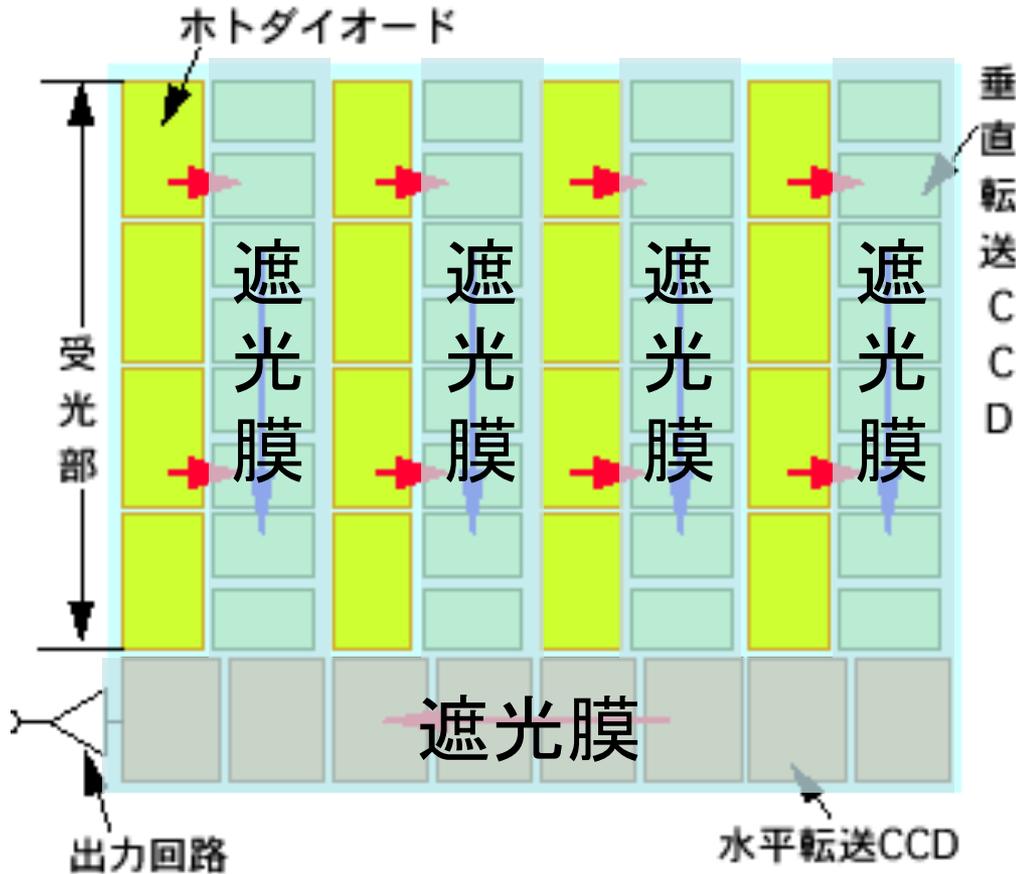
- スミア
 - 強い光が入ったとき, その電子が転送方向に広がること
- ブルーミング
 - 強い光が入ったとき, その電子が周辺へ広がること
- 熱雑音
 - 自由電子の熱運動により, 光が当たっていないところにも電子が蓄積されること

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



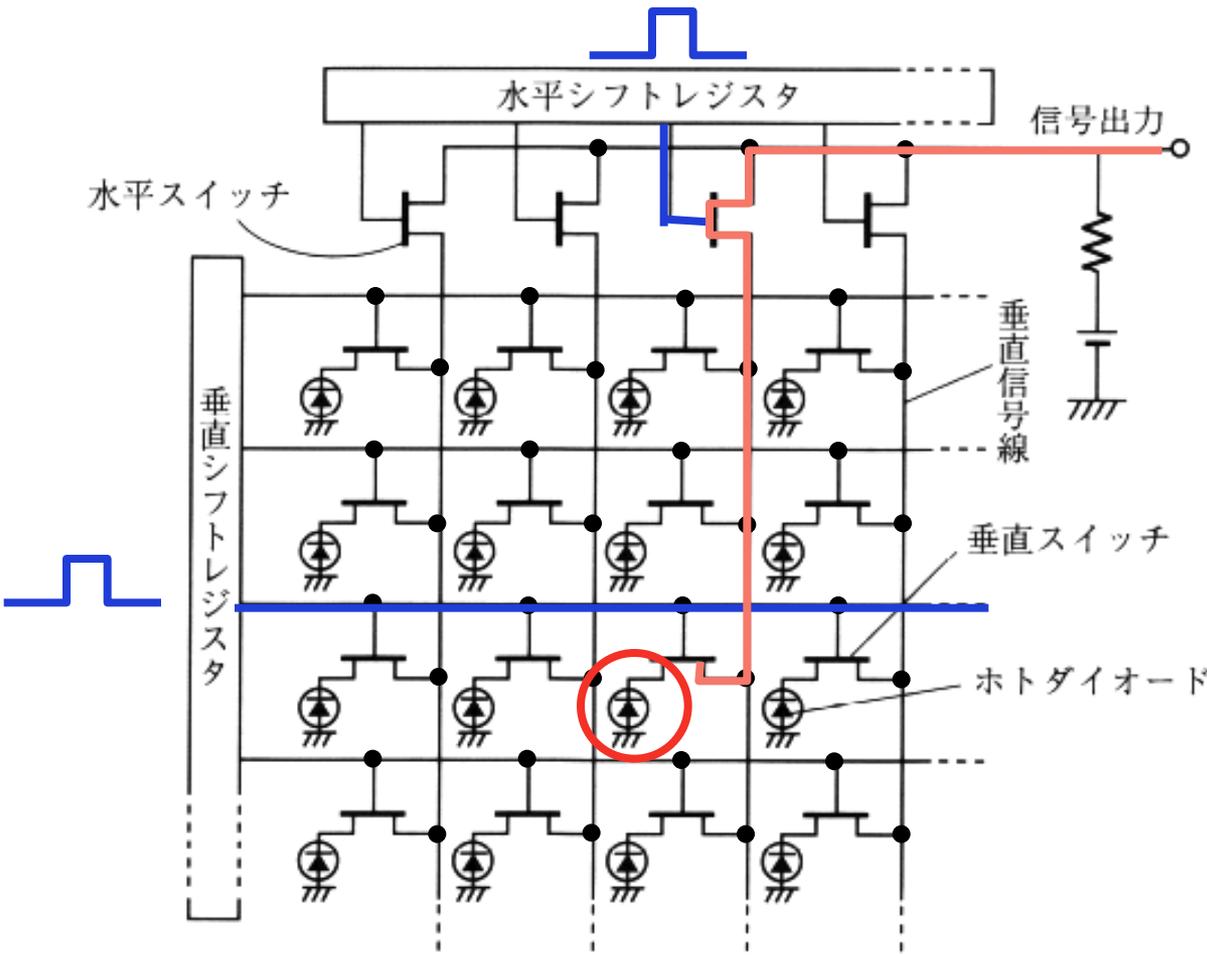
スマアの発生



- 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)

X-Y アドレス型撮像素子



それぞれの「スイッチ」に用いられている素子の名称が撮像素子の名称となる
(例えば CMOS 型 FET が使われている場合, CMOS センサと呼ばれる)

CMOS センサの基本構成

JFET 型素子

CMOS 型撮像素子

- 低消費電力
 - 全画素に電圧をかけておく必要がない
- 他の回路との混載可能
(通常の半導体プロセスが利用可能)
 - 画像処理回路を合わせて1チップ化できる
- 従来はノイズが多い傾向
 - 昨今は大幅に改善
- ランダムアクセス可能

ローリングシャッタ

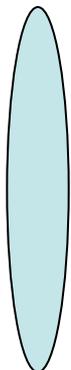
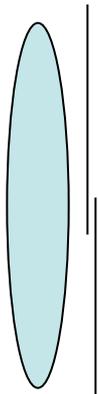
- CMOSセンサでは各画素の露光時刻がずれるものがある(ローリングシャッタ)
 - 各画素の読み出し時刻のずれの分だけ露光時刻がずれる)
 - ずれないものをグローバルシャッタと呼ぶ

シャッターの形式と画像の歪

レンズシャッター方式
(レンズ交換にやや難)
コンパクトカメラ等

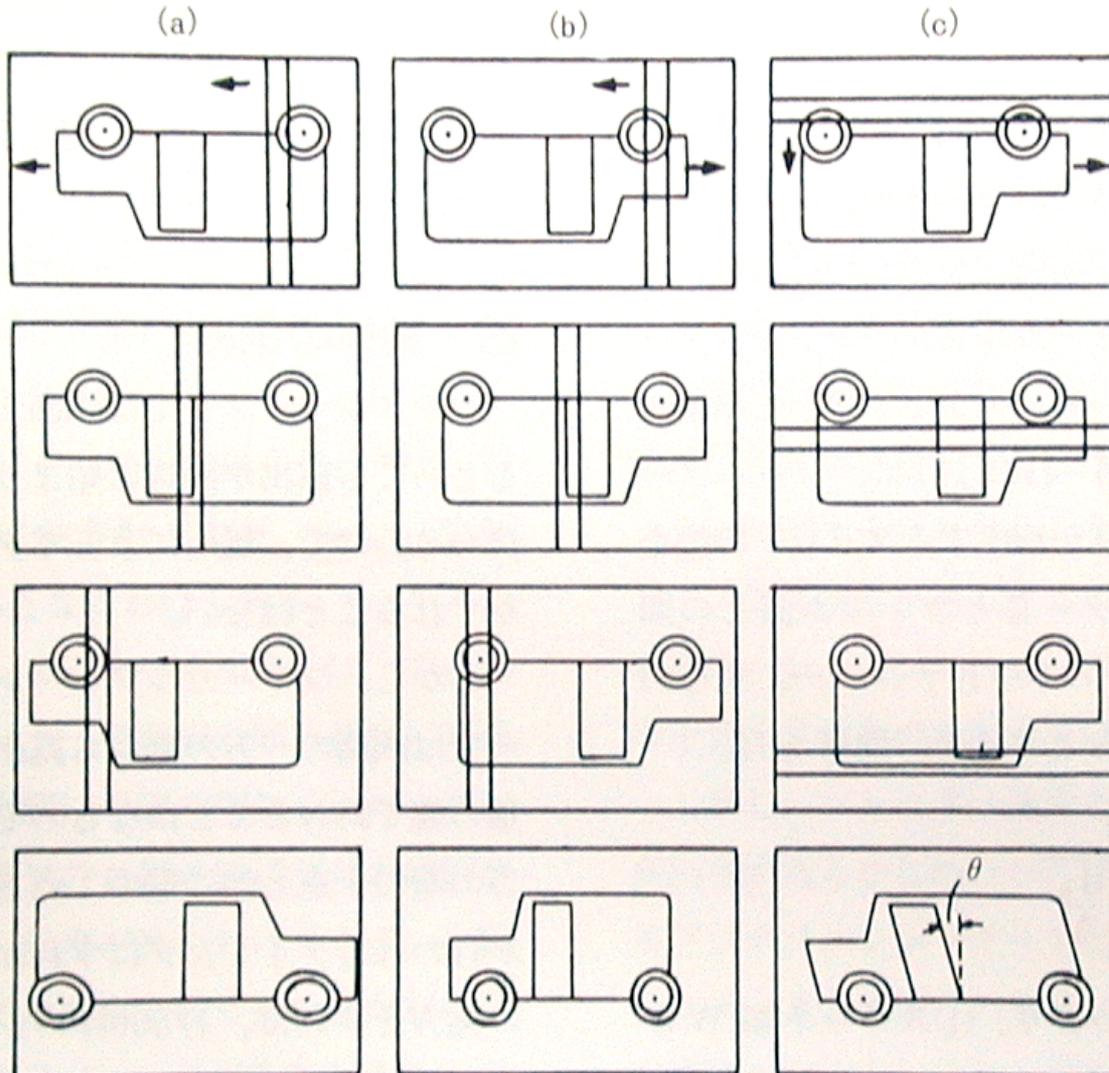


フォーカルプレーンシャッター方式
(レンズ交換に向くがやや複雑)
一眼レフカメラ, レンズ交換式距離計連動カメラ等



シャッターによる動体歪

図5-42 フォーカルプレーンシャッターの動体歪み



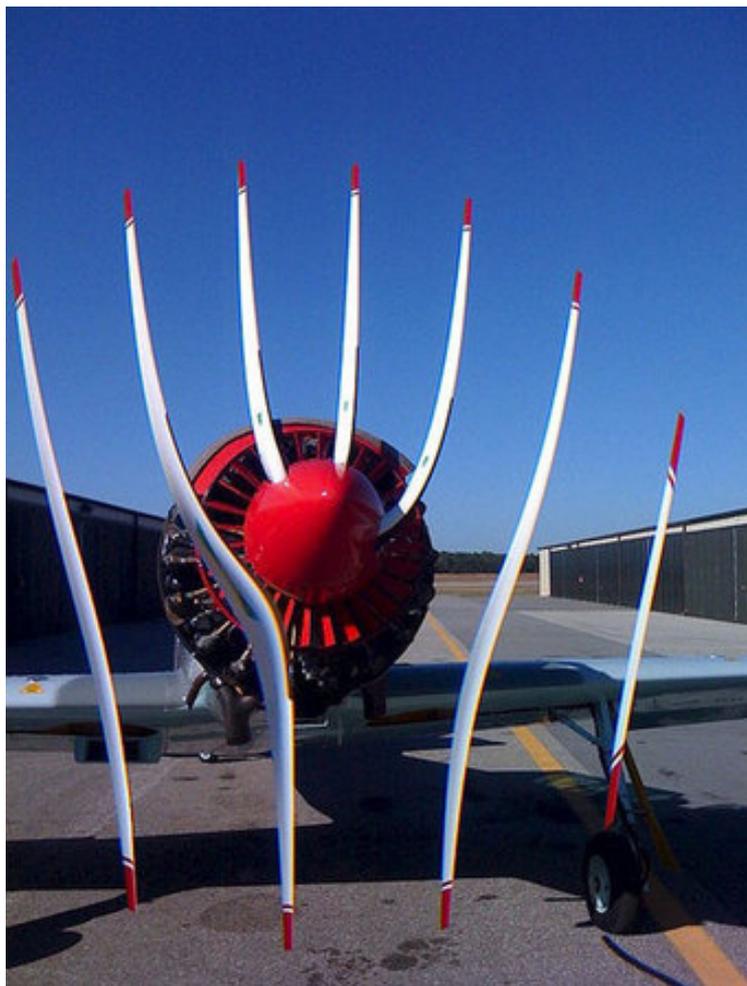
- 画面内の露光時間の差により物体の形状がひずむ

動体歪の例



- ラルティーン「A.C.F グランプリレース」
世界で最も有名な？シャッターによる動体歪の例

最近話題になったもの



- 携帯電話のカメラはローリングシャッターが多い

カラー撮影

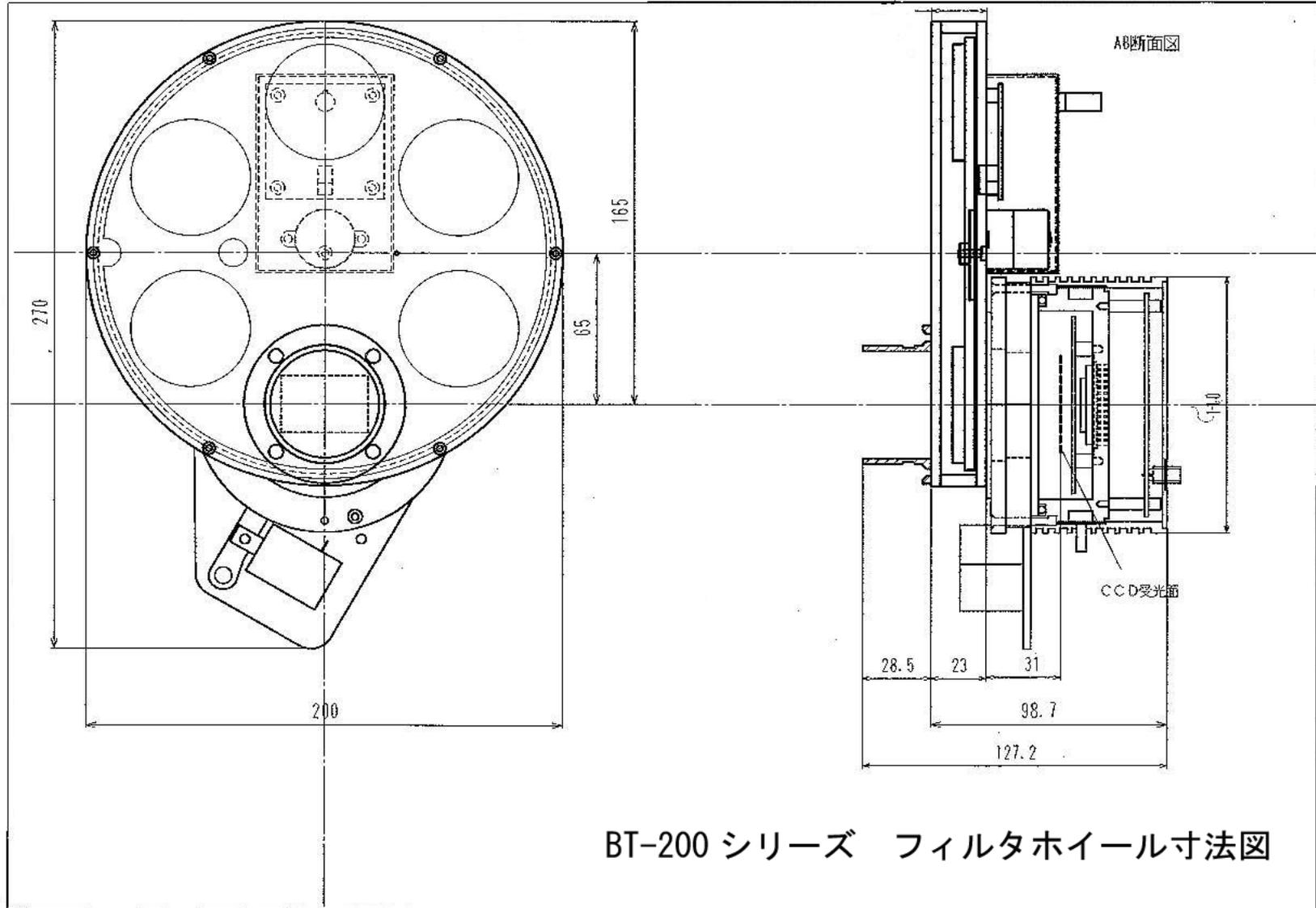
- R, G, B 3原色を順に撮影するもの
 - filter wheel 方式等
- 光エネルギーを R, G, B の3成分に分け、同時に撮影するもの
 - 3管式, 3板式(3CCD)
- 各画素にそれぞれ R, G, B のどれかを担当させるもの
 - 原色フィルタ, 補色フィルタ
 - Foveon



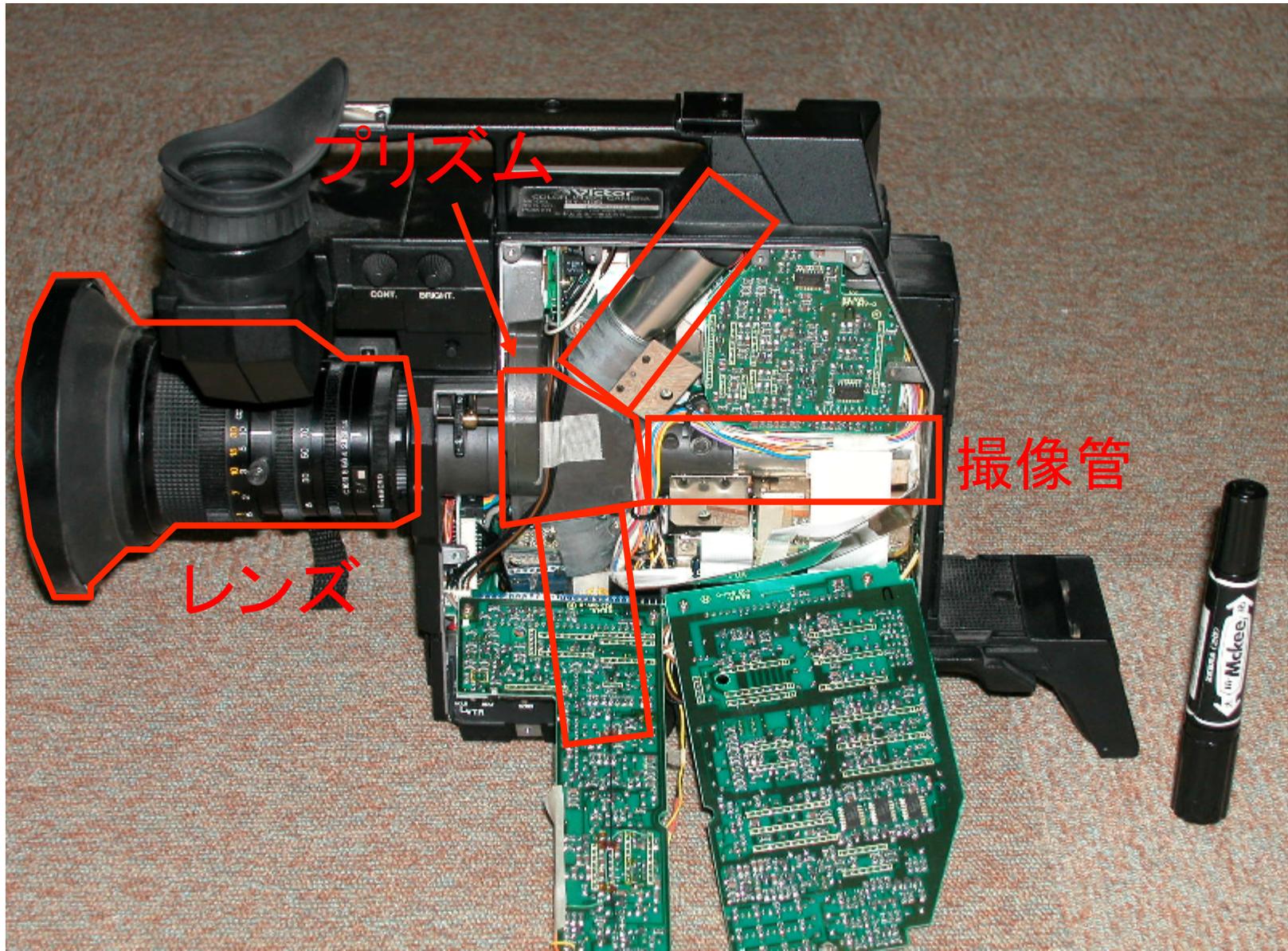
フィルタホイール方式

- 各フィルタを任意に選ぶことが出来る
 - 特殊な特性のフィルタが利用可能
- 4色以上の撮影が可能
 - マルチスペクトル化(材質の認識など)
- カラー化が難しい特殊なCCDが利用可能
 - 超高解像度 CCD など
- 静止物しか撮影できない
 - 顕微鏡撮影, 天体撮影などの科学技術用
 - 商品カタログなどの静止物撮影用

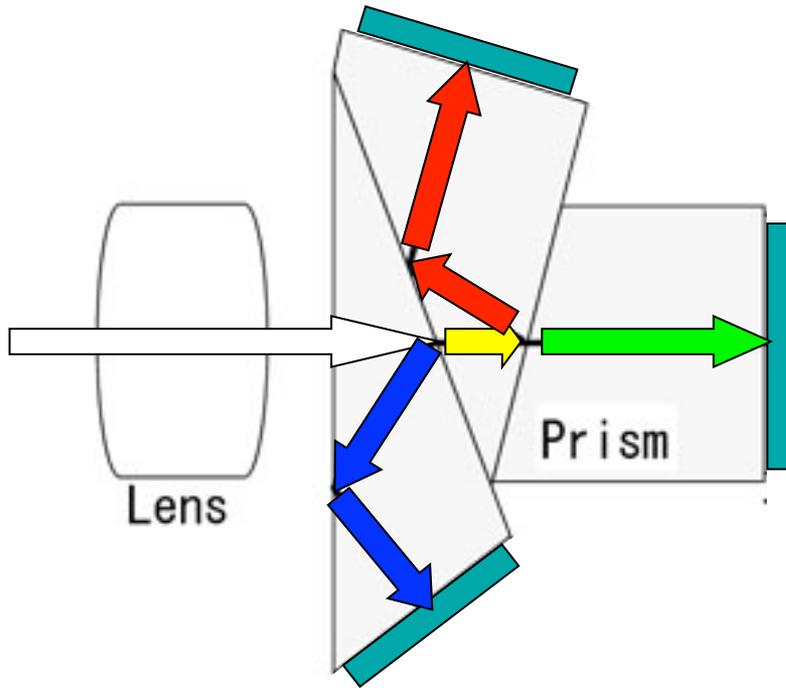
フィルタホイール



3管式カメラ



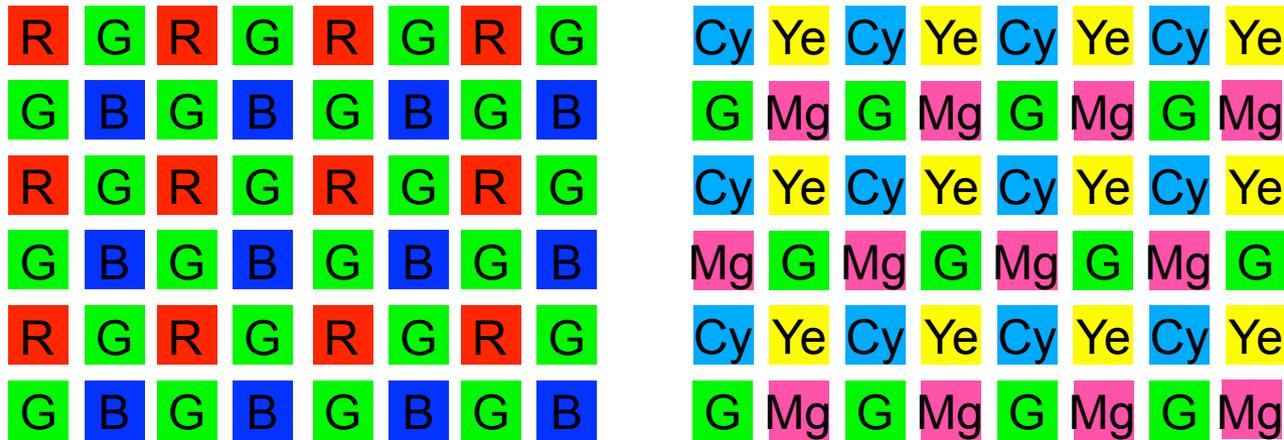
3板式カメラ



各プリズムの界面には「干渉フィルタ」が蒸着により構成されている。干渉フィルタは異なる屈折率の透明物を所定の厚みで重ねることにより、波動光学的に光を反射・透過するので、入射光は波長ごとに反射率が決まり、残りの光エネルギーは透過する。

- エネルギーのムダがなく、感度が高い
- 色再現性が高い
(画素ごとに着色する必要がないため、
良いフィルタが利用できる)

1 板式



原色フィルタ
(Bayer 配列)

補色フィルタ

- CCD の各画素に着色

- 原色フィルタ

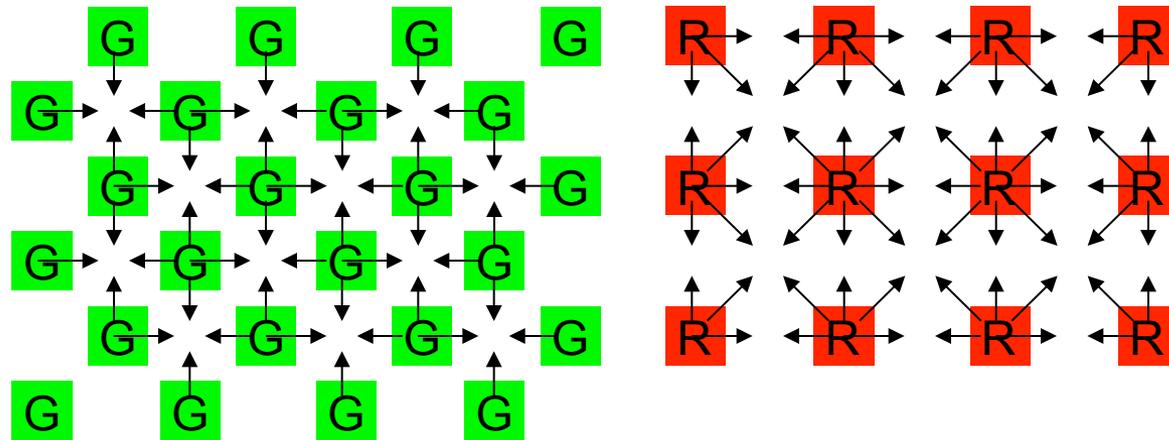
- 自然な色再現 ×感度が低い(ノイズが多い)

- 補色フィルタ

- 感度的に有利 計算により R,G,B値に変換

カラー画像の再現(1)

- 最も単純な方法(各色の補間)



欠点: 解像度が落ちてしまう
(赤, 青では縦横各半分)

- 色解像度と輝度解像度はトレードオフである
- エッジ検出や色の変化率の判別等の非線形なフィルタや判定(条件分岐)を用いて高性能化されている(デジタルカメラの映像エンジンなど)

オンチップレンズ

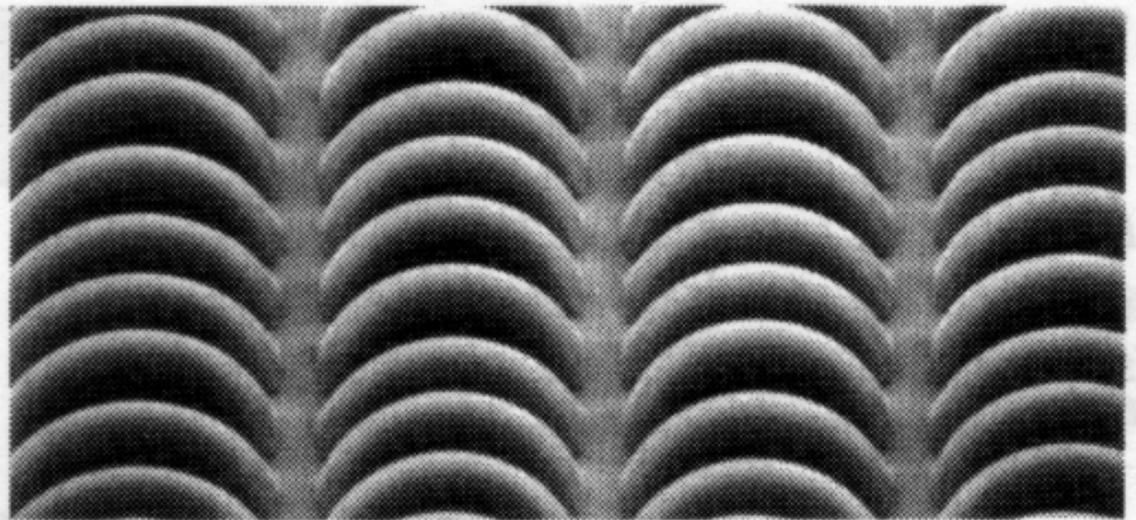
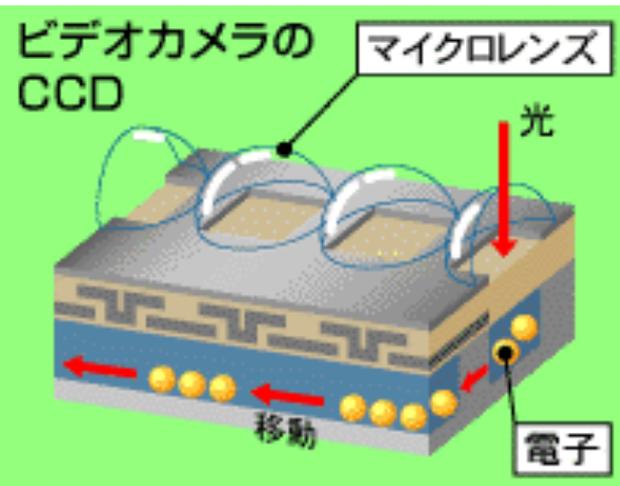
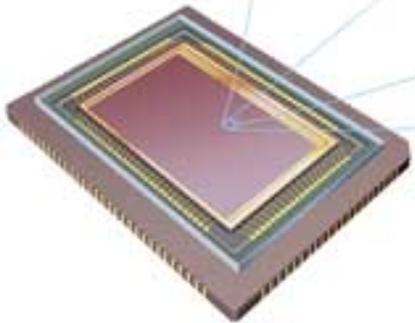
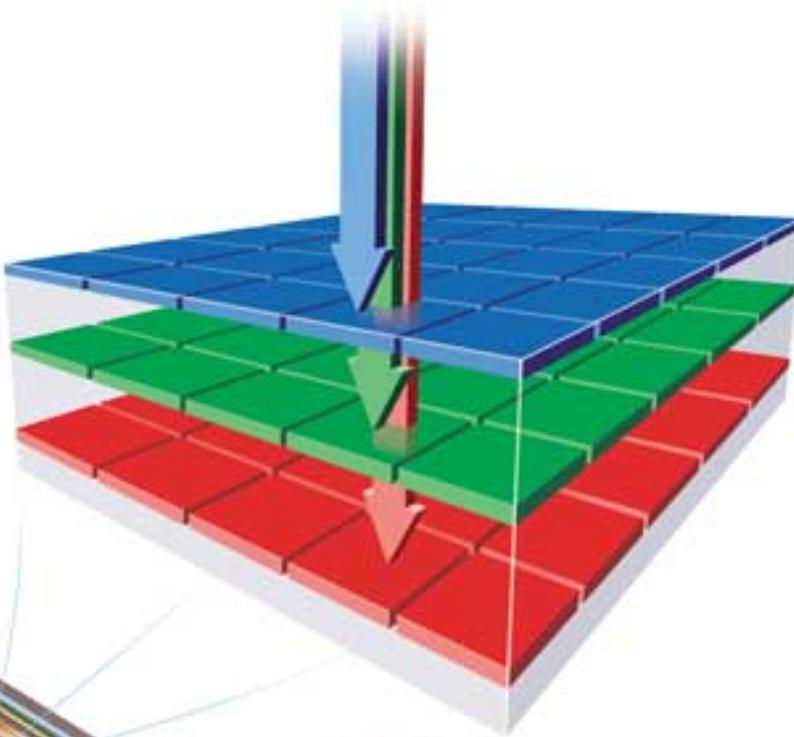


写真 1 CCD オンチップマイクロレンズ外観 SEM 写真

A SEM micrograph of an external view of a CCD on-chip micro-lens.

Foveon



- 1つのセンサーの奥行き方向にRGB各色の受光素子を配置
- 既に実用化

Foveon

Sigma