

フラットパネルディスプレイ 電子ペーパー

図解でわかる「液晶」のしくみ

白鳥 敬著 (株)ぱる出版 2004年発行

ISBN4-8272-0106-4

図解入門 よくわかる 最新ディスプレイ技術の基本と仕組み

西久保 靖彦著 (株)秀和システム 2005年発行

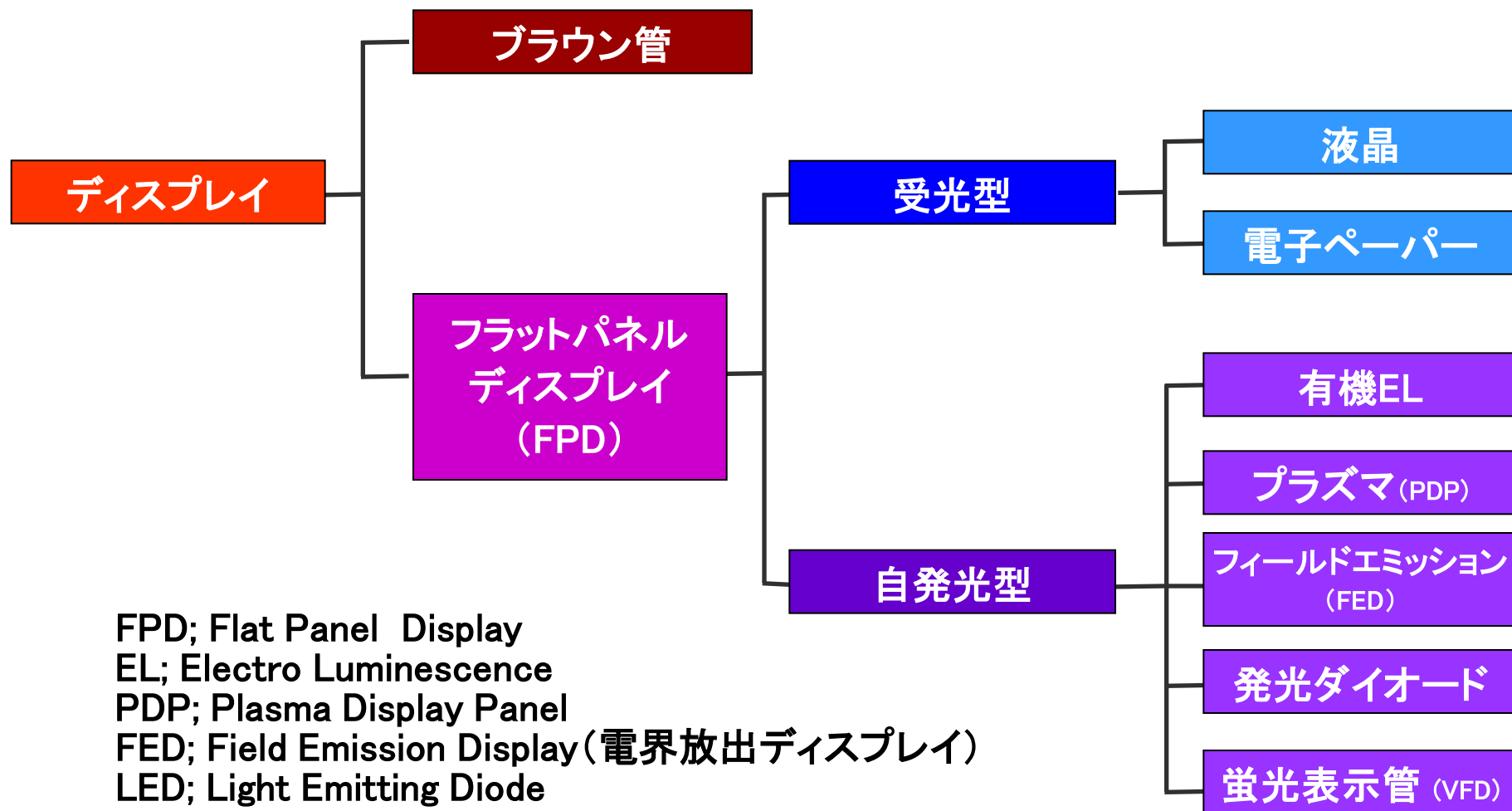
ISBN4-7980-0650-5

電子ペーパーがわかる本

横井 利彰著 (株)工業調査会 2002年発行

ISBN4-7693-1220-2

フラットパネルディスプレイの分類



FPD; Flat Panel Display

EL; Electro Luminescence

PDP; Plasma Display Panel

FED; Field Emission Display (電界放出ディスプレイ)

LED; Light Emitting Diode

VFD; Vacuum Fluorescent Display

フラットパネルディスプレイの比較

比較項目 種類	輝度	精細	寿命	大型化	低消費電力	コスト
液晶	△	◎	○	○	◎	○
プラズマ	○	○	○	◎	○	△
有機EL	○	◎	△	△	◎	○
FED	◎	○	○	◎	◎	—

液晶：薄型ディスプレイの80%を占める、耐久性が高い、応答時間に課題

プラズマ：薄型大画面、画素の高精細化が困難

有機EL：自発光型でどの角度から見てもきれい、耐久性に課題

FED：自発光型でどの角度から見てもきれい、応答時間に優れる

PDP、液晶、CRTディスプレイの比較

PDP(プラズマ)

画面サイズ	32型以上の大型
視野角	問題なし
応答速度	速い
輝度	特に大画面で明るい
発色	色表現性が良い
寿命	約2万時間
消費電力	大
価格	とても高い

消費電力大
コスト高
精密化困難

LCD(液晶)

画面サイズ	中型から45型くらいまで
視野角	上下左右約170度まで
応答速度	強誘電型を除くと16ミリ秒
輝度	小・中型では十分明るい
発色	普通
寿命	6万～8万時間
消費電力	小
価格	高い

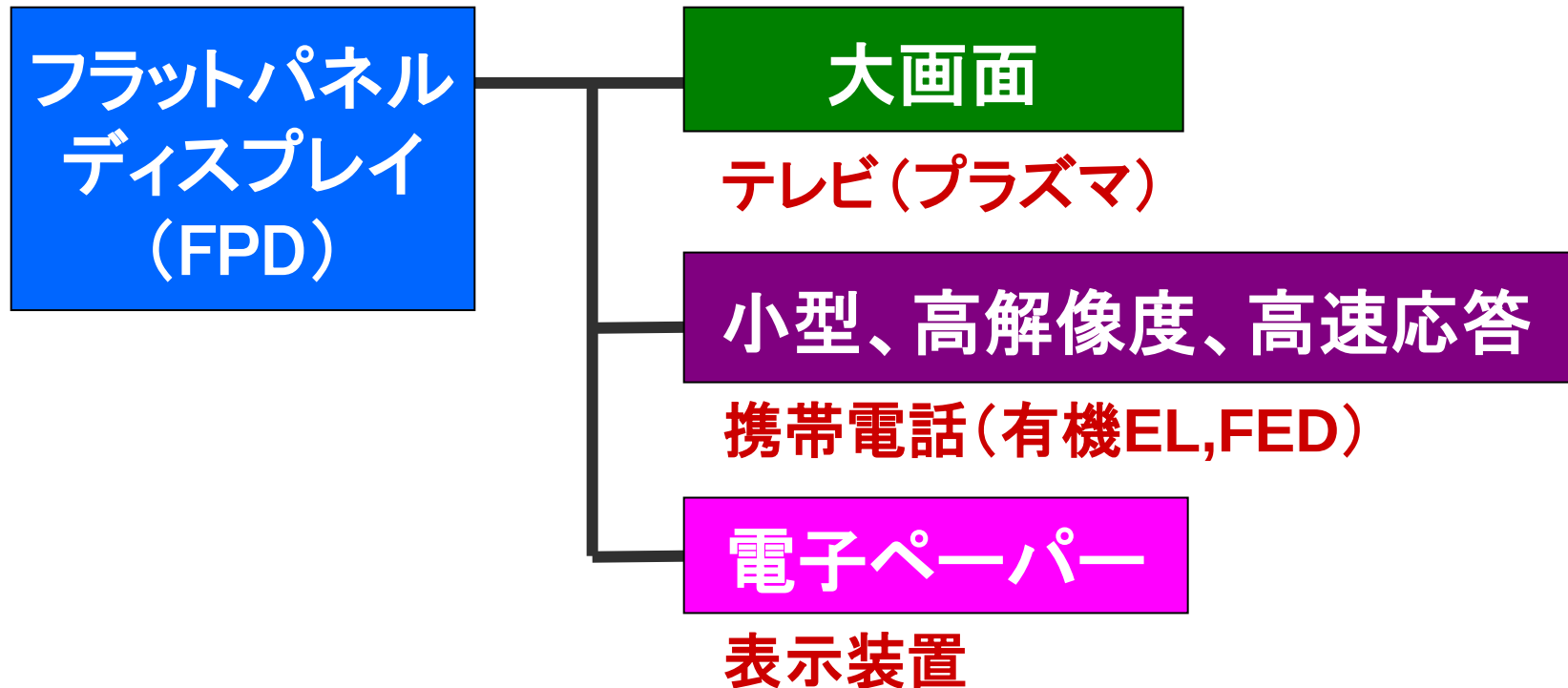
低消費電力
耐久性が高い
輝度低・応答速度大

CRT(ブラウン管)

画面サイズ	36型くらいまで
視野角	問題なし
応答速度	速い
輝度	十分明るい
発色	普通
寿命	十分長い
消費電力	中
価格	普通

低コストで高画質
耐久性が高い
大きい

フラットパネルディスプレイの進化の方向

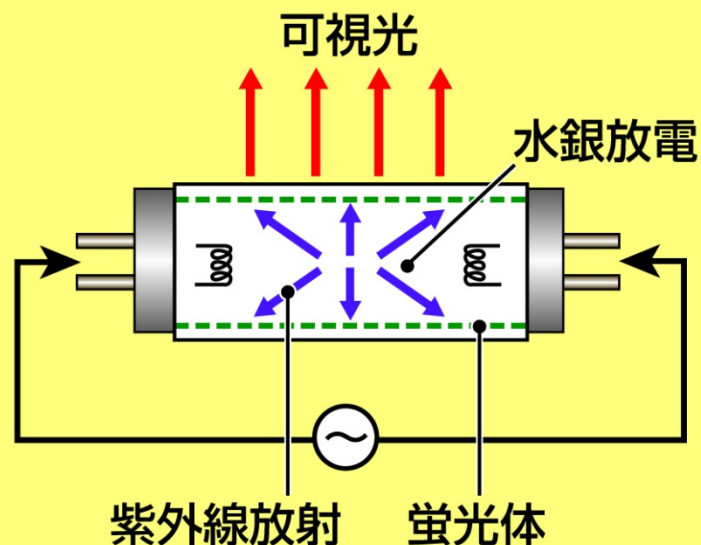


電子ペーパーは紙のように薄くて持ち運びが楽で、電源を切っても表示が維持でき、紙に書かれた文字、図や写真を見るのと同じ感覚で見ることができるメディアである。

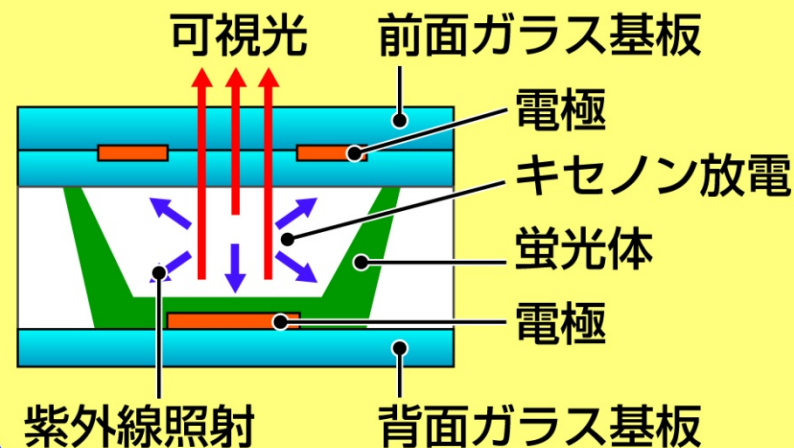
自発光型 ディスプレイの概要

蛍光灯、PDP、ブラウン管の発光原理と相違点

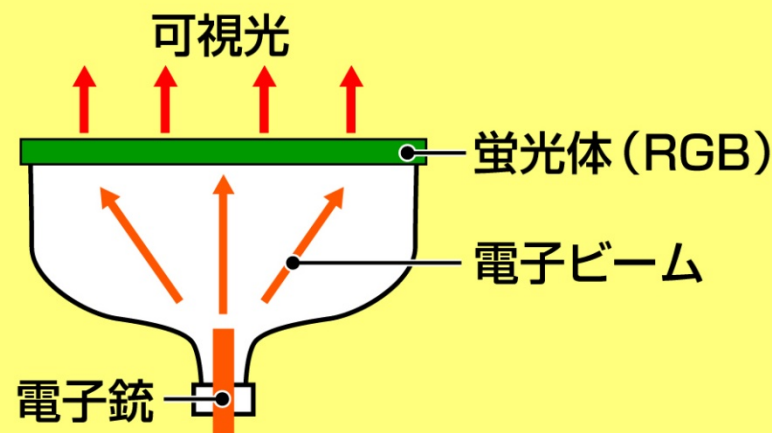
蛍光灯



PDP

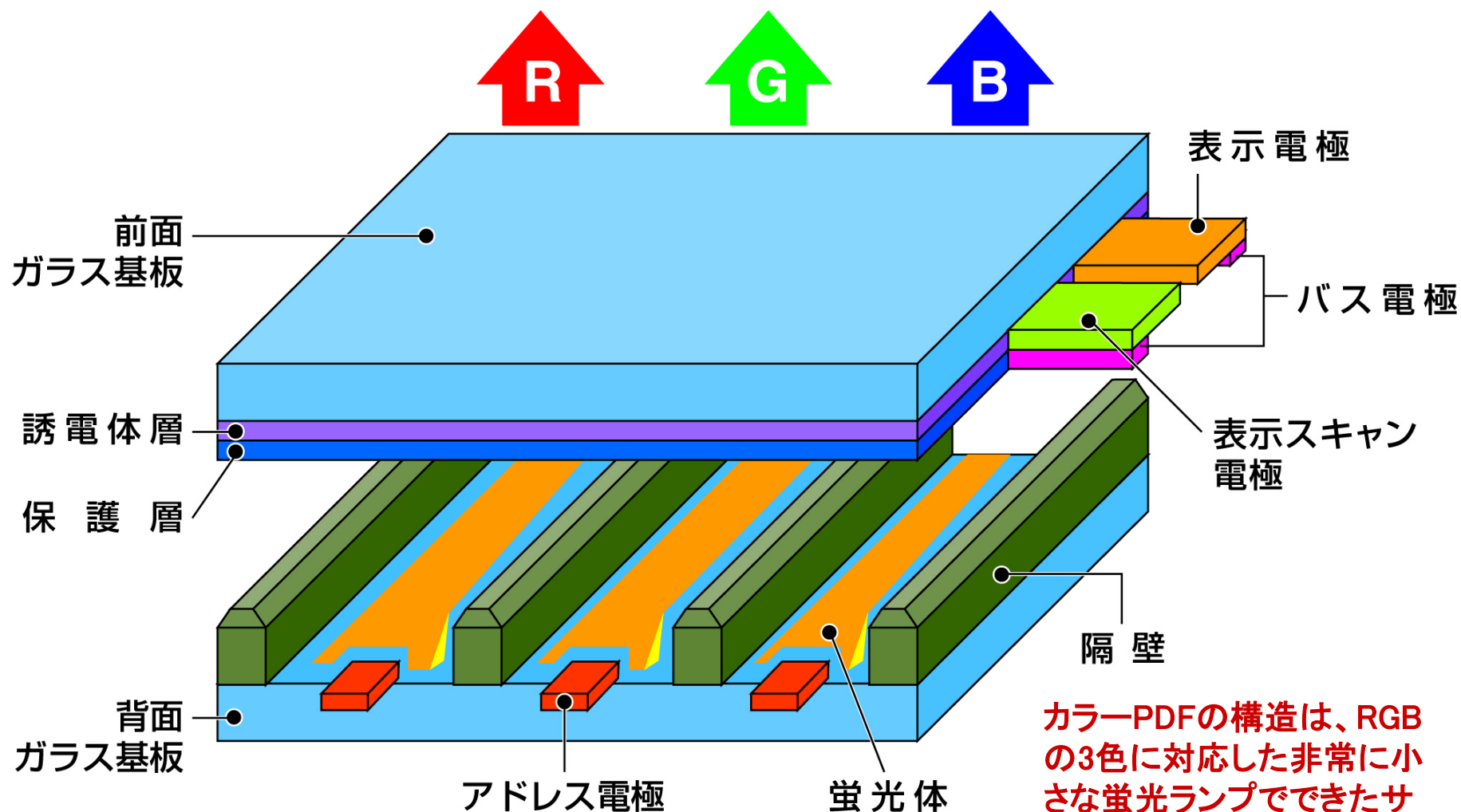


ブラウン管 (CRT)

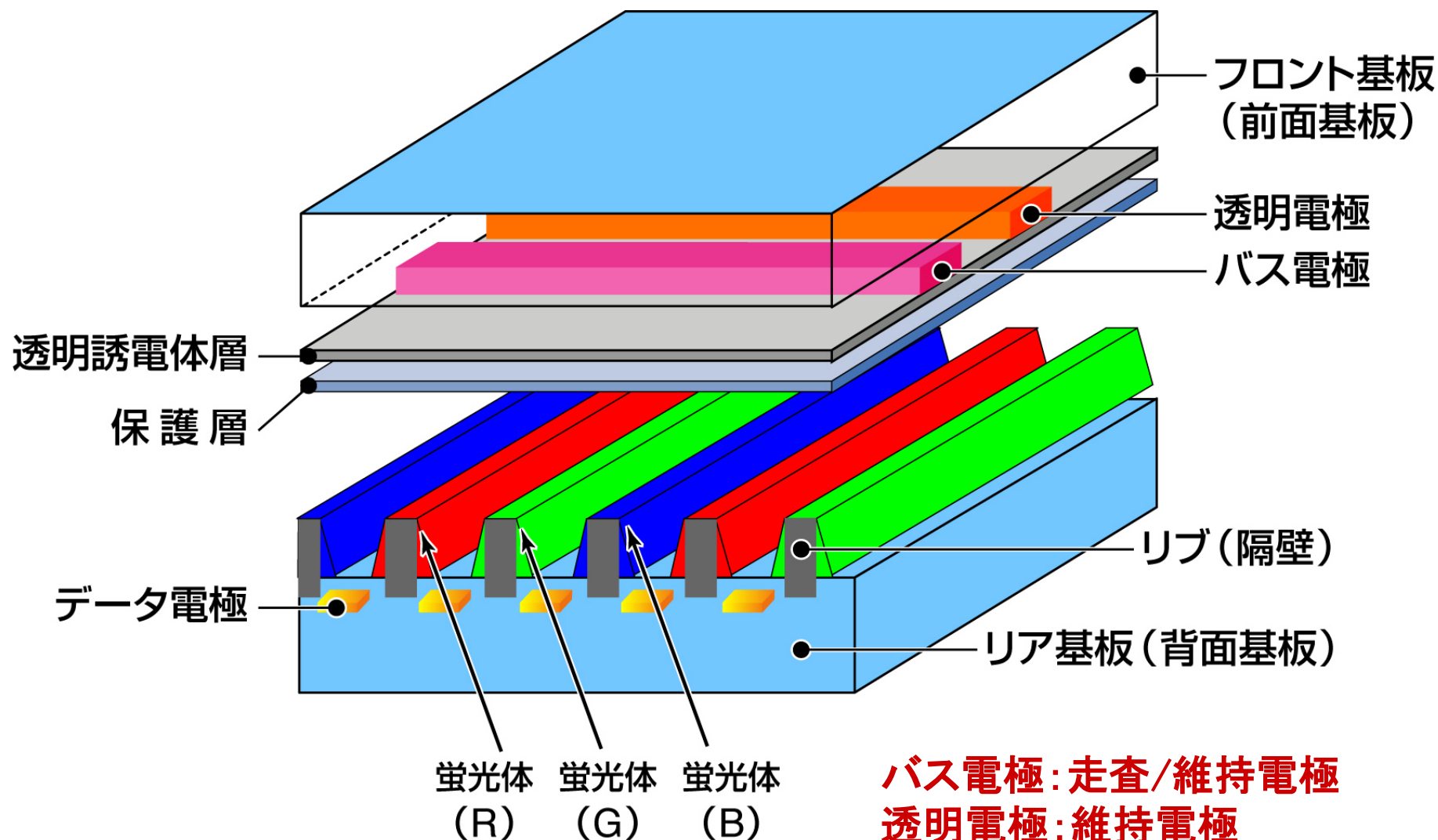


ブラウン管は電子ビーム照射により発光するのに対して、PDPは蛍光灯と同じ放電(プラズマ)による発光

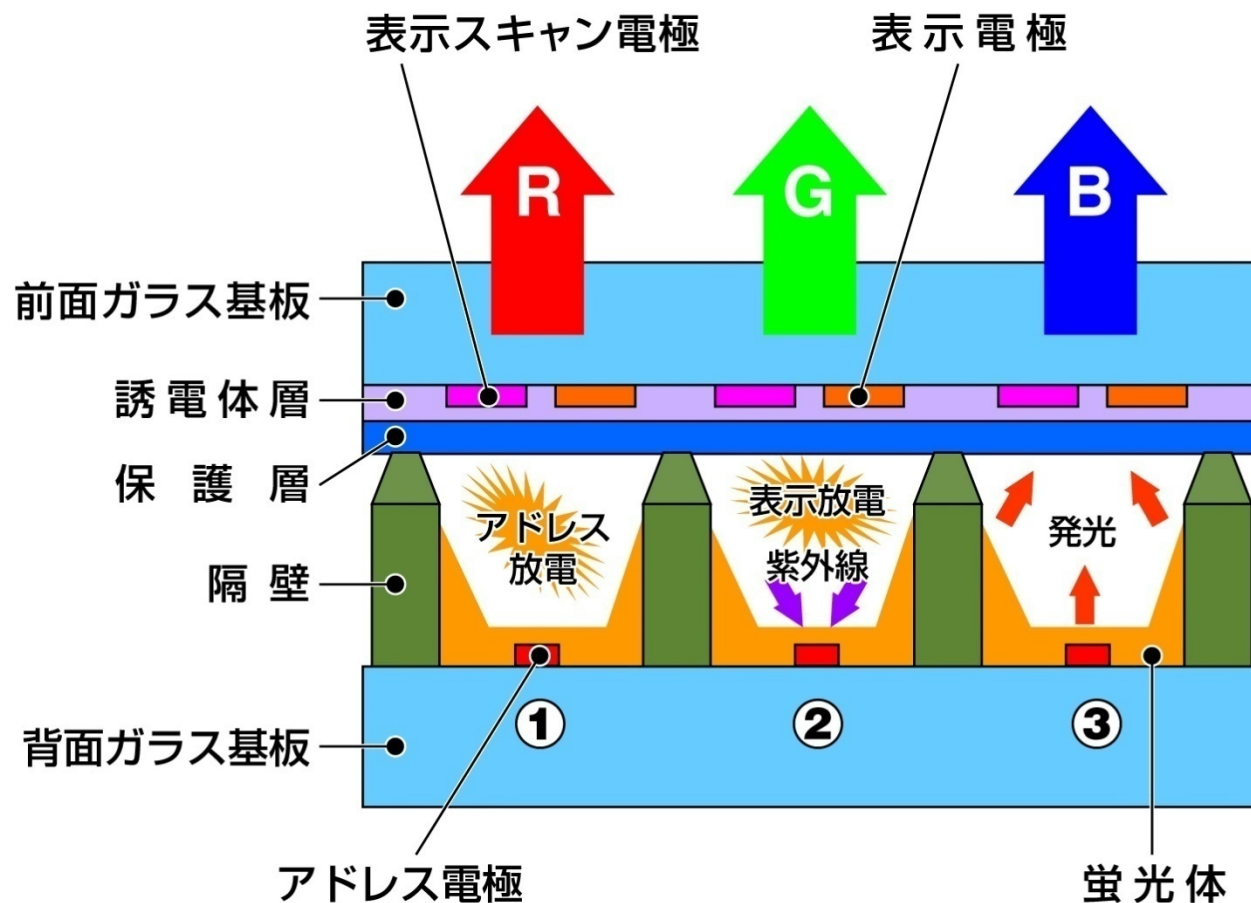
プラズマディスプレイの 概要



カラーPDFの構造は、RGBの3色に対応した非常に小さな蛍光ランプでできたサブ画素がマトリクス状に数百万個並んでいる



プラズマディスプレイの原理



① アドレス放電

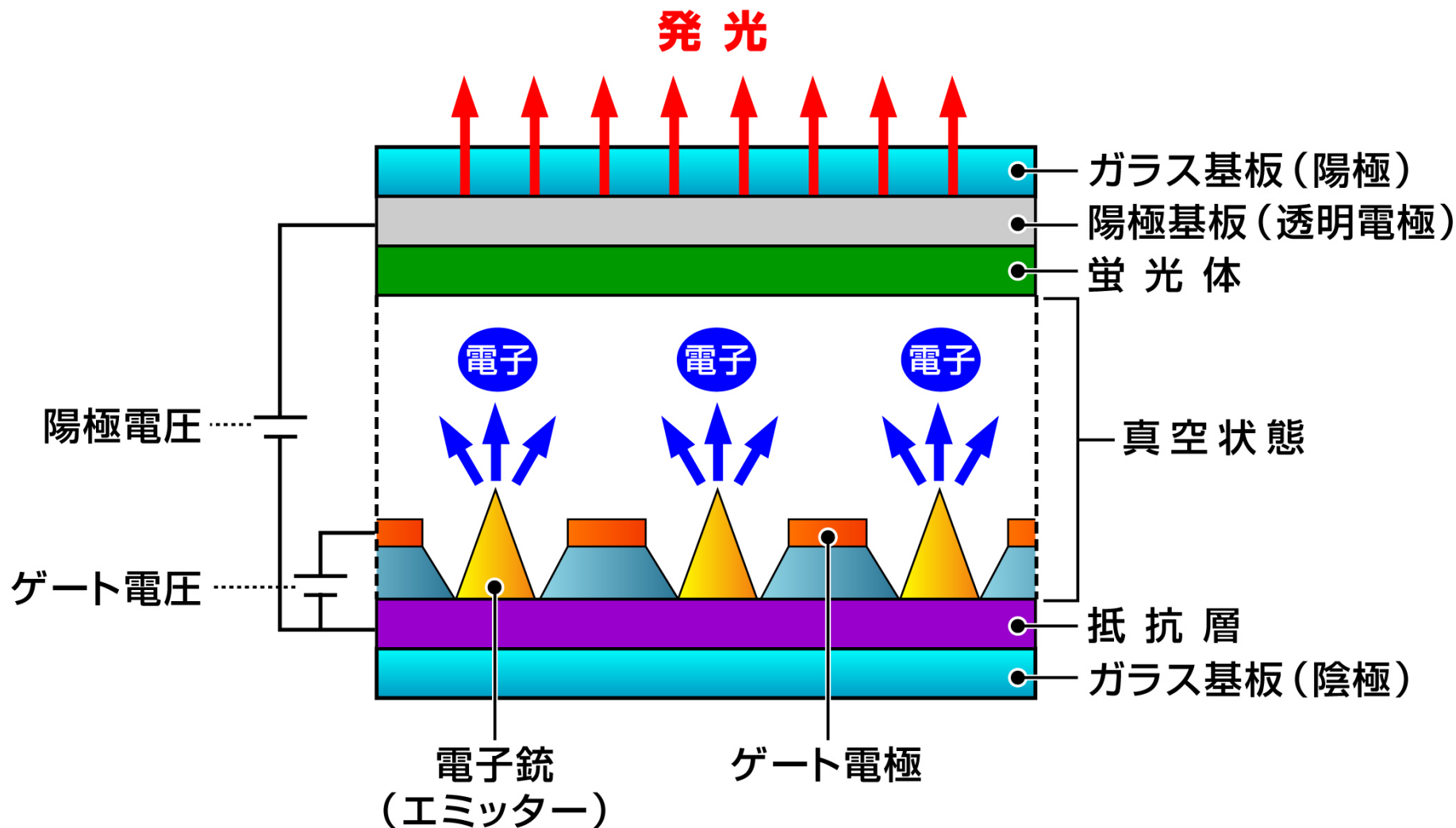
② 表示放電、
紫外線発生

③ 蛍光体発光

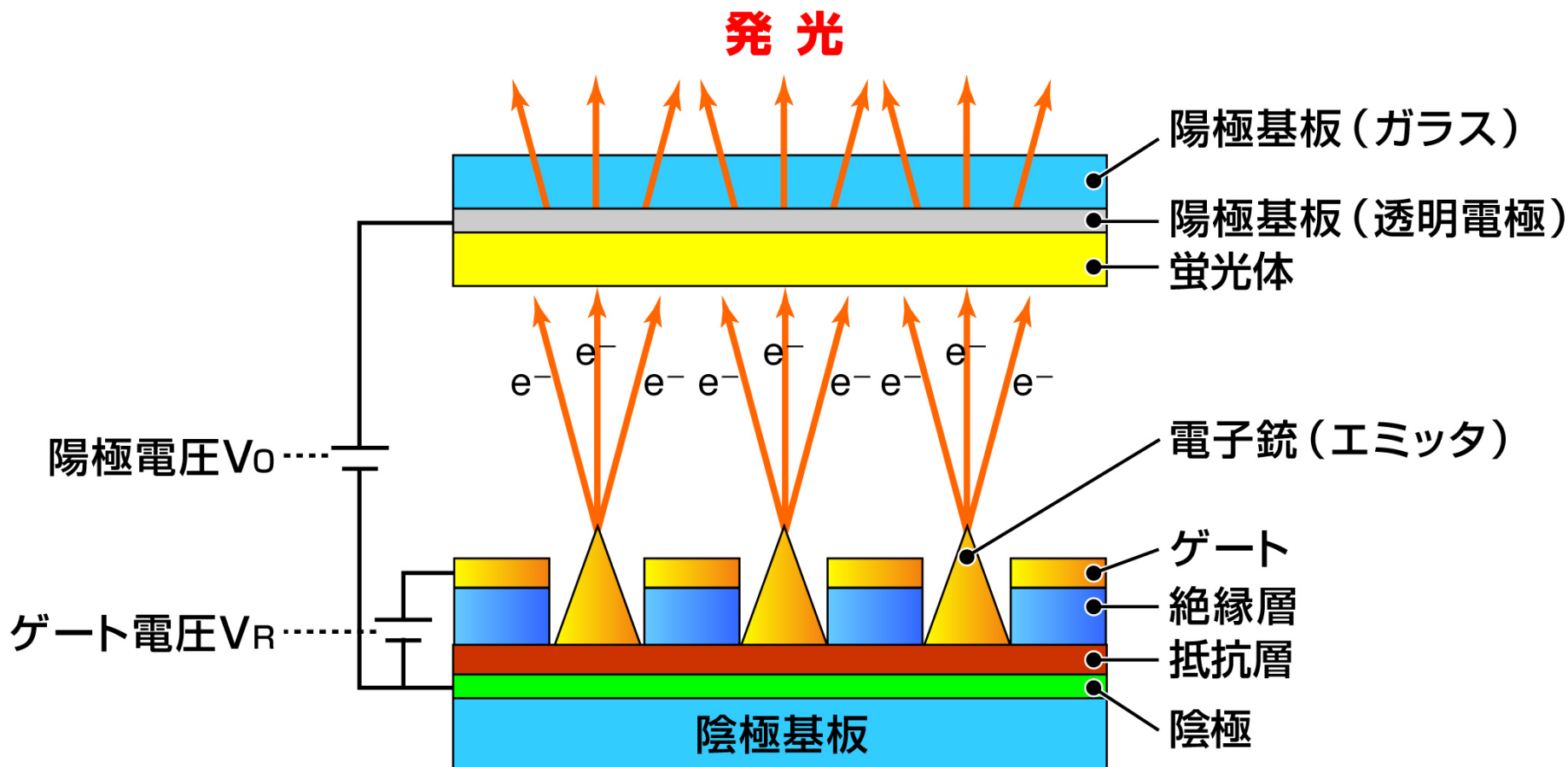
蛍光灯の小さなものを並べたディスプレイ。ガラス管の中に水銀ガスなどを封入して、これに電圧を印加して放電現象を起こし、この時に発生する紫外線が蛍光材料に衝突して発光する。

フィールドエミッション ディスプレイの概要

フィールドエミッションディスプレイの原理

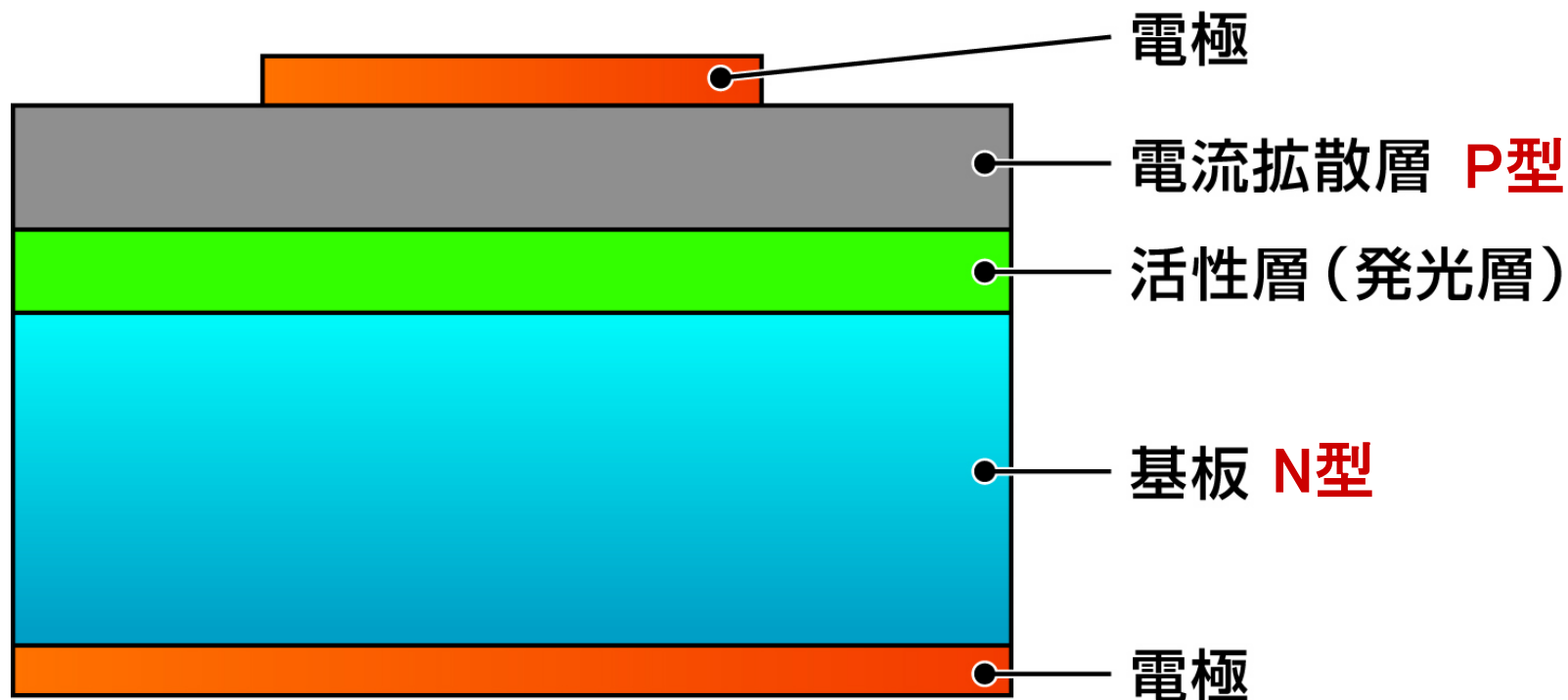


フィールドエミッションディスプレイの原理



電子銃(エミッタ)から電子ビームを照射して画像表示を得る構成になっており、基本的な仕組みはCRTと同じ。近年、電子銃にカーボンナノチューブを利用する試みがなされてから大画面化への可能性が出てきた。

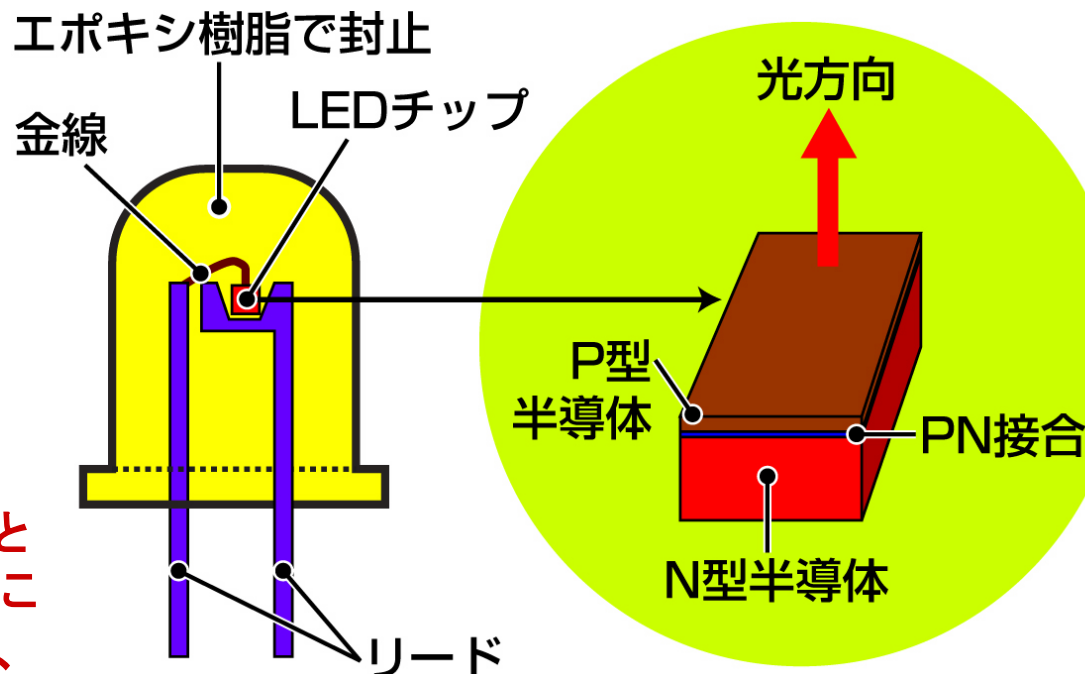
発光ダイオードの概要



N型基板上にPN接合を形成したウェハに対し上面、裏面に電極を形成する。このPN接合によりダイオードが形成される。上面の電極は光取りだしのためにワイヤボンディングを行う部分のみに電極がある。

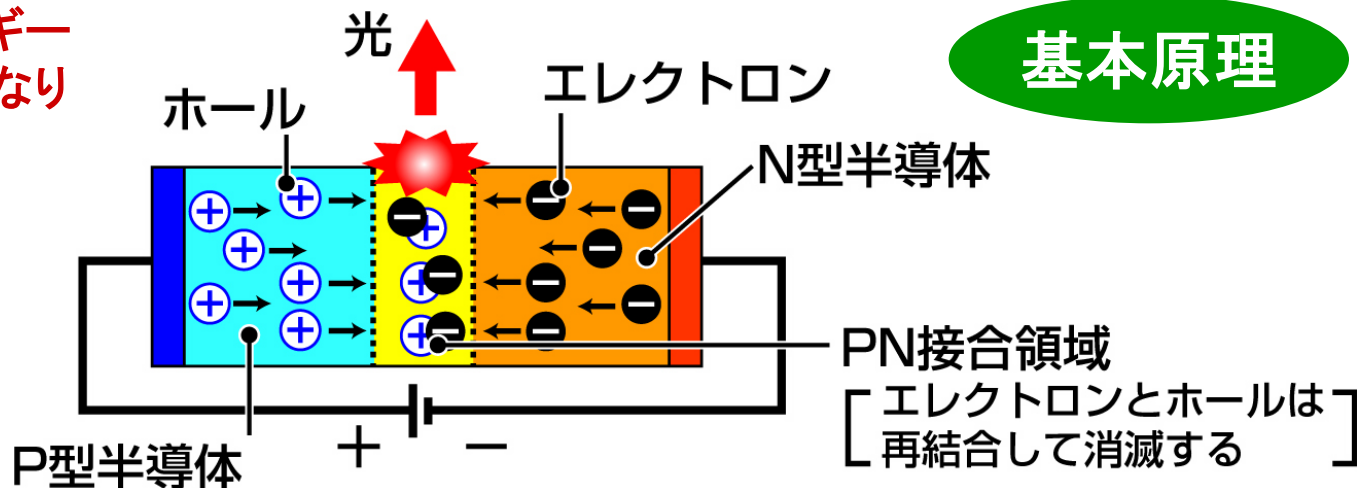
LEDの基本構造と基本原理

基本構造



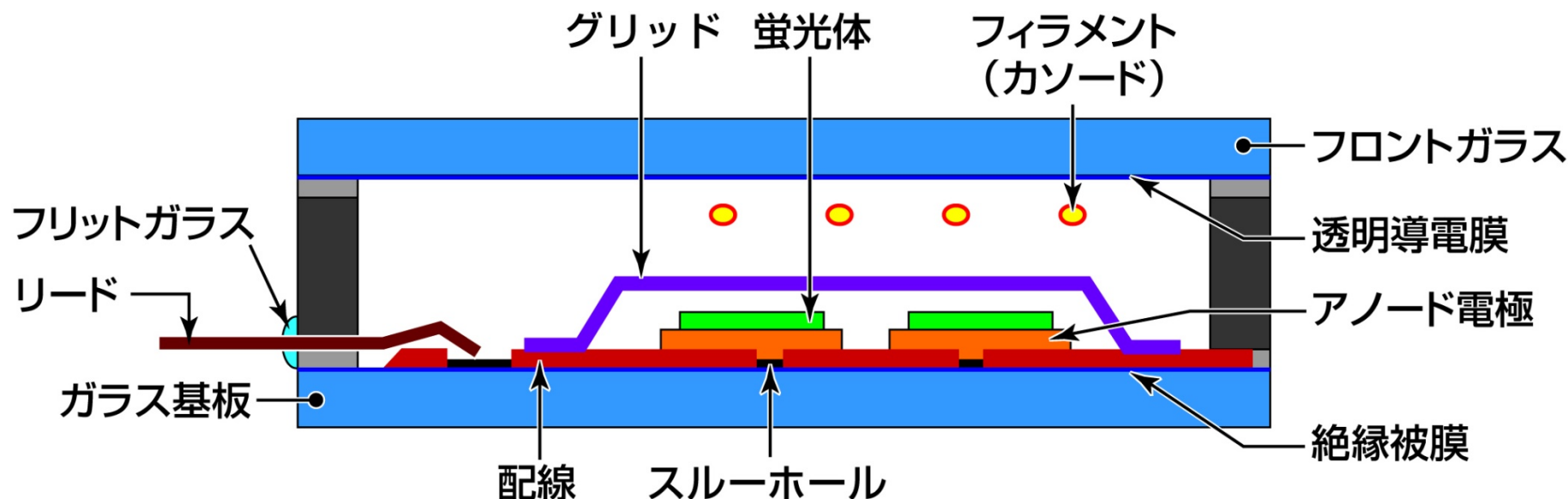
発光ダイオード(LED)は半導体であり、P型とN型の接合部を作りここに通電することにより、電子とホール(正孔)が再結合してエネルギーを得た励起状態になり発光する仕組み。

基本原理



蛍光表示管の概要

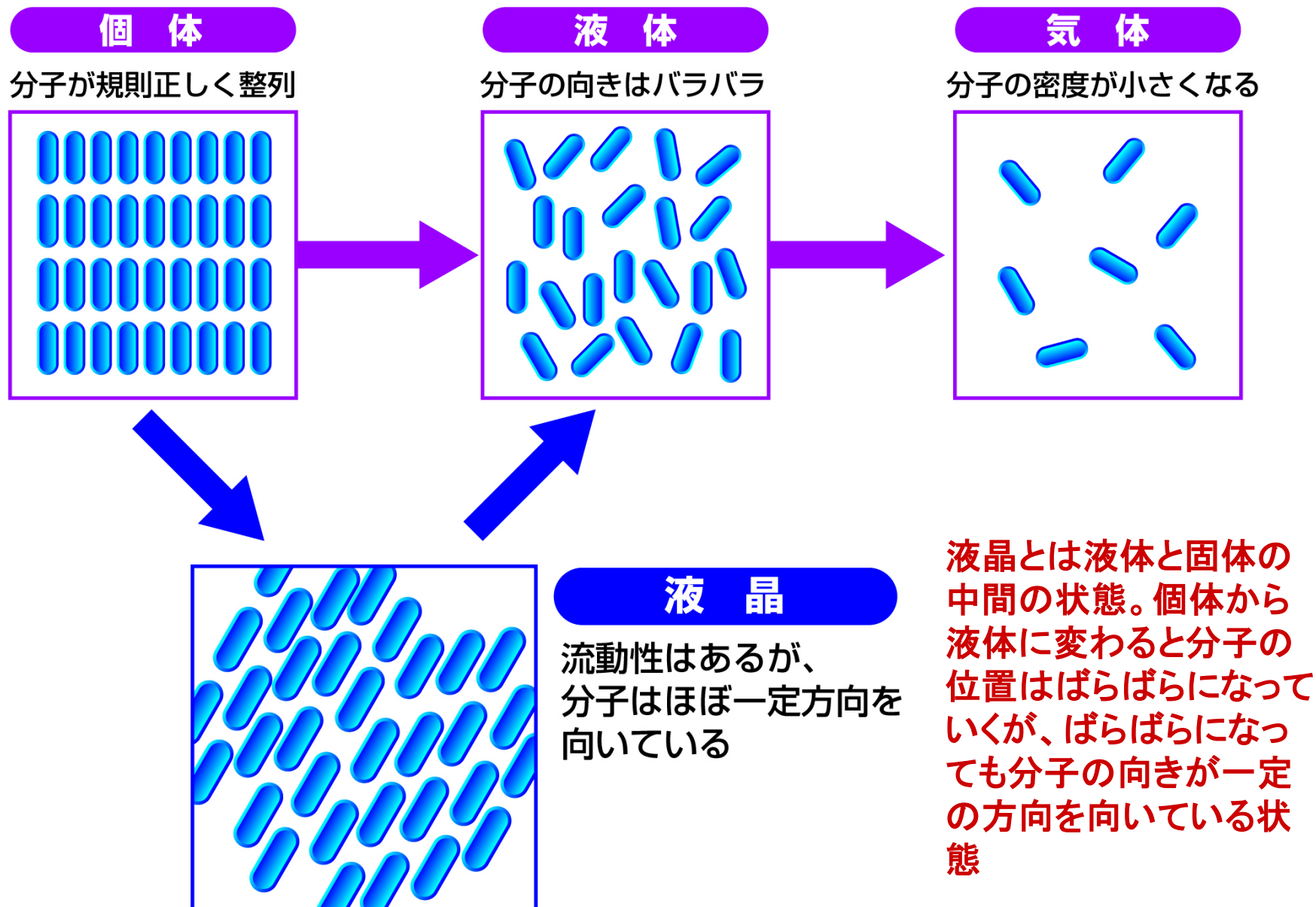
蛍光表示管の構造と基本原理



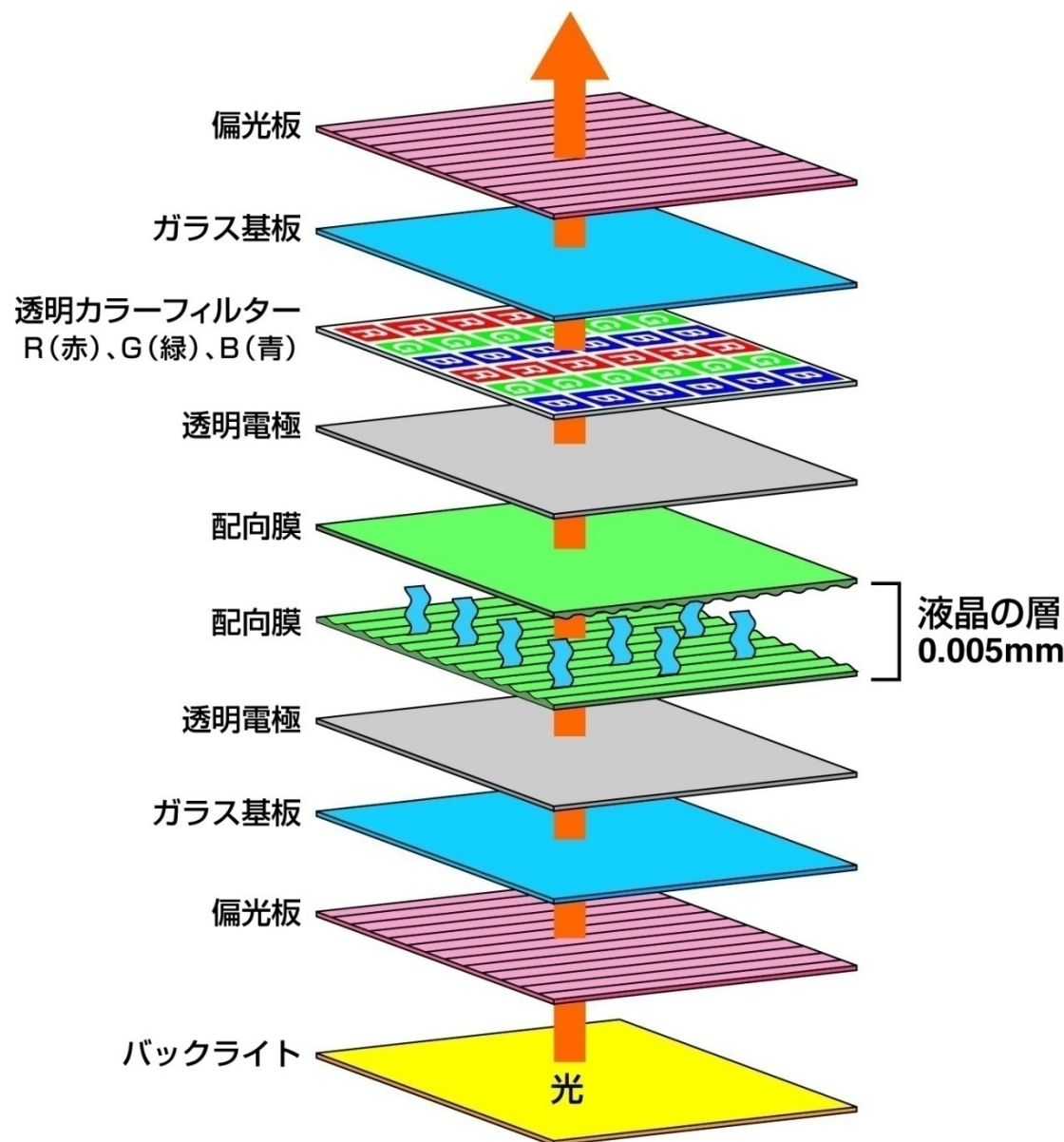
蛍光表示管：VFD (Vacuum Fluorescent Display)

通常の蛍光表示管は電子照射面側からフィラメントとメッシュグリッドを通して発光を観察する直視型である。フィラメントは表示の妨げにならない太さになっており、フィラメントの両端に電圧を印加することによりフィラメントから電子が放出される。グリッド電極に正の電圧を印加すると電子はアノード電極に到達し、負の電圧を印加すると、フィラメントからの電子放出を阻止する。電子はアノード電極の蛍光体に衝突し、蛍光体が発光する。

液晶ディスプレイ

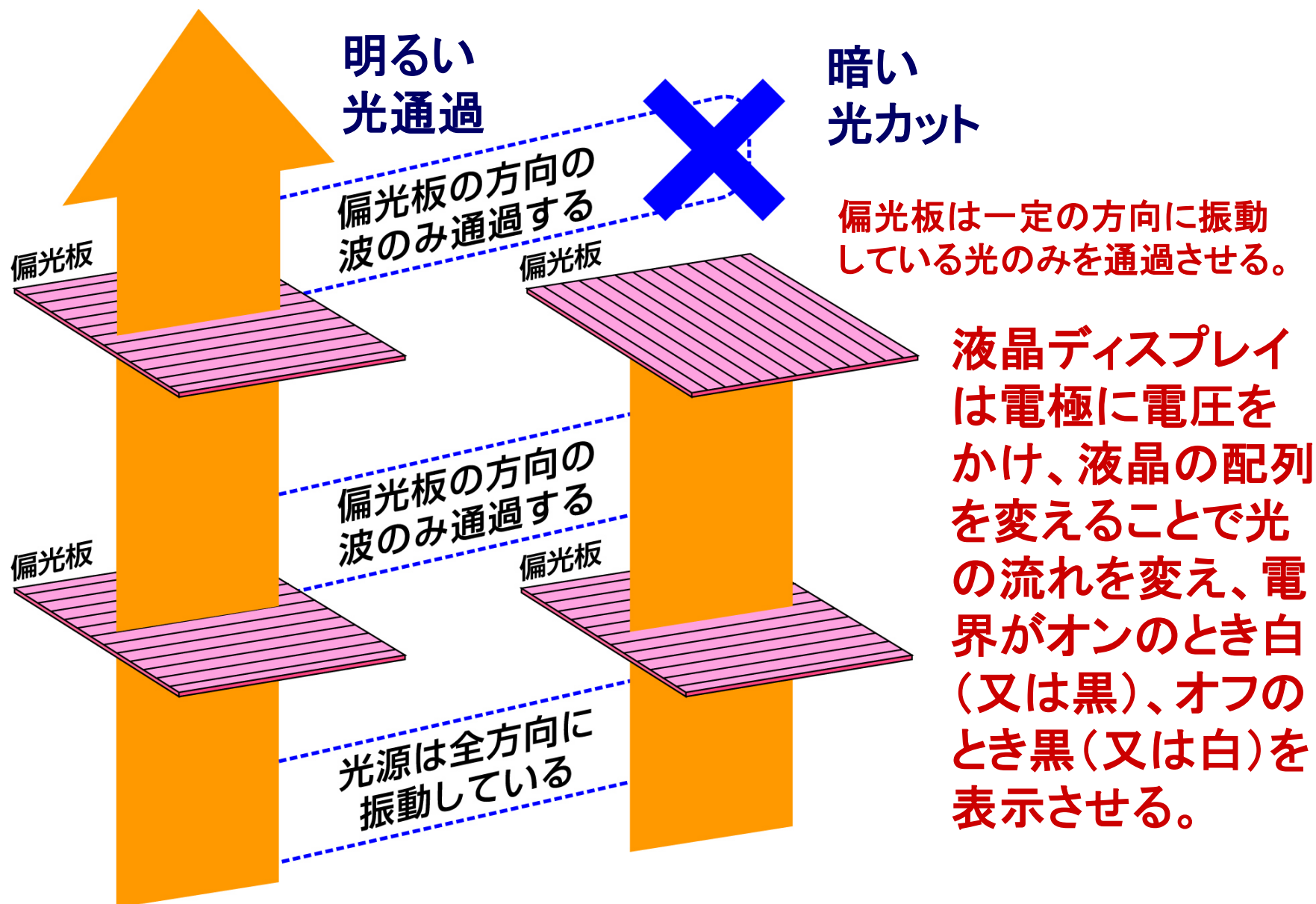


液晶ディスプレイの構造



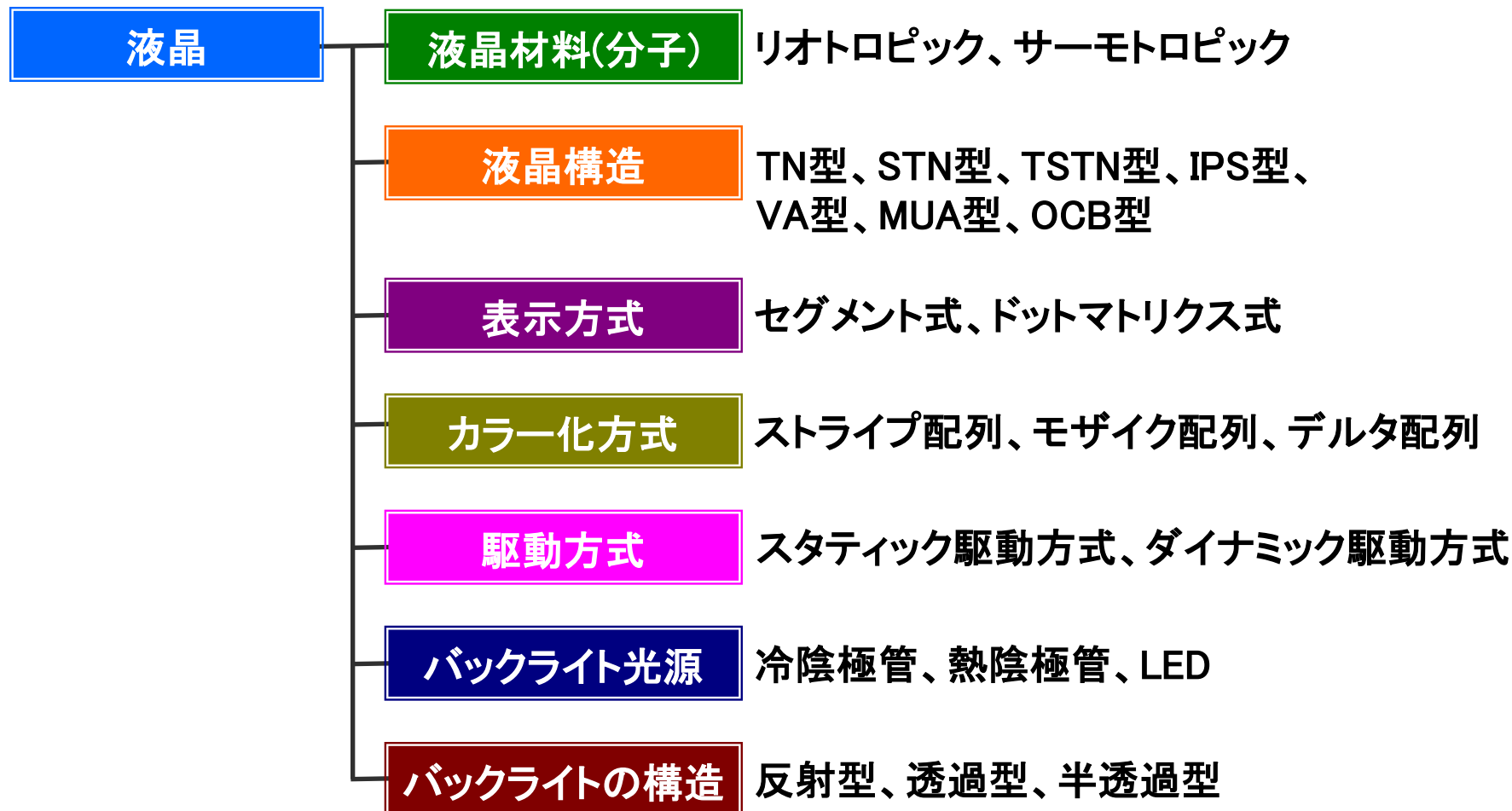
一番下にバックライトがあり、その上に偏光板があり、次いでガラス基板がある。偏光板は一定の方向に振動している光のみを通過させる。ガラス基板は液晶を閉じ込め、一定の厚さを維持する。透明電極は電流を流すことで液晶に電界を生じさせる役目をもつ。配向膜は液晶分子を一定の方向に向かせる役目を持つ。透明電極の上にはカラーフィルターがある。

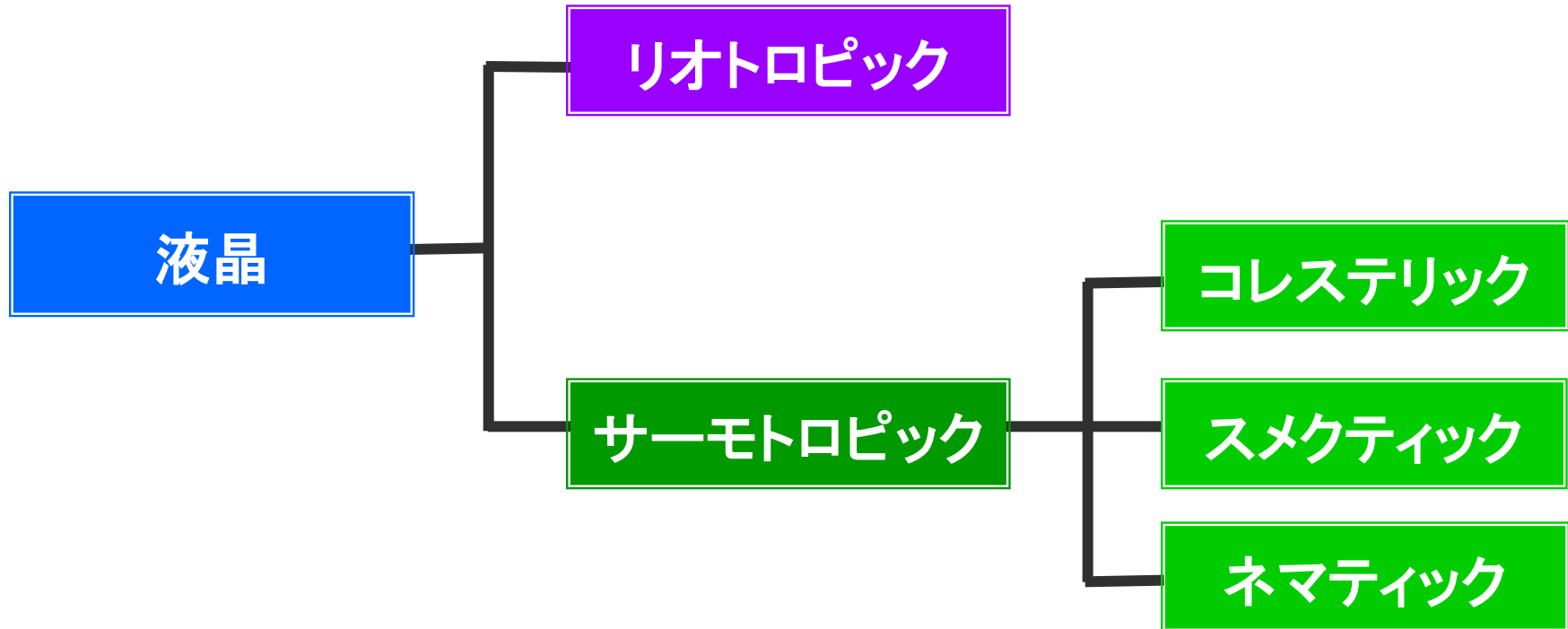
液晶ディスプレイの偏光板と表示原理



液晶ディスプレイの分類

液晶は、液晶材料の種類、制御方式、駆動方式、表示方式、カラーフィルターの配列、バックライトの光源、バックライトの構造などの違いにより分類することができる。

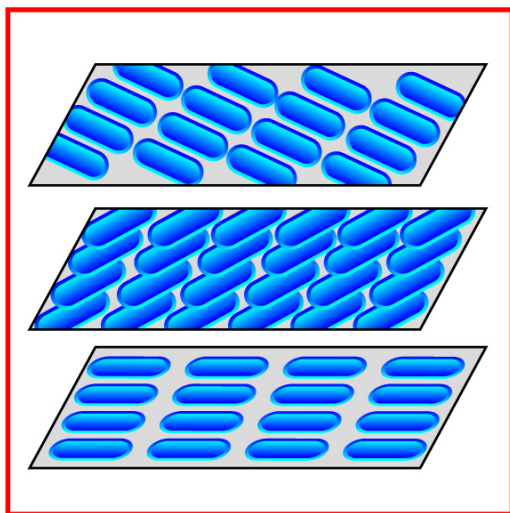




液晶はライニッツァーが発見した、温度によって液晶状態ができるサーモトロピック液晶と水など他の物質を加えると液晶になるリोटロピック液晶に分けられる。サーモトロピック液晶は液晶分子の配列により三つに分類される

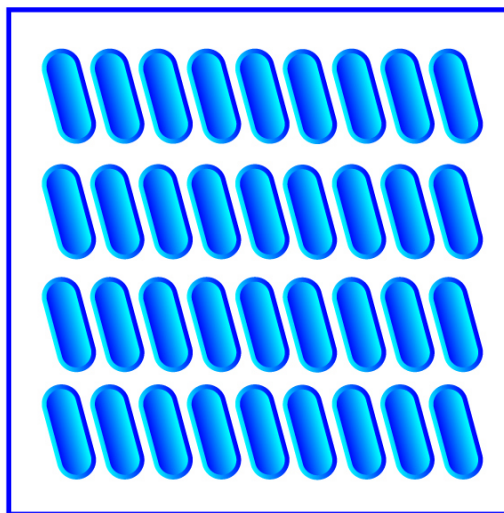
液晶材料の構造分類

コレステリック液晶



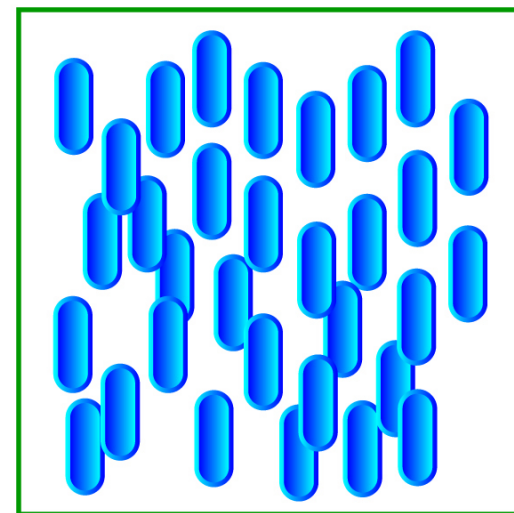
- 分子は一定方向に層状に並び、それが螺旋状に変化
- 温度で色が変わるため、温度計に使われる

スメクティック液晶



- 分子は同じ向きにきっちりと層状に並ぶ

ネマティック液晶

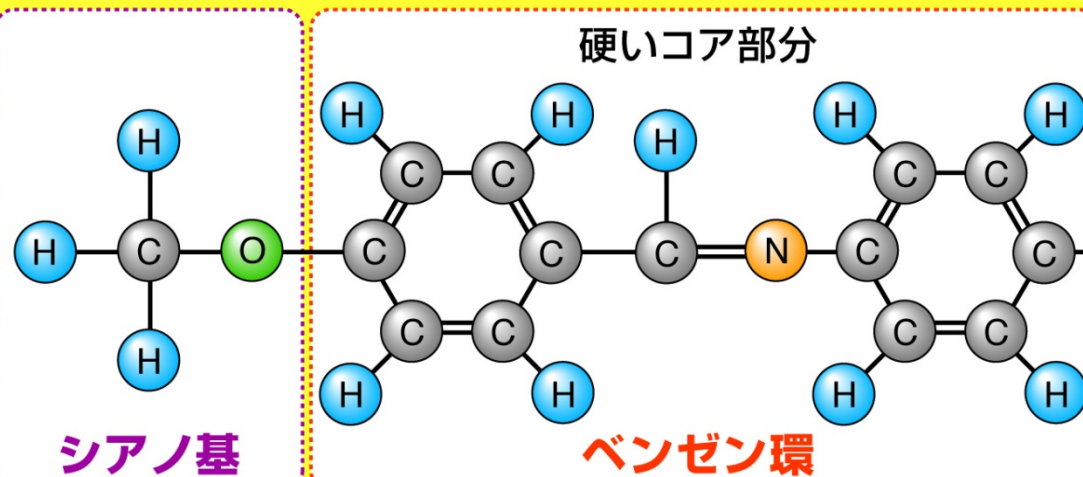


- 分子は一定方向を向いているが、規則性がなく並ぶ
- 液晶ディスプレイに使用

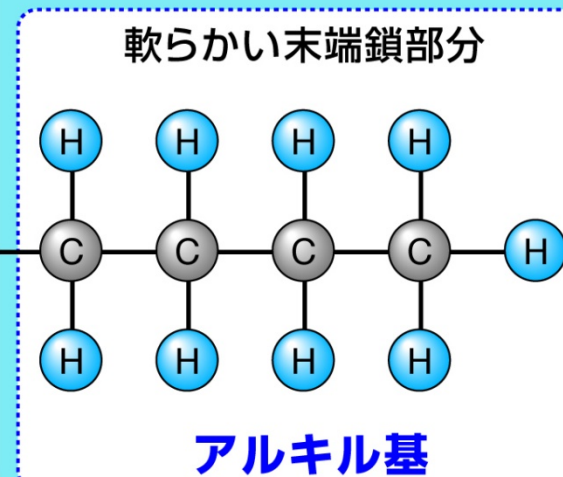
液晶タイプの電子ペーパーとしても利用

液晶材料分子の構造 ネマティック型

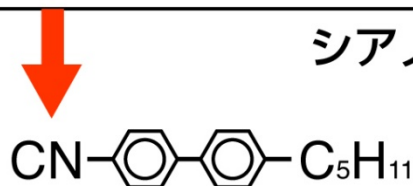
固体の性質



液体の性質



シアノビフェニール

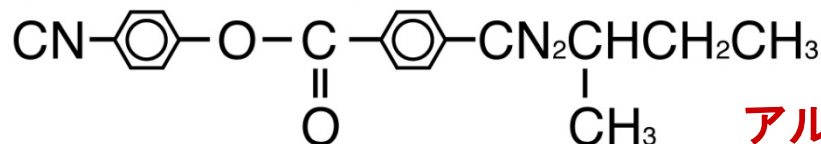


電気双極子

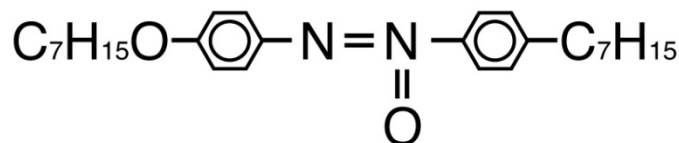
電界が生じると同じ方向を向く

液晶分子は炭素原子を骨格とした細長い形をした有機分子。2個のベンゼン環にシアノ基とアルキル基がついたもの。

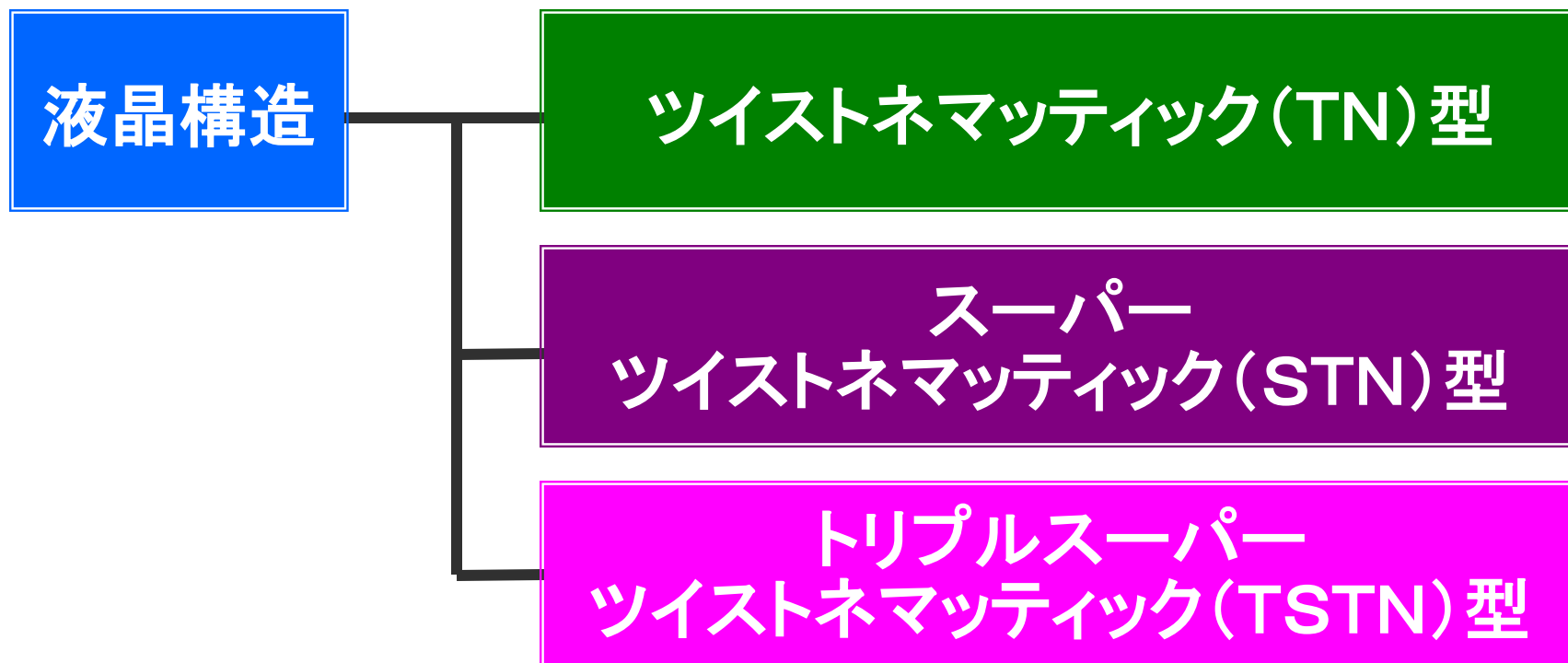
コレステリック型



スメクティック型



アルキル基は柔らかいので液体のように振舞おうとする。

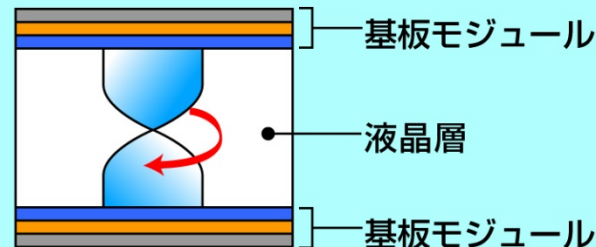


TN; Twisted Nematic 90度捻じれる
STN; Super Twisted Nematic 180度～270度捻じれる
TSTN; Triple Super Twisted Nematic 捻じれが逆

TN型

ネマティック液晶を90° ツイスト

- 液晶材料の基本である
- 大画面でコントラストがやや落ちる

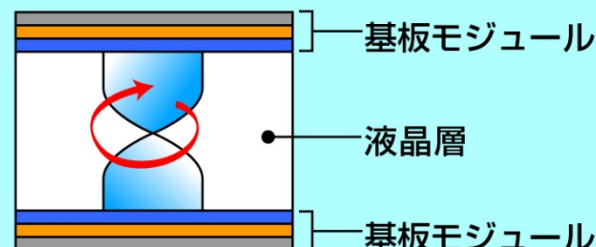


分子のツイスト
(ねじれ)が90°

STN型

ネマティック液晶を180~270° ツイスト

- 立ち上がり特性が改善し、コントラスト比がよくなる
- 大画面表示が可能だが、白黒表示ができず、黄緑／濃紺になってしまう

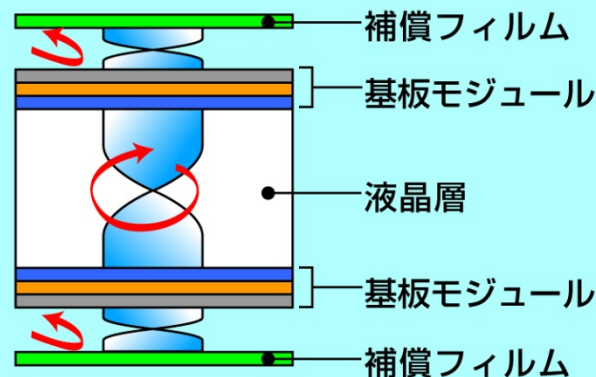


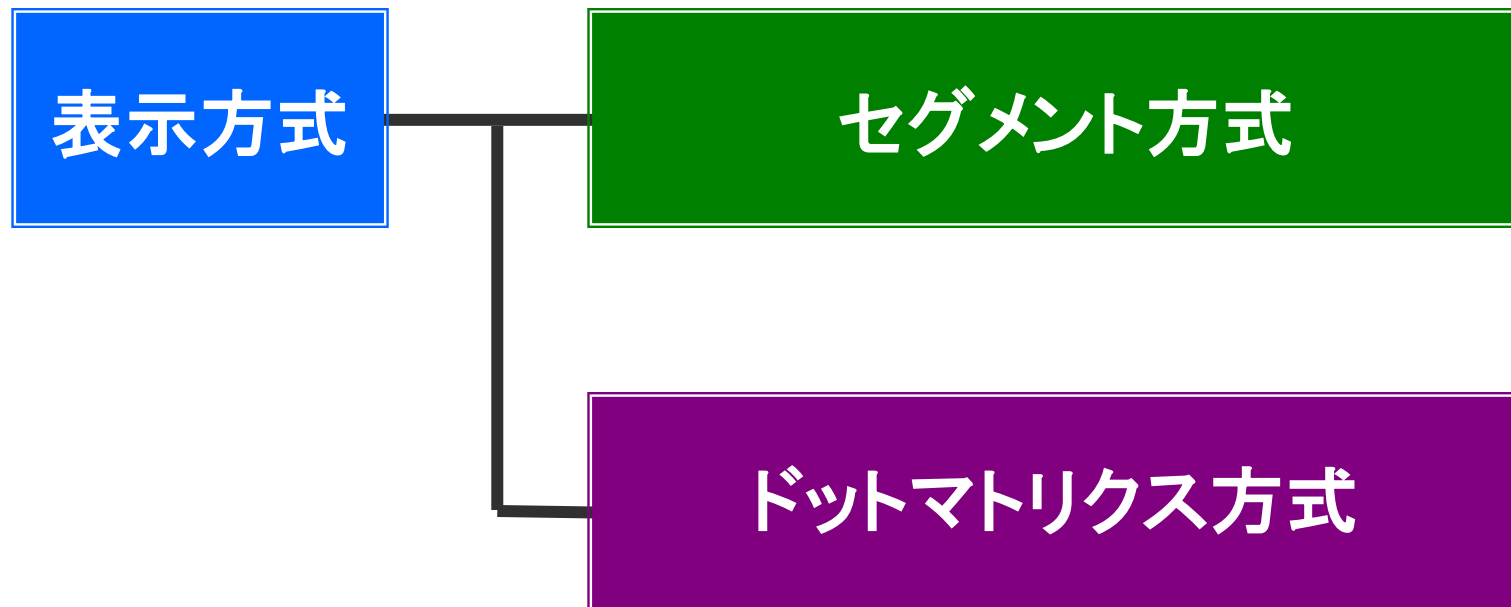
分子のツイスト
(ねじれ)が180~270°

TSTN型

ツイストが逆になる補償フィルムを
上下に用いたSTN型

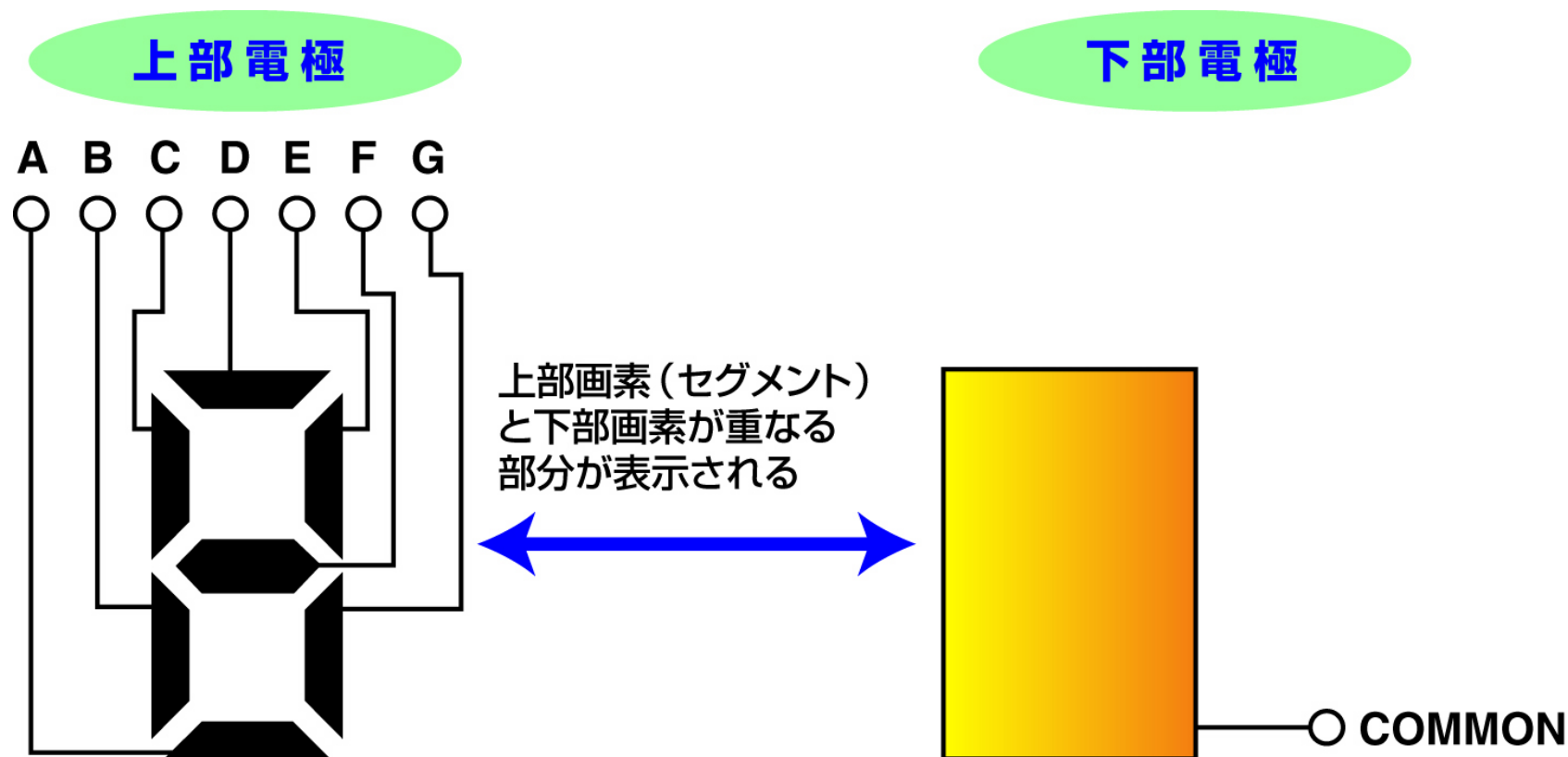
- STN型の欠点が解消されて白黒表示が可能となる
- 大画面でのカラー化が可能





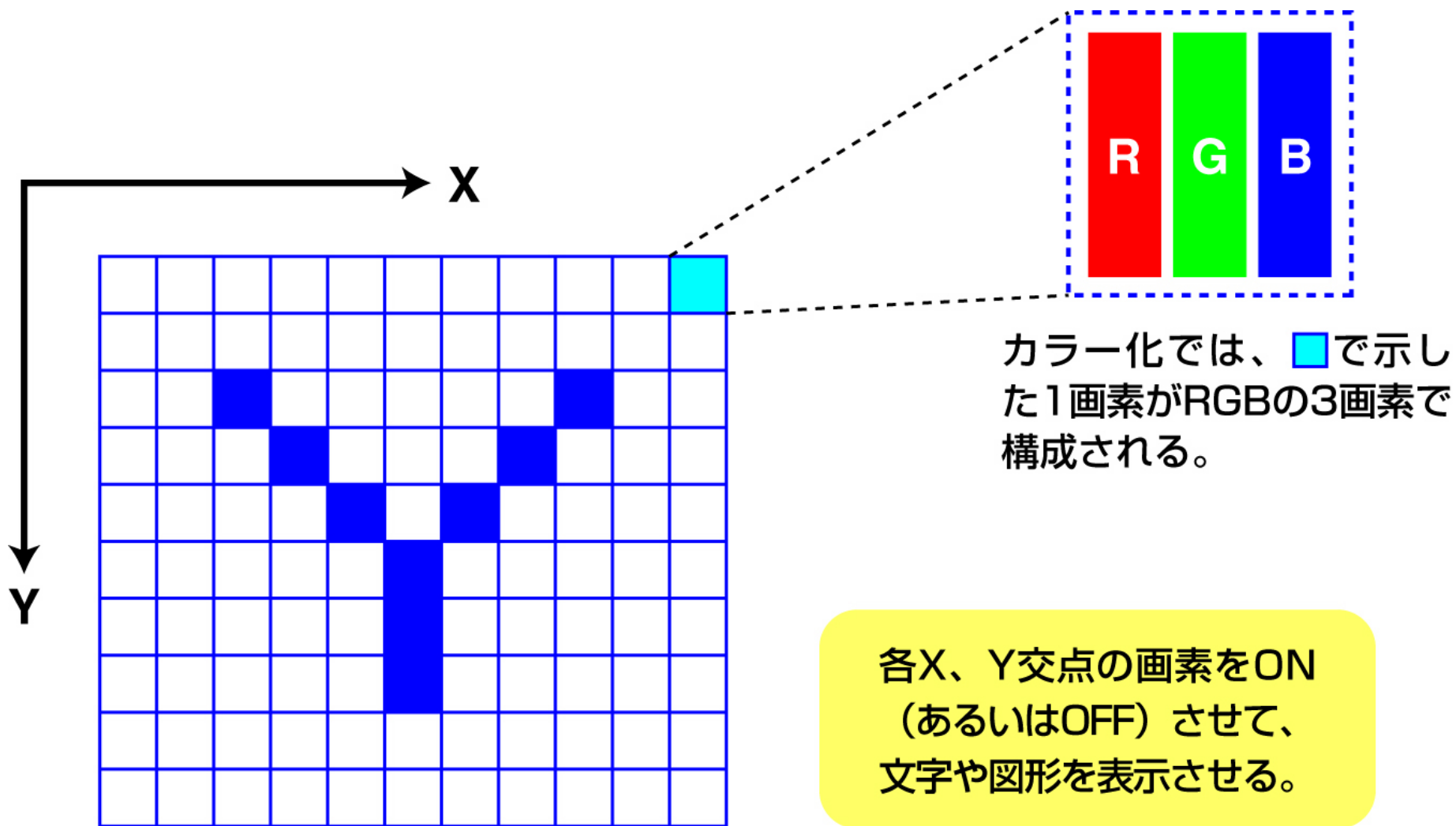
液晶の表示方式は、電卓で数字や記号を表示させるときに用いるようなセグメント方式と小さな点(ドット)の一つ一つを光らせるドットマトリクス方式に分類できる。

セグメント方式 (スタティック駆動方式)



セグメント方式はスタティック方式とダイナミック方式がある。スタティック方式は一方にセグメント電極がありもう一方には共通電極を配置して表示中は電圧をかけ続けるもの。ダイナミック方式は上下に対になった電極があり、表示中ずっと電圧をかけ続ける必要がない

ドットマトリクス方式 (110画素 $X=11, Y=10$)



カラーフィルターの配列

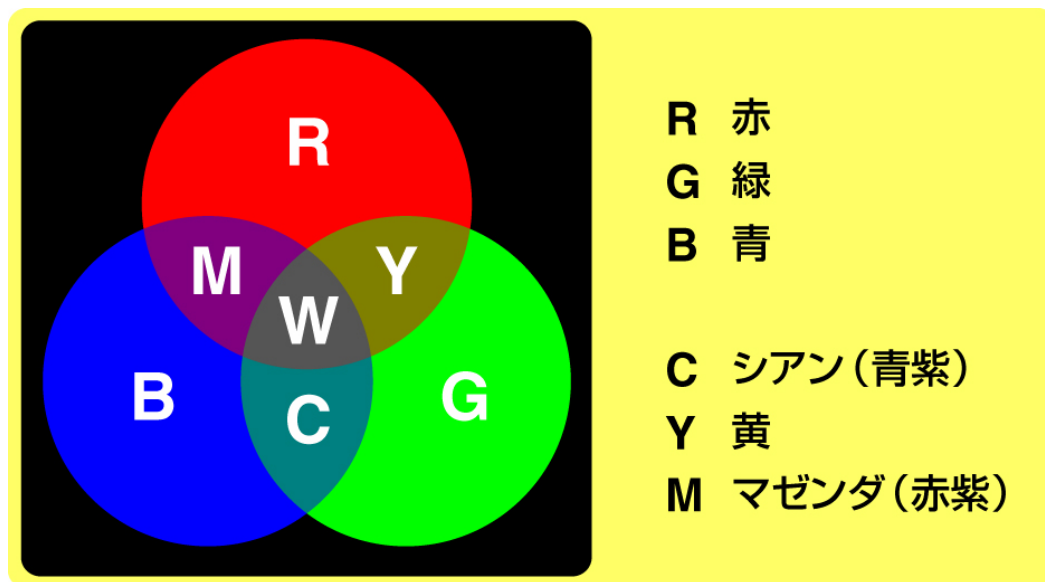
カラーフィルターはRGBの1セットを1画素としたものが規則正しく並んでいる。RGBの画素をどのように配列すれば、人間の目が自然に美しく色を認識できるかの研究の結果、現在は三種類の配列が使用されている。

ストライプ配列

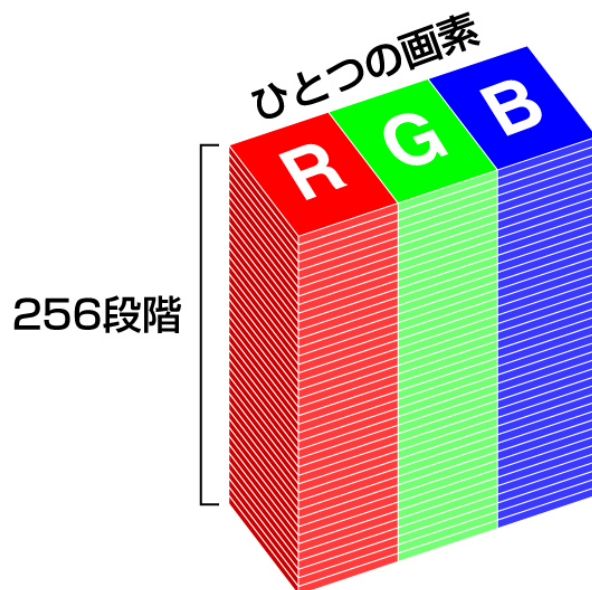
モザイク配列

デルタ配列

液晶ディスプレイのカラー化方式



液晶ディスプレイの一つの画素はRGBの三色フィルターがかけられた三つのドットから構成される。それぞれのドットの明るさを変えることによりいろいろな色を表示可能。三つの原色を混ぜて色を出すことを加法混色という。



- RGB各色8bitでコントロールすると、256段階の表示が可能。
- RGB各色が256段階だから、 256^3 で16,777,216色の表示が可能。

液晶ディスプレイのカラーフィルター配列

ストライプ配列



モザイク配列



デルタ配列



ストライプ配列

パソコン、大型液晶テレビ、文字、線や図形表示に適している。

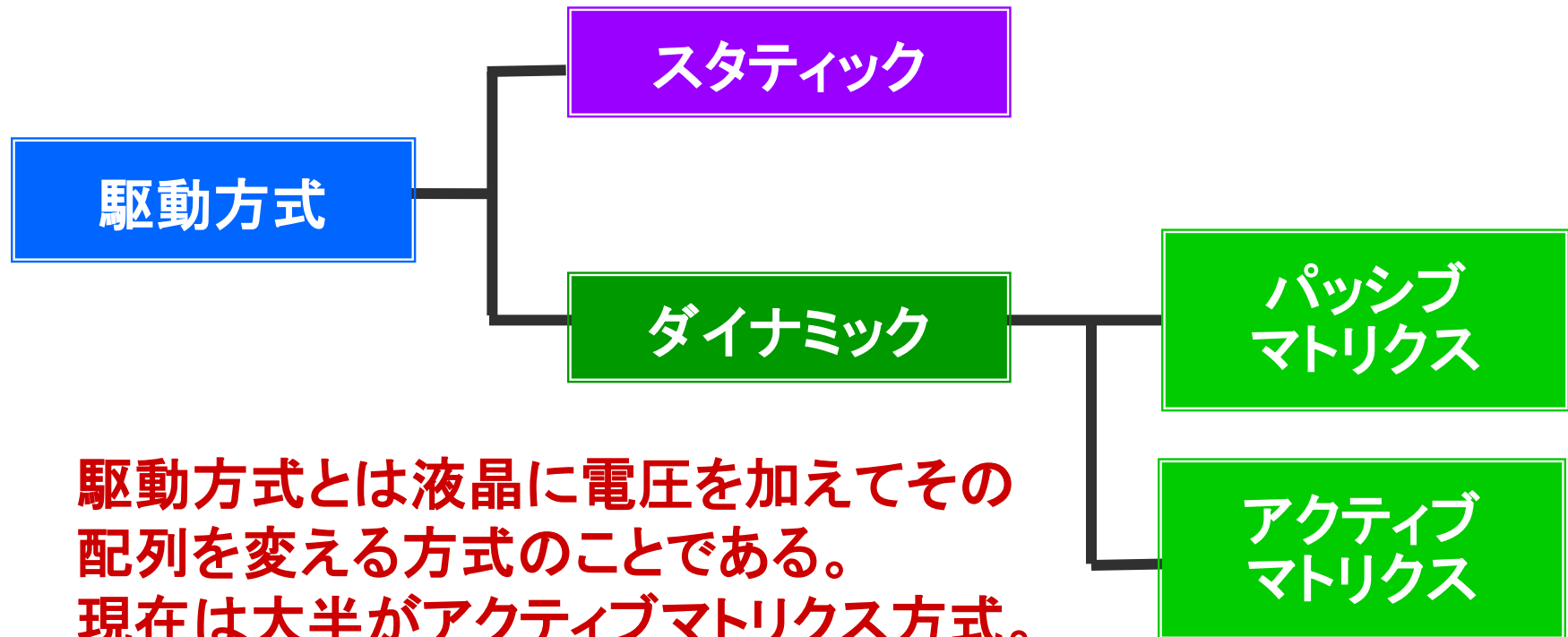
モザイク配列

デジタルカメラ、小型液晶テレビ、画像や映像表示に適している。

デルタ配列

ビデオカメラ、動く動画表示に適している。

液晶ディスプレイの駆動方式



パッシブマトリクス方式は液晶を挟む上下の透明電極に互いに90°で交差するように何本も透明電極をつくり二つの電極の交点にある液晶に電圧を加える方式。アクティブ方式は液晶を挟む透明電極の下方のものに垂直に交差する電極をつけその交点にスイッチの役目をするトランジスタを配置した方式。

液晶ディスプレイのバックライト光源

バックライトの光源

冷陰極管

パソコン、液晶テレビ

熱陰極管

消費電力大、寿命が短い

発光ダイオード

携帯電話、長寿命(10万時間)

低消費電力、超小型

冷陰極管

熱陰極管

発光ダイオード

冷陰極管は蛍光灯と同じ原理で発光する。冷陰極管にはフィラメントがなく管の両端に高電圧を加えて電子を飛び出させ、発光する仕組み。熱陰極管は蛍光灯と同じもので、管の両端にフィラメントがありそれを熱して電子を放出し発光する仕組み。

バックライトの構造

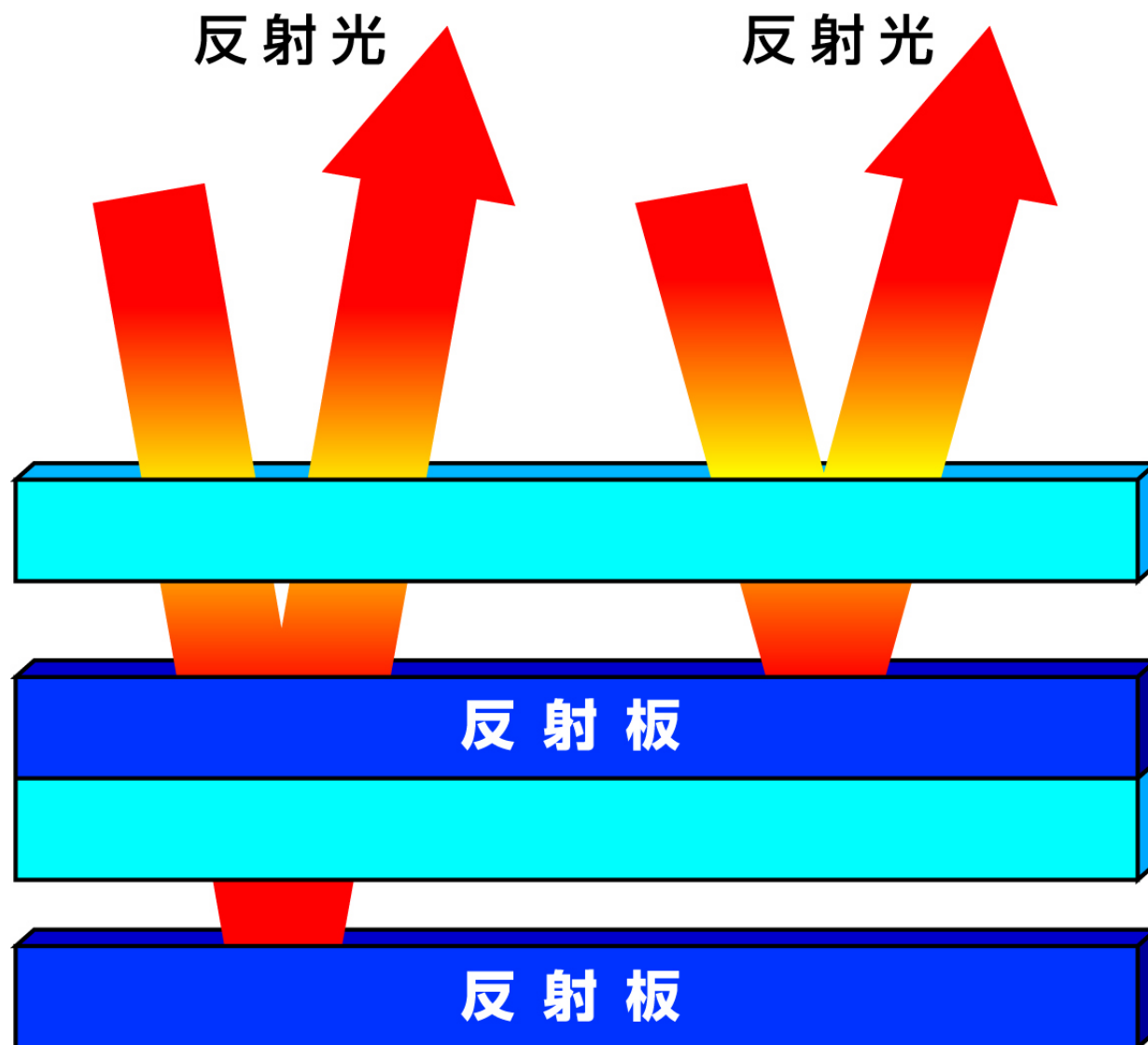
反射型

透過型

半透過型

液晶ユニットの一番下部に薄い透明なアクリル板が付いている。これを導光板といい、冷陰極管などの光源は導光板の横についている。光源が点灯するとそこから出た光は導光板に導かれ液晶を照らす。導光板の下には反射板が取り付けられ光が無駄なく液晶に当たるようになっている。

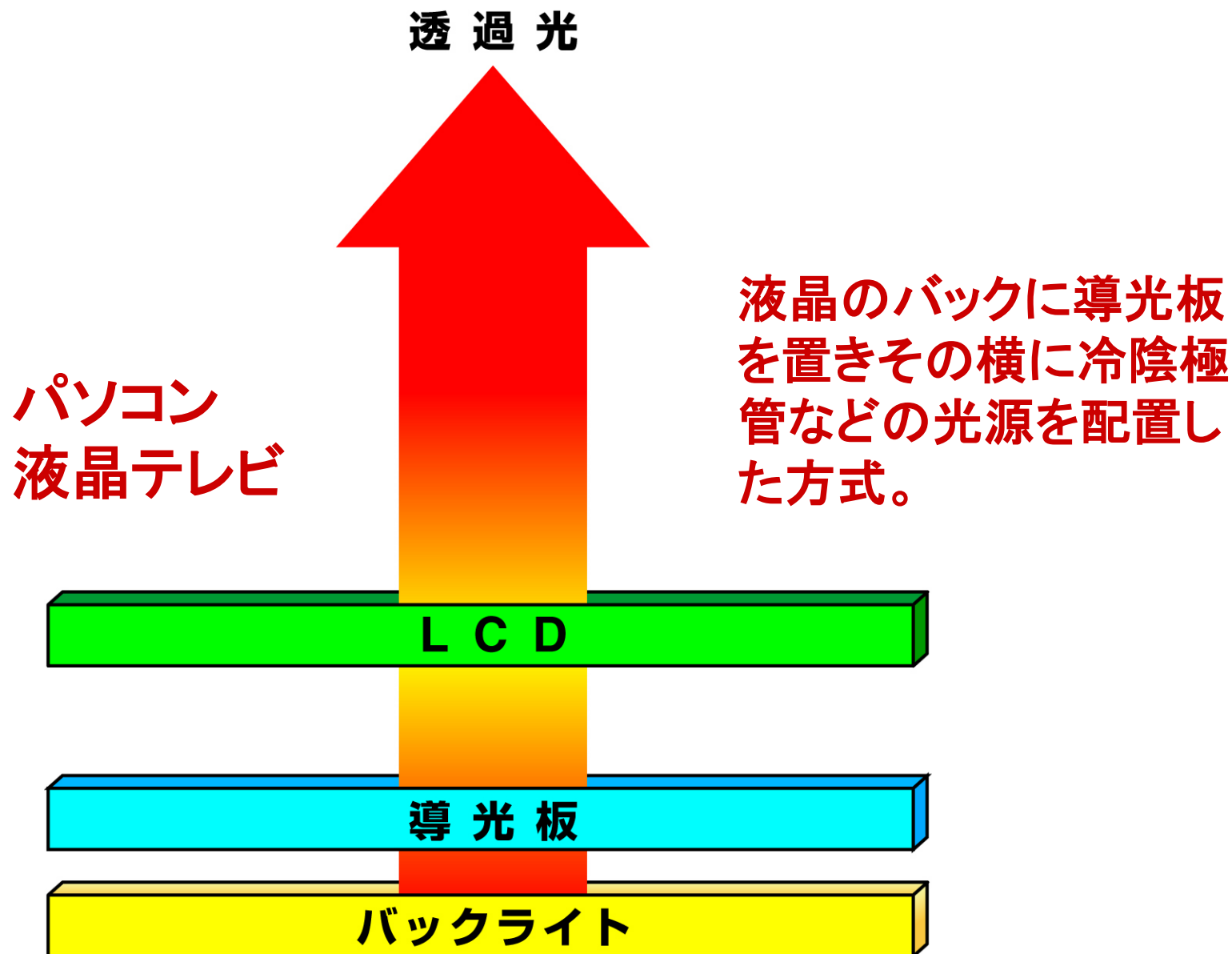
液晶ディスプレイのバックライト構造 反射型



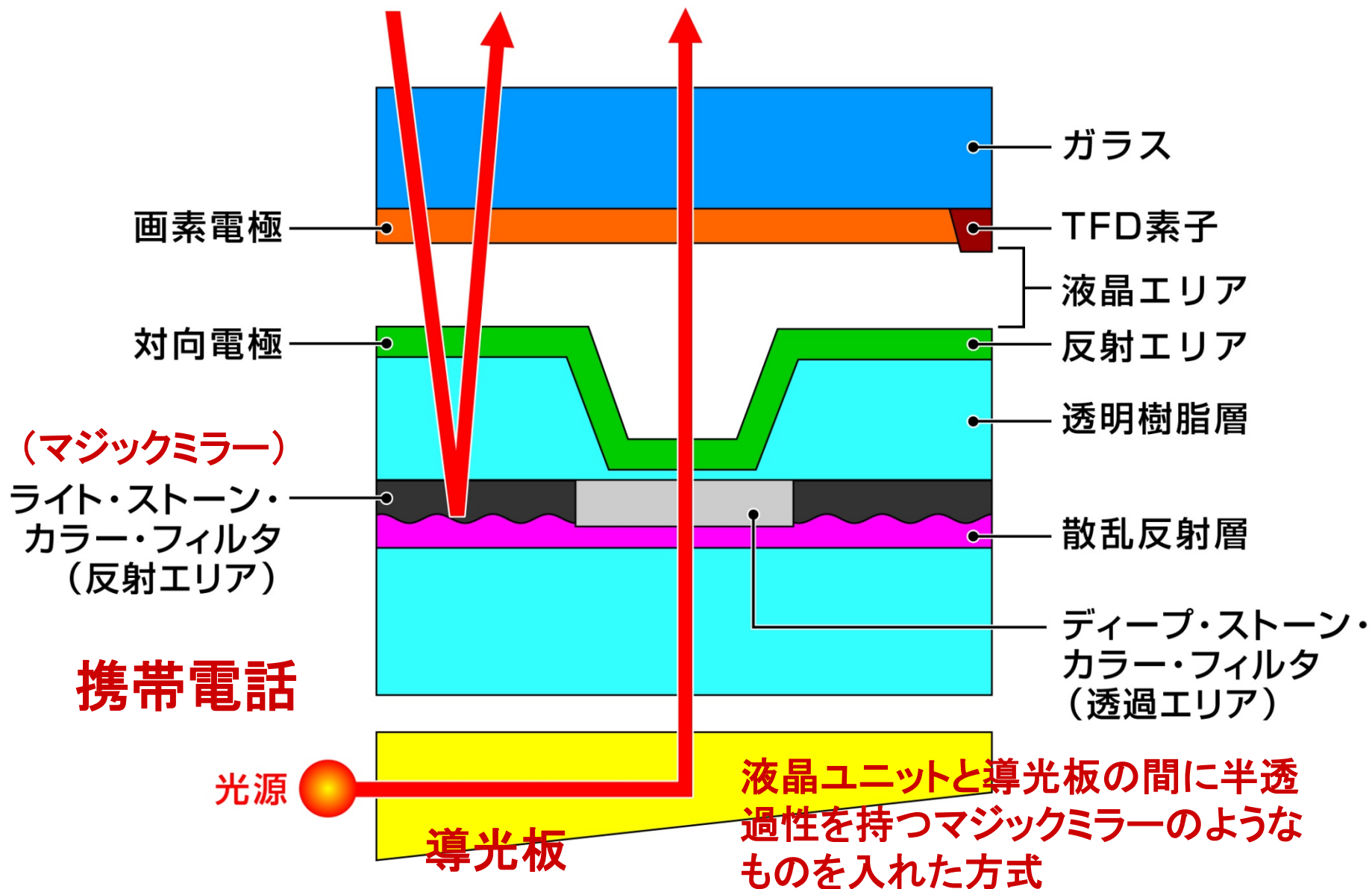
液晶ディスプレイの表面に差し込んだ太陽光や電灯の灯を反射させて液晶表示を見る方式。

電卓
腕時計

液晶ディスプレイのバックライト構造 透過型

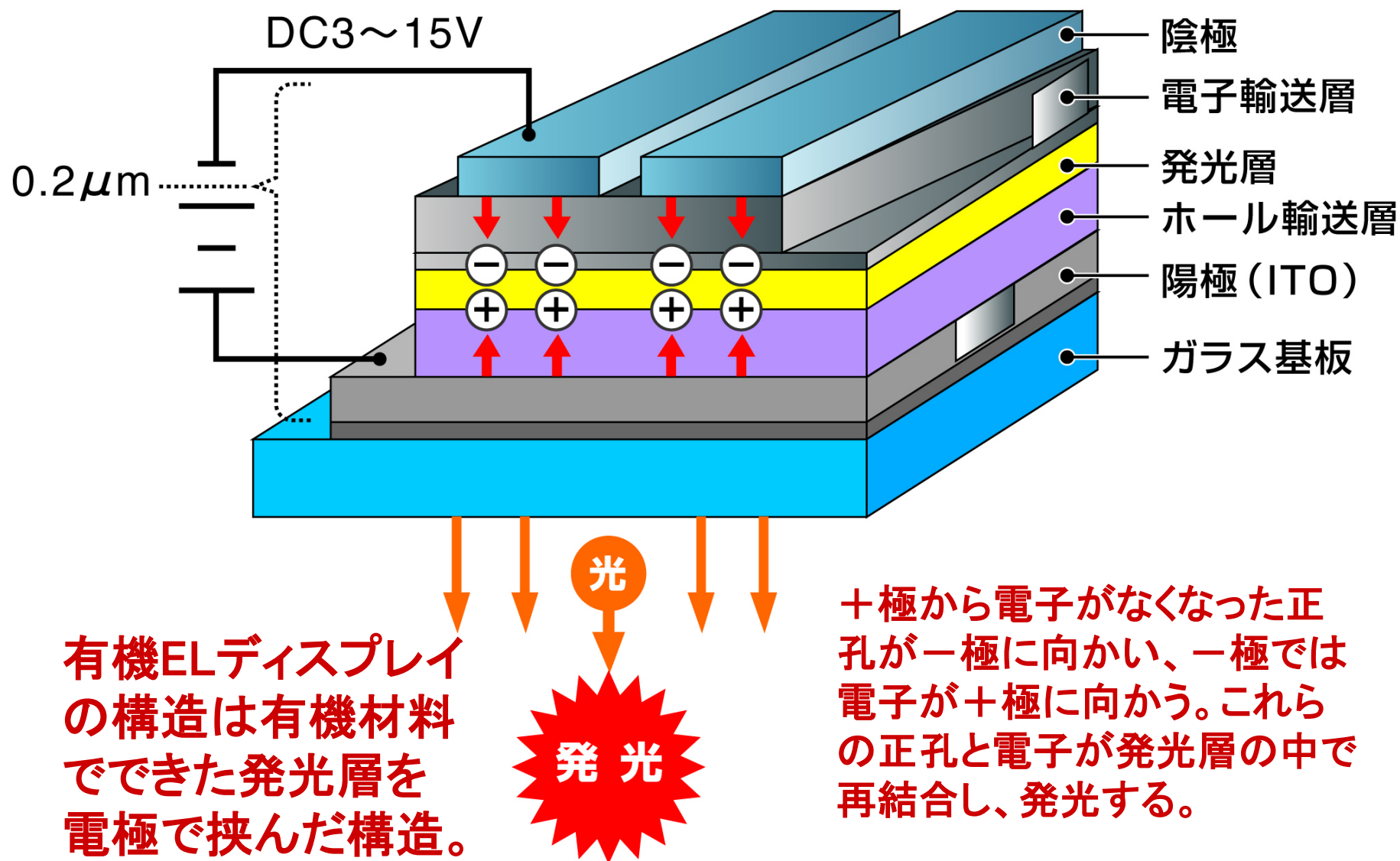


液晶ディスプレイのバックライト構造 半透過型



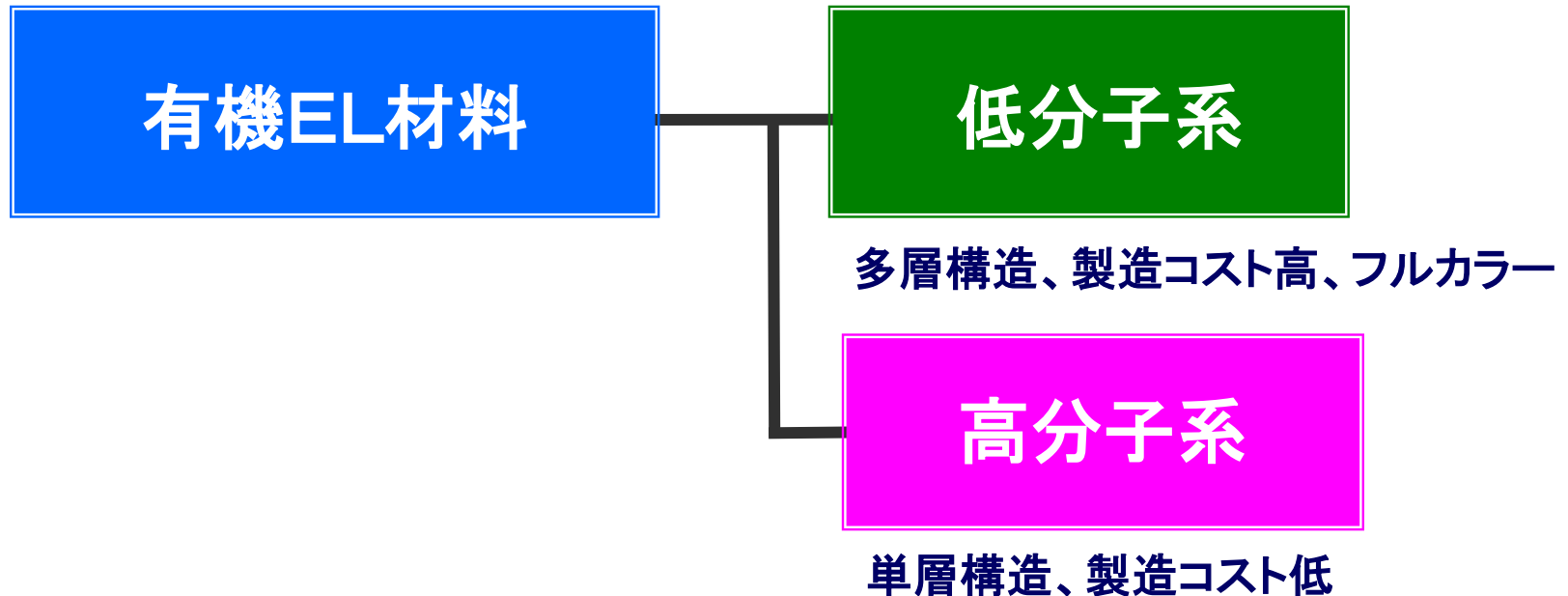
有機ELディスプレイ

有機ELディスプレイの構造と原理

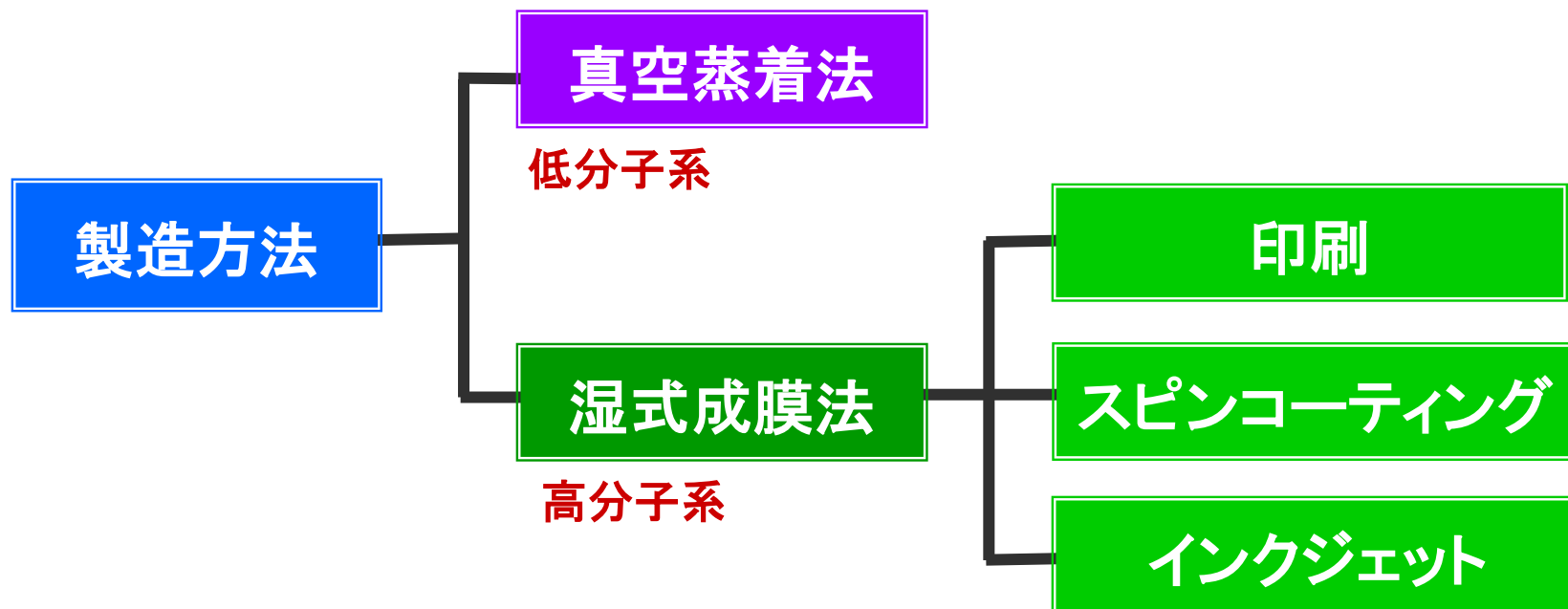


有機ELディスプレイは、有機材料の種類、製造方法、構造、駆動方式、カラー化方式、などの違いにより分類できる。





有機ELは有機化合物をガラス基板に蒸着したもの。有機ELは低分子系と高分子系に分けられる。高分子系は分子量が100以上集まっているものをいう。高分子系は発光体を薄膜として塗布するときインクジェット方式が使えるため製造コストが安い。



低分子有機ELの製造方法は、多層構造の有機薄膜層（注入層、輸送層、発光層）をドライプロセスである真空蒸着により成膜する。高分子系は塗布や印刷技術で成膜する。スピコート法は陽極形成後のガラス基板を高速回転させ、薄膜上にノズルから発光材料を滴下する方式。インクジェット法はパソコンのプリンタと同じ方法。

構造

単層型

2層型

3層型

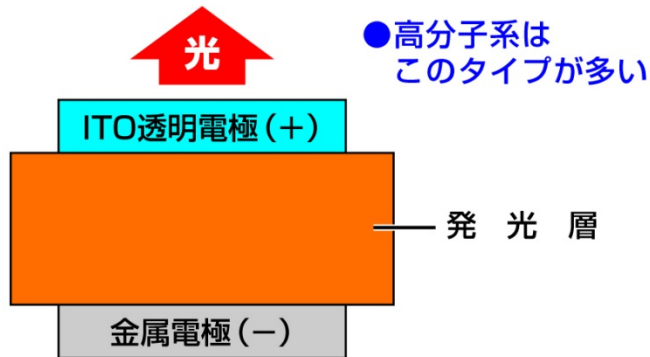
4層型

5層型

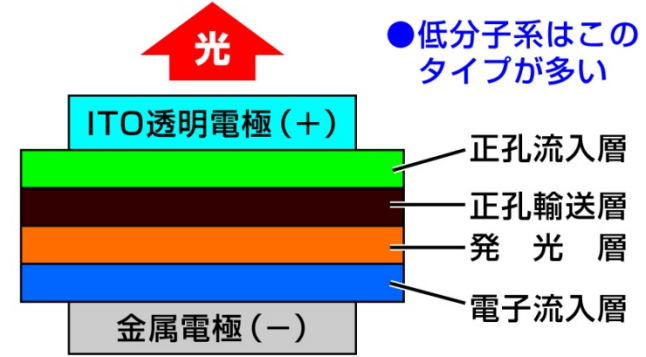
有機ELの素子構造は電極から正孔や電子をいかに効率よく引き出して、発光層側に流入(注入)しそれを発光層まで損失なく効率よく輸送するかにかかっている。

有機ELの単純な素子構造は、発光層を両側から電極で挟んだ構造である。しかし、発光効率を上げるためにはキャリア(正孔、電子)を円滑に発光層まで移動するために流入層や輸送層が必要になる。

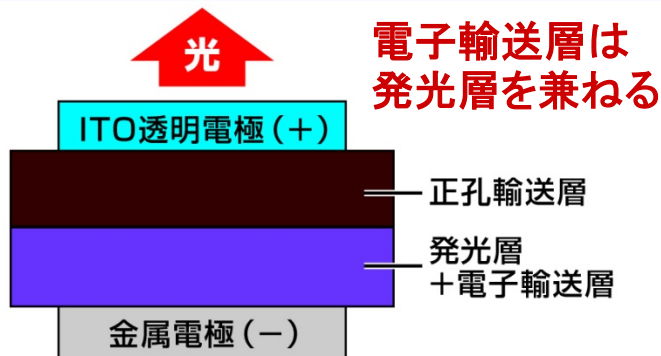
単層型



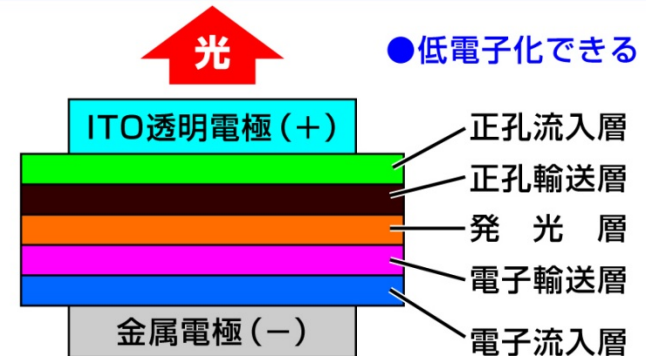
4層型



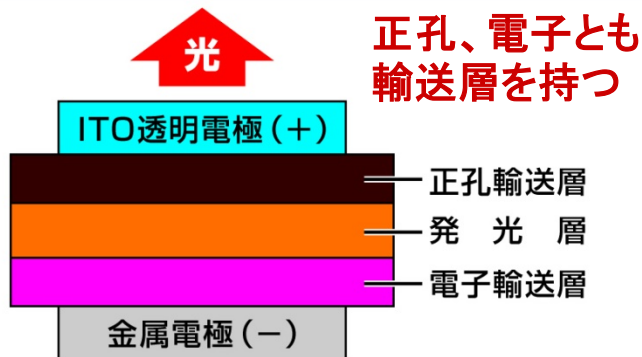
2層型



5層型



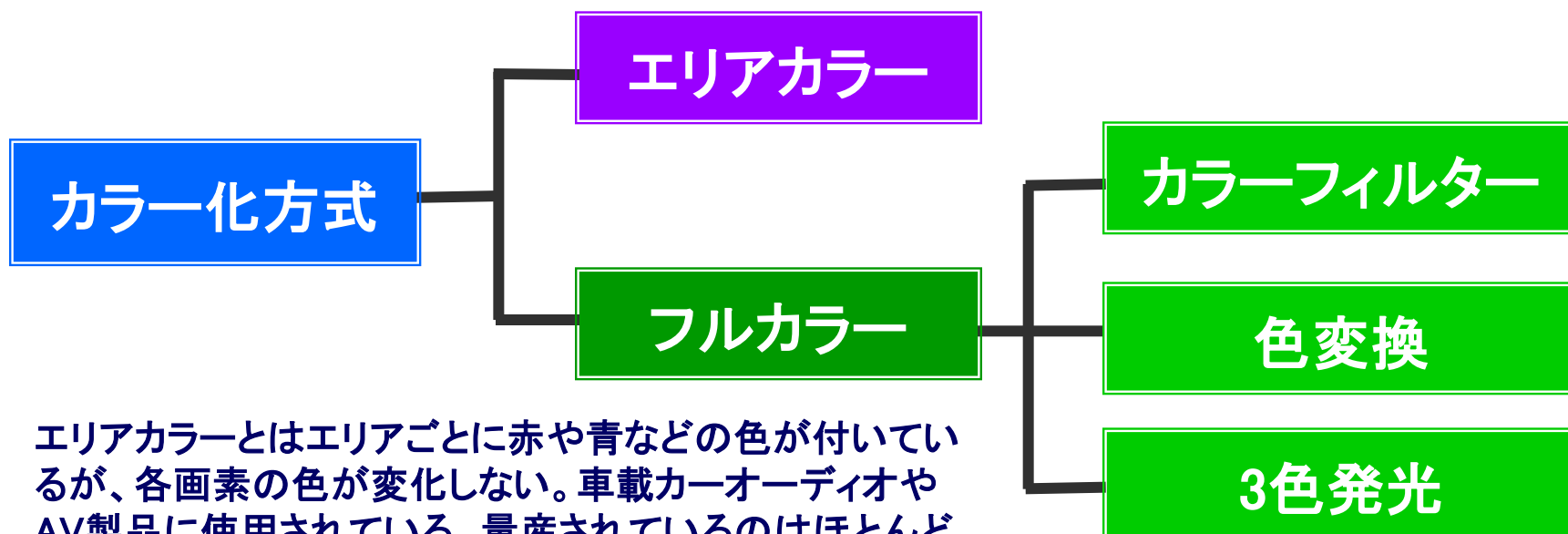
3層型



正孔、電子とも輸送層、流入層を持つ

電極と有機膜間の相性を良くするために流入層を設ける。キャリアを円滑に発光層に移動させ、移動したキャリアが逆戻りしないように輸送層を設ける。

有機ELディスプレイのカラー化方式



エリアカラーとはエリアごとに赤や青などの色が付いているが、各画素の色が変化しない。車載カーオーディオやAV製品に使用されている。量産されているのはほとんどがエリアカラー。

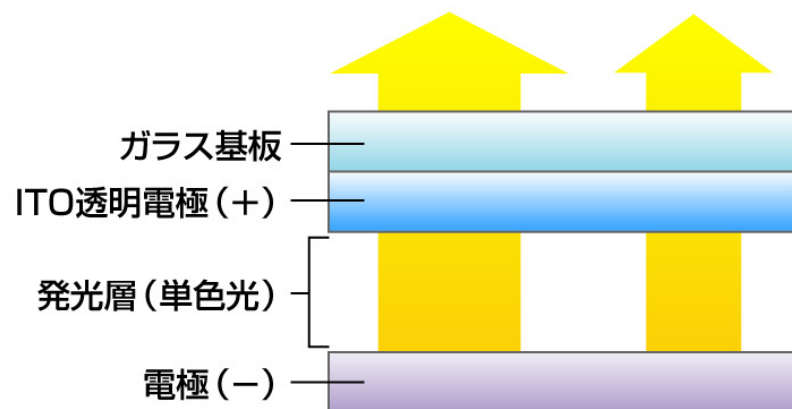
カラーフィルター方式: 発光層は1種類の白色発光材料のみでできている。白色光をカラーフィルターを通過させることにより、RGBの3色を作る方式。

色変換方式: 発光層は1種類の青色発光材料のみで構成。青色発光を、青色の場合は直接取り出し、赤及び緑の場合はその色の蛍光体を介して色変換を行う方式。

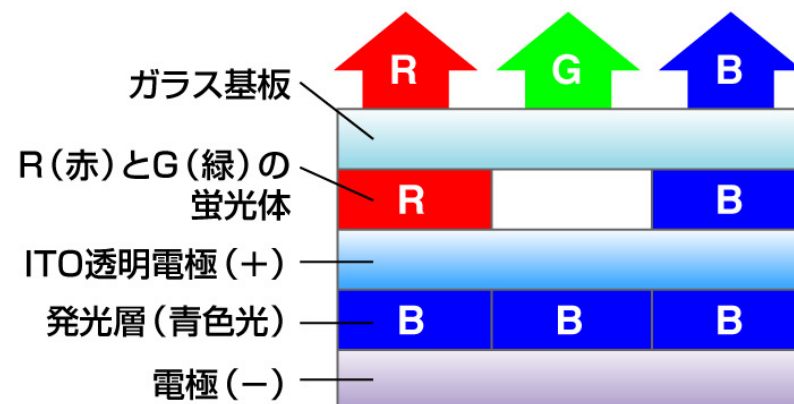
3色発光方式: 発光層の所定の位置にRGB3色の発光領域を分割して配置する方式。

有機ELカラー化の方式

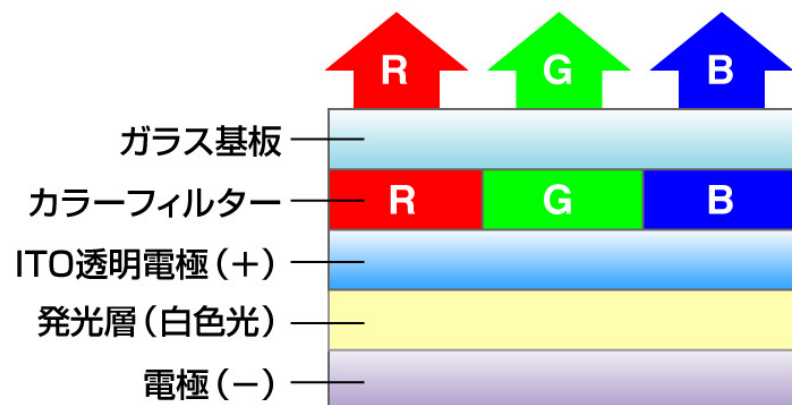
エリアカラー



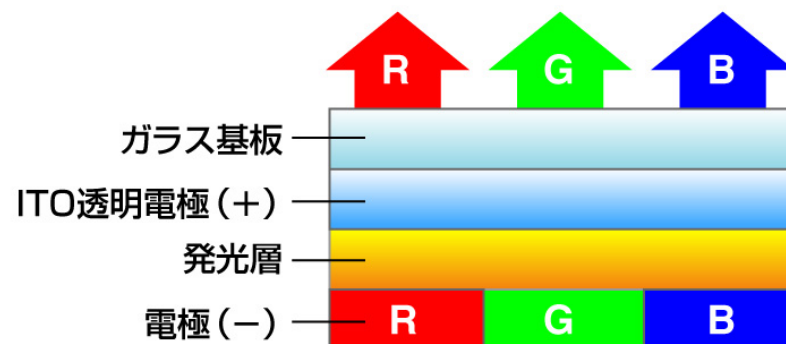
色変換方式

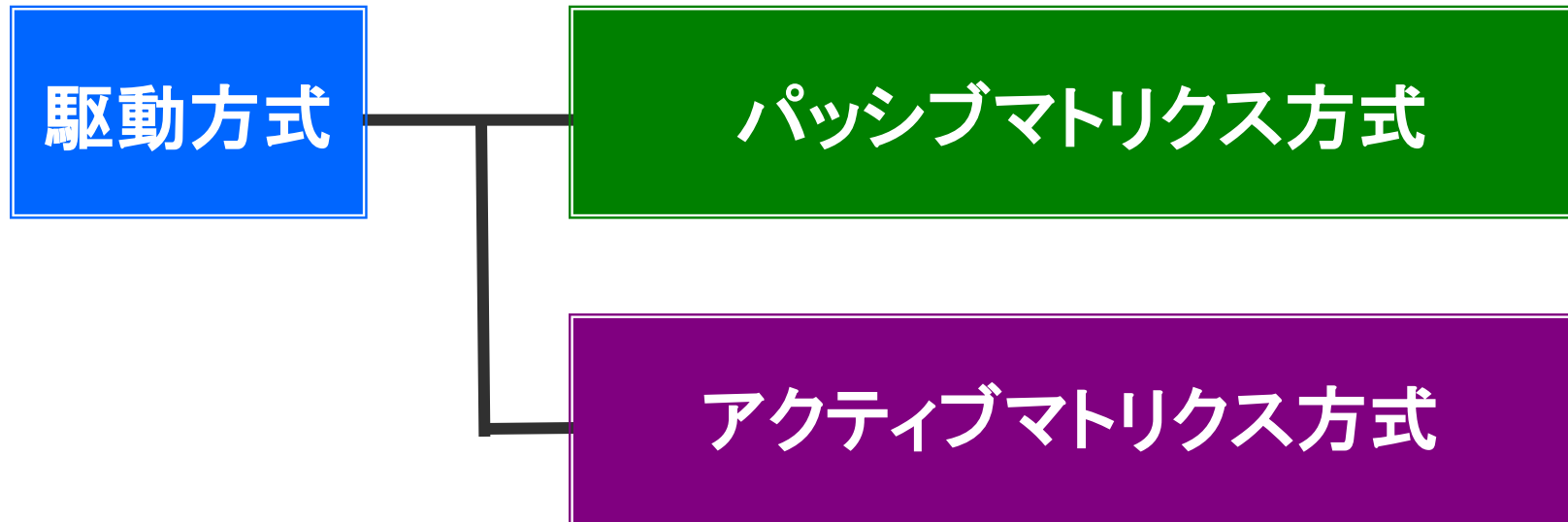


カラーフィルター方式



3色発光方式





パッシブマトリクス方式は発光層を挟む電極に90° 交差した電極をつくり上下の電極の交点にあたる画素に電圧をかけて発光させる。アクティブマトリクス方式は画素を構成するドットの一つ一つに薄膜トランジスタのスイッチをつけ、画素ごとにオンオフを制御する方式。

電子ペーパー

電子ペーパー

電子ペーパーは紙のように薄く、軽く、見やすく、そして電氣的に表示(情報)を書き換え可能でかつ持ち運びができる電子ディスプレイ。

- ・電氣的に表示データが書き換え可能。
- ・無電力で長時間表示可能。
- ・紙と同様に見やすいこと。
- ・軽くて持ち運びが容易。
- ・紙のように薄い。

書き換え機能

高コントラスト比

高視認性

画像記憶

マルチ画面

紙の特性

高視認性: 見る方向が斜めになっても見やすさが変化しない。人間が長時間みても疲れが少ない。

取り扱い容易: 分ける、つなげる、貼り付けることなどが容易。

安全性: 幼児等が誤って食べても害がほとんどない。

証明/証拠機能: 証書、小切手などの証明書類として利用可能。

情報保存への安心感: 紙には大きさや厚みがあり物理的な空間を占めるため安心感がある。

思考のツール: 見ている紙に直接、手でかきながら眺め、思考をめぐらし、そして閃いたことをさらに書き込むというサイクルが可能。

高視認性

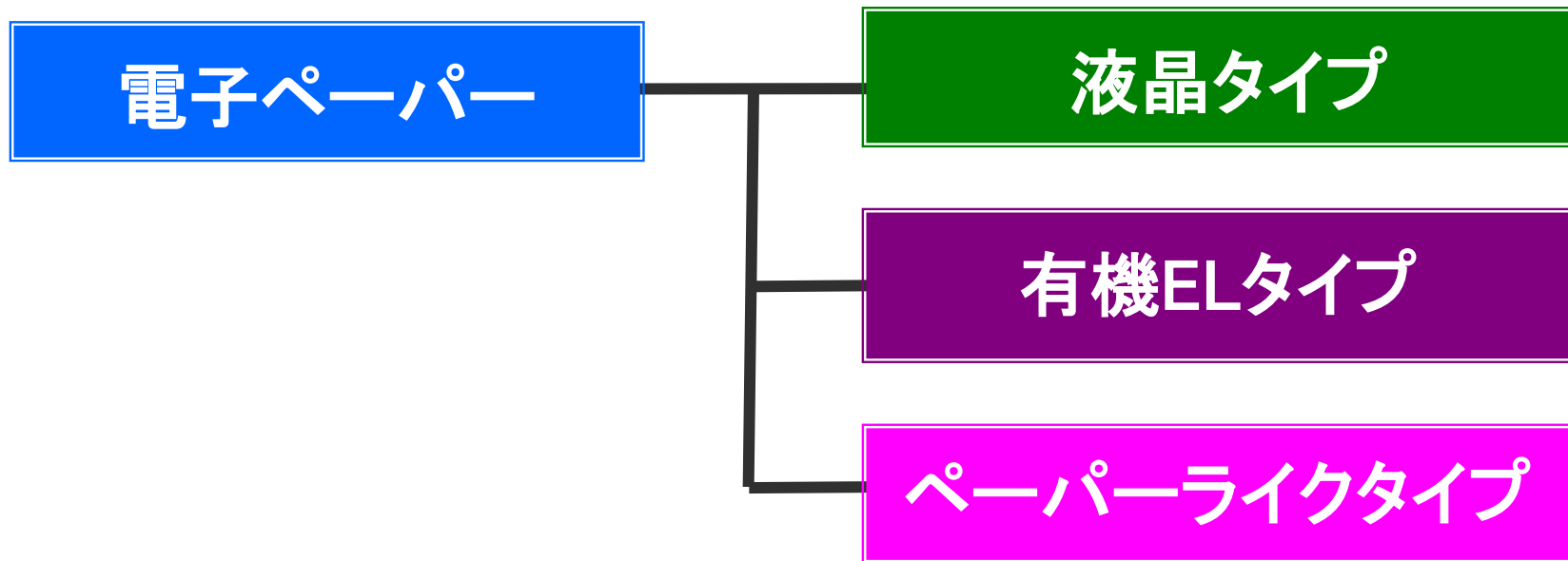
取り扱い容易

安全性

証明/証拠機能

情報保存への安心感

思考のツール



電子ペーパー向け液晶はバックライトが不要な反射型でかつ屋外や室内で紙と同様に明るく見えることが要求される。

電子ペーパー 液晶タイプ

液晶タイプ

コレステリック型

光書き込み型

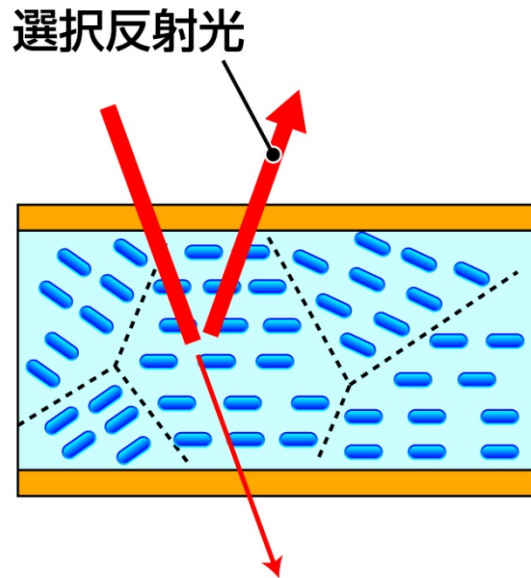
高分子分散型

電子ペーパー向け液晶はバックライトが不要な反射型でかつ屋外や室内で紙と同様に明るく見えることが要求される。またペーパーライクということから

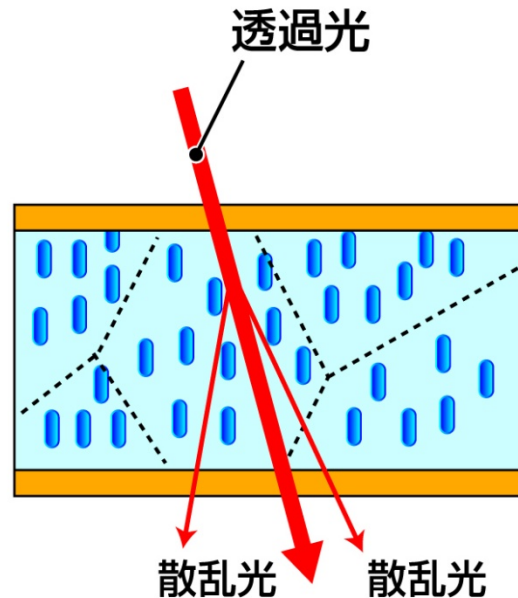
できるだけ薄い構造が要求される。高分子分散型液晶は偏光板、配向膜およびバックライトが不要であり、薄いフレキシブルな電子ペーパー用のディスプレイに向いている。現在の高分子分散型液晶はプロジェクタなどに採用されている。

コレステリック液晶の光学特性

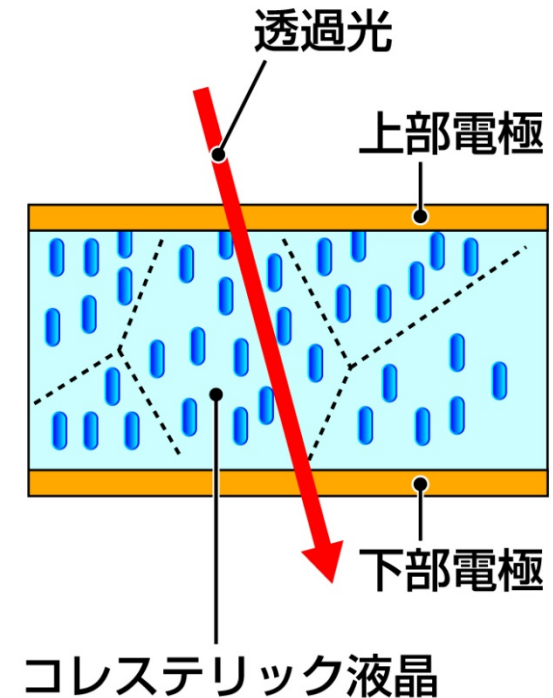
プレーナ状態
(電圧無印加時)



フォーカルコニック状態
(電圧弱印加時)



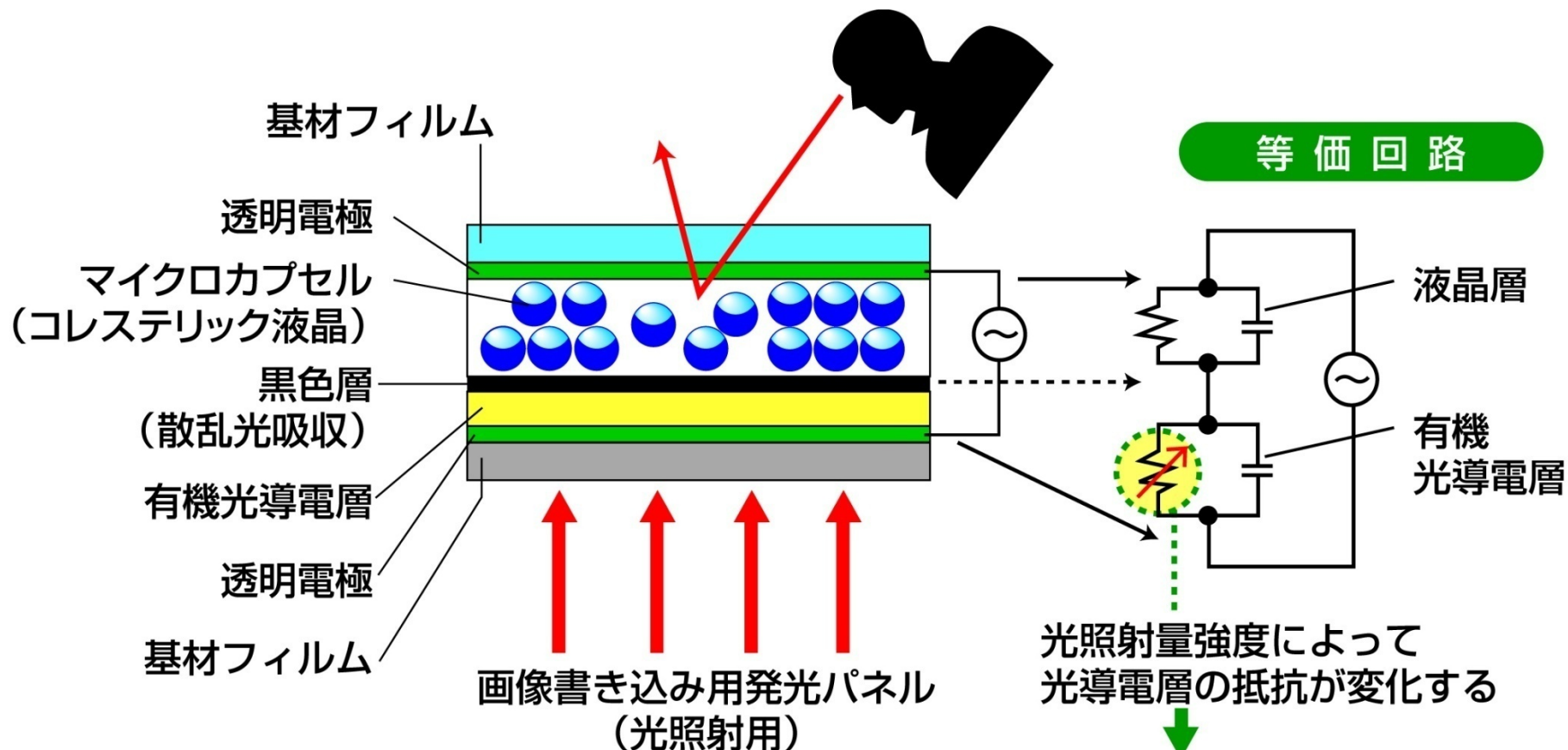
ホメオトロピック状態
(電圧強印加時)



コレステリック液晶は棒状分子の層状構造を持ち、分子配列がらせん状になっている。

コレステリック液晶は選択的な反射により光の明暗を表示するため偏光板を必要としない。プレーナ状態では特定色(黒など)を選択反射します。弱い電圧をかけた状態では光を透過し、この状態で電界を取り去っても状態を保持する。さらに強い電界をかけると透過度が増すが、電界を取り去るとプレーナ状態に戻る。

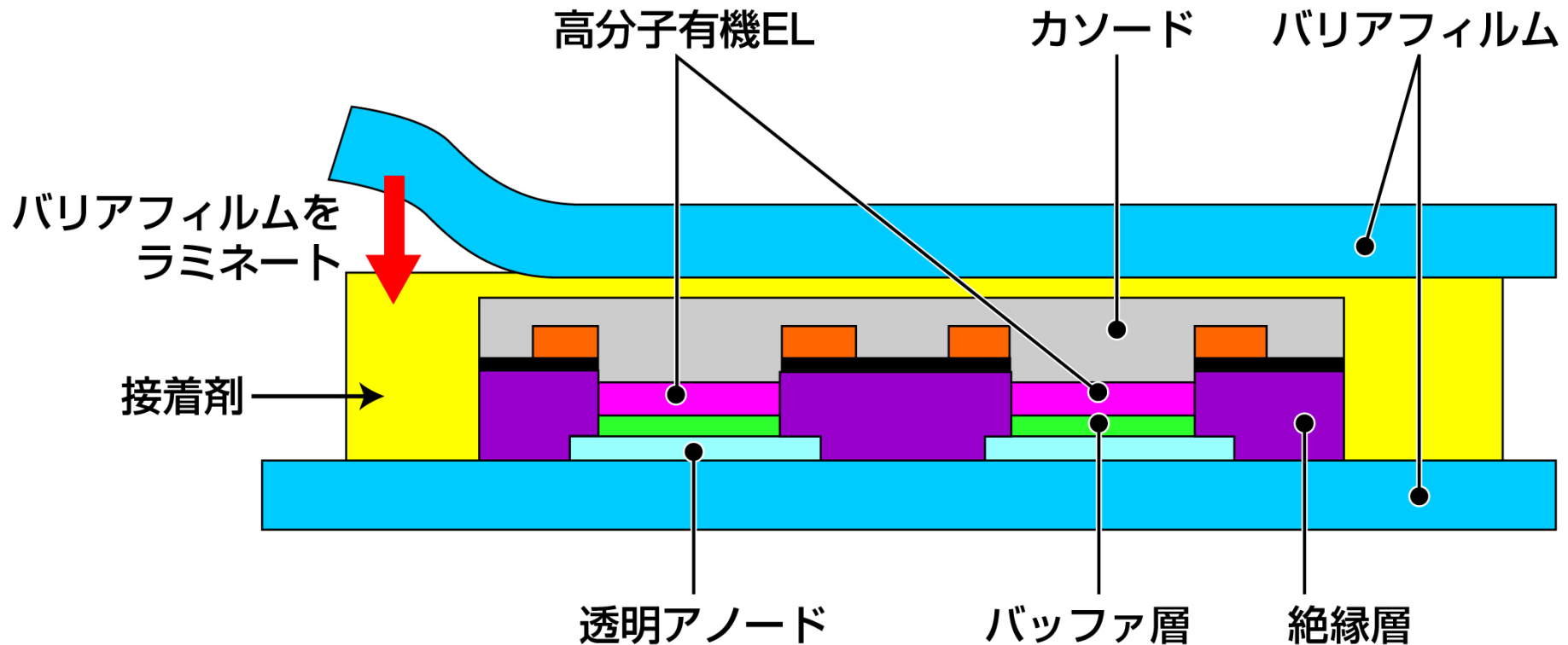
光書き込み型電子ペーパーの断面構造と原理



基本動作原理は、基材フィルム間に挟まれた光導電層と液晶層に電圧をかけながら、外部より光を照射することにより光導電層の抵抗値を変化させ、外光照射の強弱を瞬間的に液晶の反射濃度に変換する。

光照射量強度によって
光導電層の抵抗が変化する
↓
液晶へかかる電圧は分圧される
↓
反射濃度に反映

電子ペーパー 有機ELタイプ

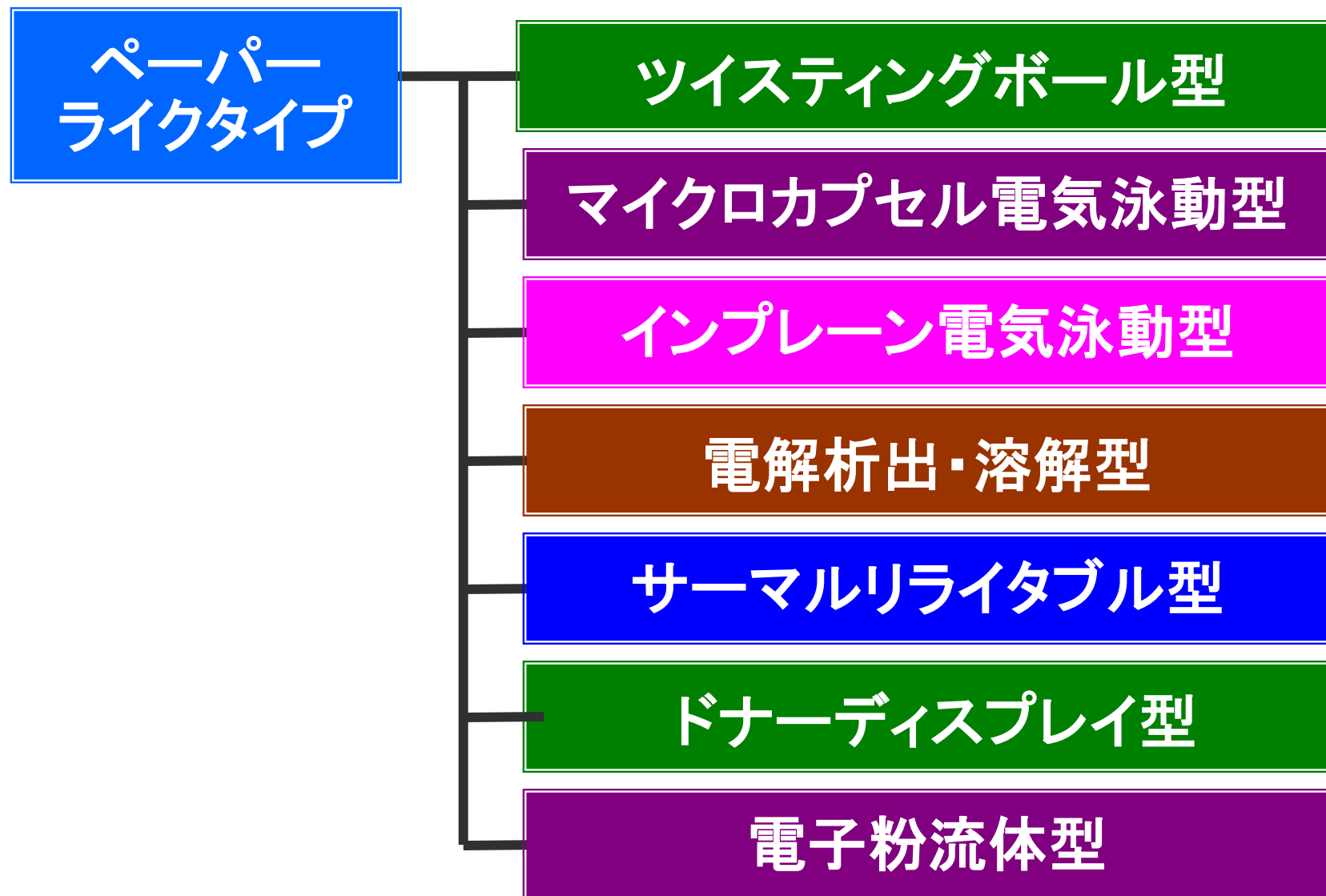


大日本印刷では印刷によるカラー・フレキシブル有機ELディスプレイの開発を行っている。この有機ELは薄型・軽量で曲げたり丸めたりすることが可能。上下基板材料になるバリアフィルムの性能が鍵になる。有機ELは水分や酸素で劣化し、ダークスポットと呼ばれる黒点を急速に成長させる。

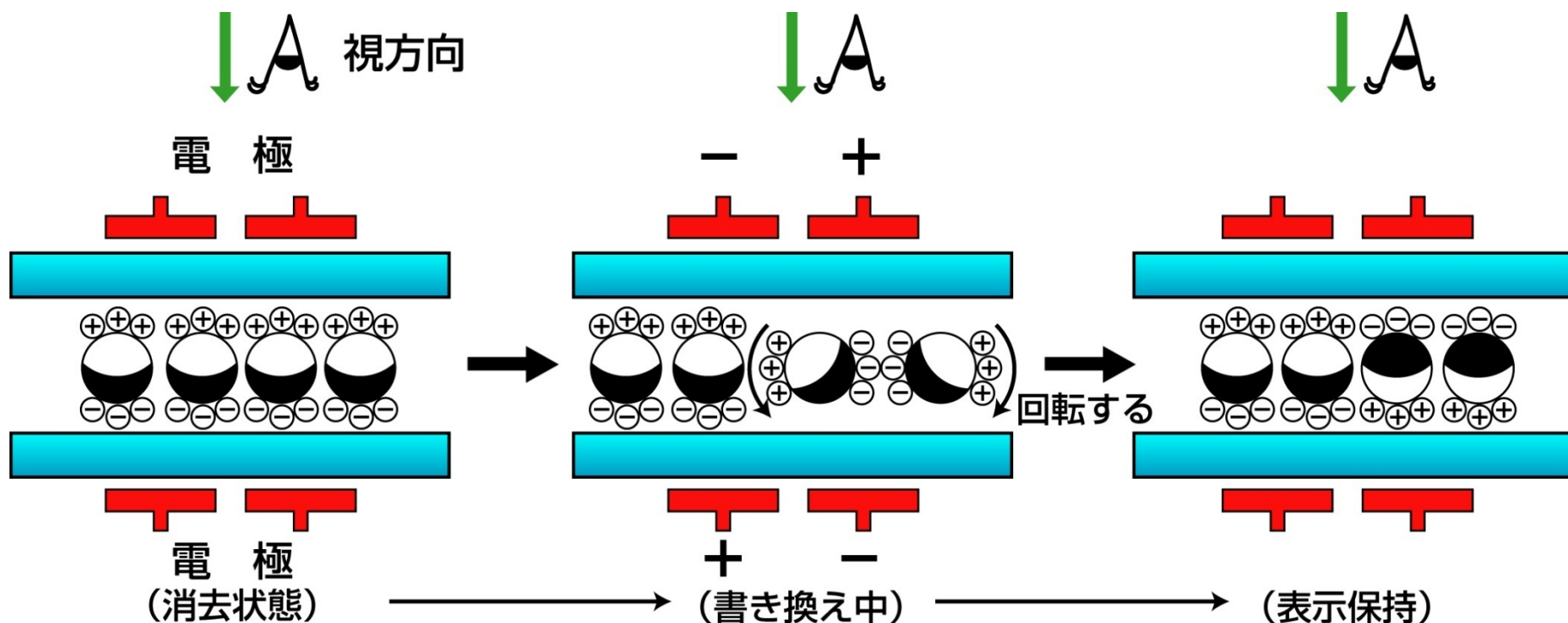
出典:大日本印刷(株)

電子ペーパー ペーパーライクタイプ

ペーパーライクタイプの分類



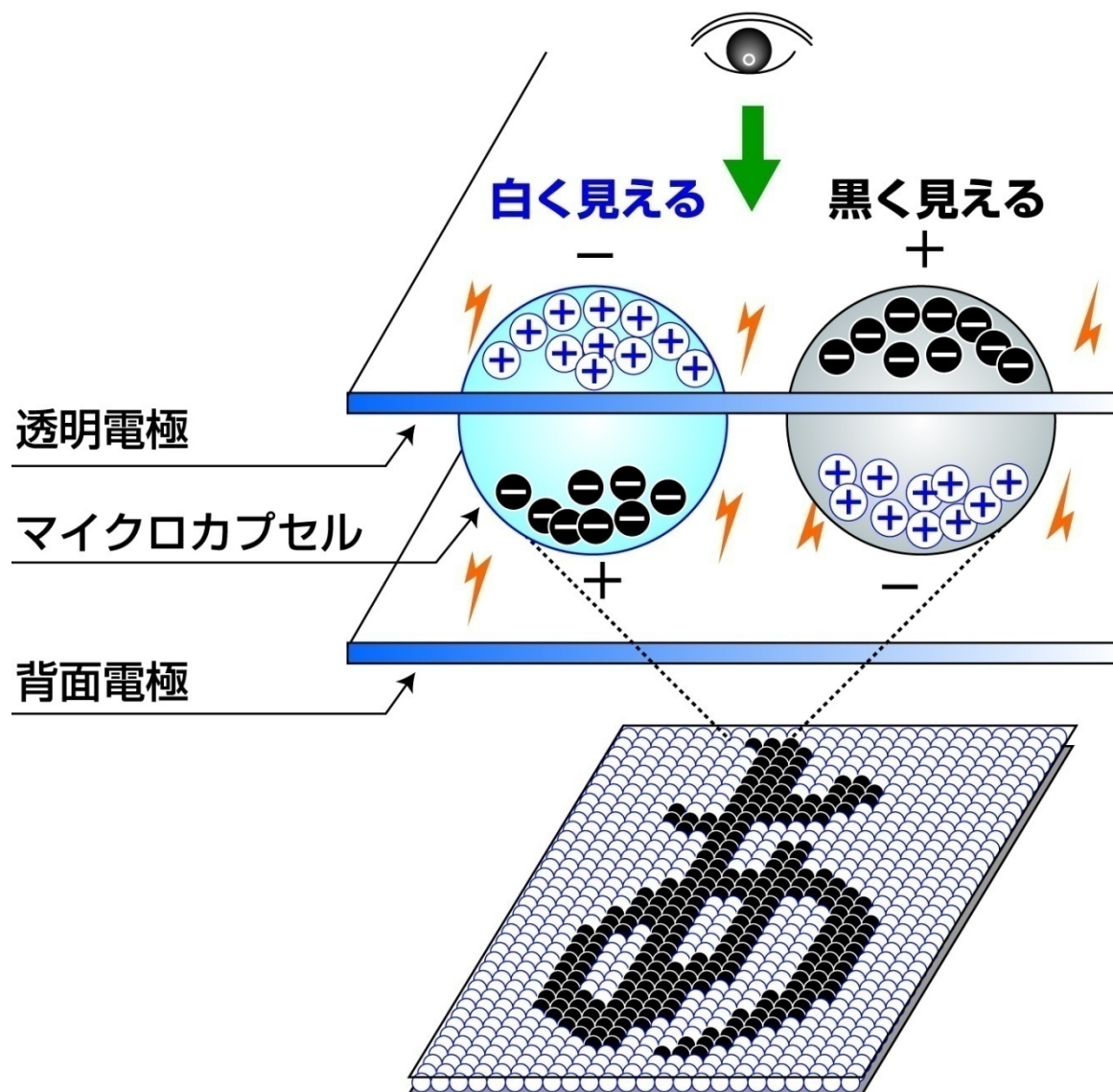
ツイスティング(ツイスト)ボール型



米国シリコンメディア社が開発している。半球が黒と白に塗り分けられた球形微粒子を電界で回転させて表示を行う方式。上下2枚の基材間に半球が黒と白に塗り分けられた帯電している球体を封入して、両側の電極から電圧を印加して回転させ白あるいは黒を向けて情報を表示する。

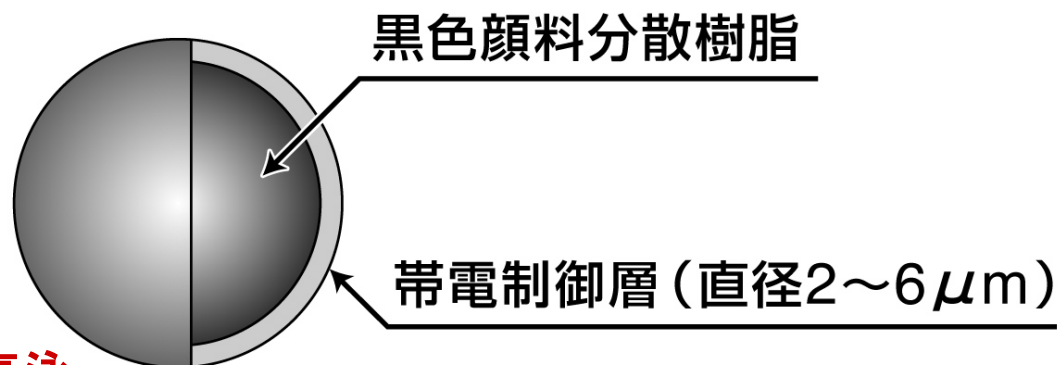
マイクロカプセル電気泳動型

[表示原理]



米国E Ink社が開発している電子ペーパー。電気泳動とは液体中に分散している帯電粒子が、外部からの印加電圧によって液中を泳ぐように移動することである。マイクロカプセル内の透明な液体中に黒色と白色を持つ微粒子を封入し、それを挟む透明電極と背面電極から電圧を印加することによって白黒を表示する。白と黒の間の中間諧調は、駆動回路をマトリクス方式にして、所望のピクセルを選択すれば可能になる。

インプレーン電気泳動型

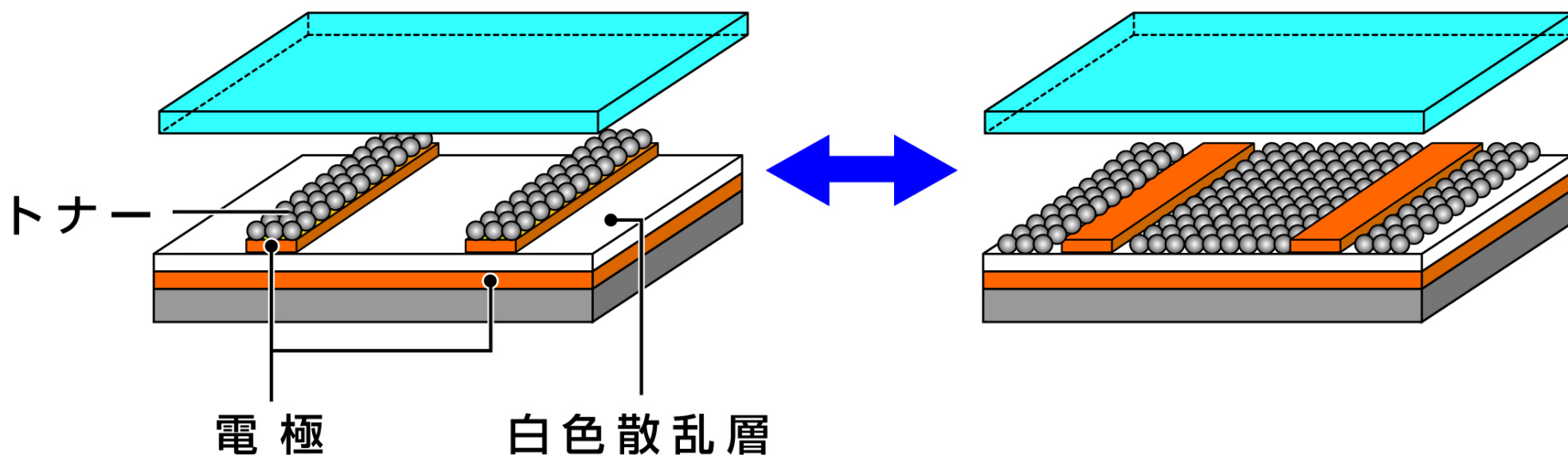


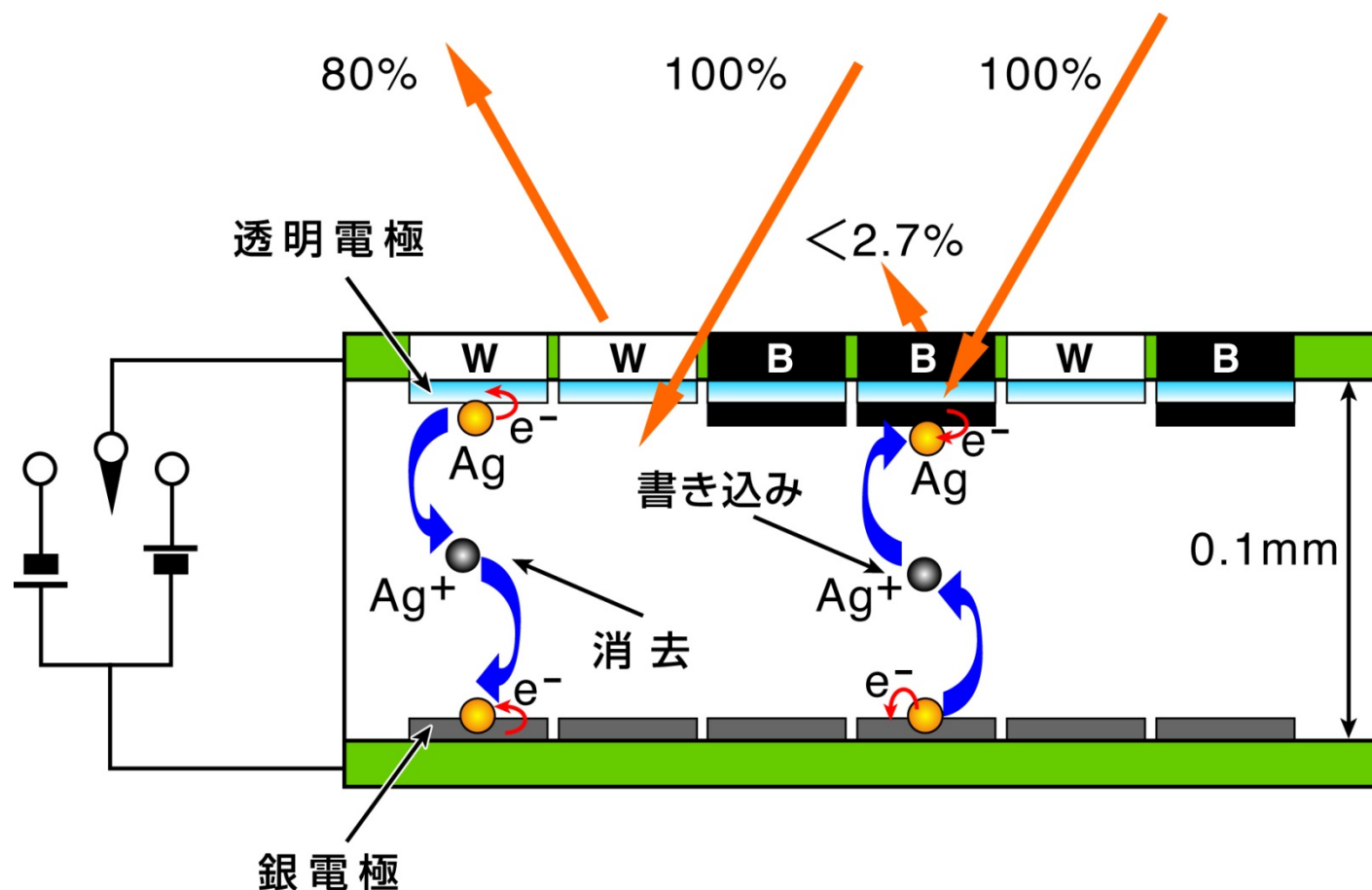
インプレーン電気泳動型はキャノンによって開発された。

基板上に散布した着色粒子を電氣的に動かすことによって文字や画像を表示する。基本原理は2枚のプラスチックフィルムの間に帯電したトナーを封じ込めてトナーの面内分布を電氣的に変化させて画像を表示する。

白 状 態

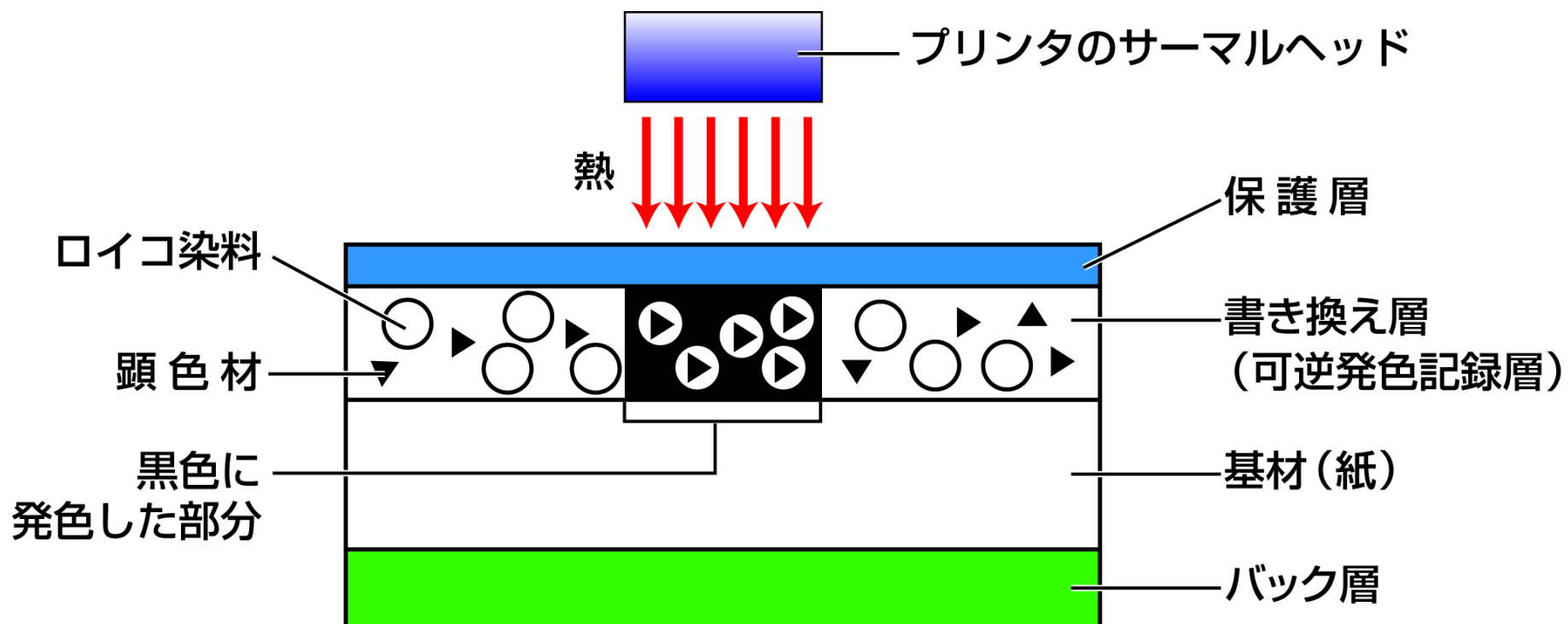
黒 状 態





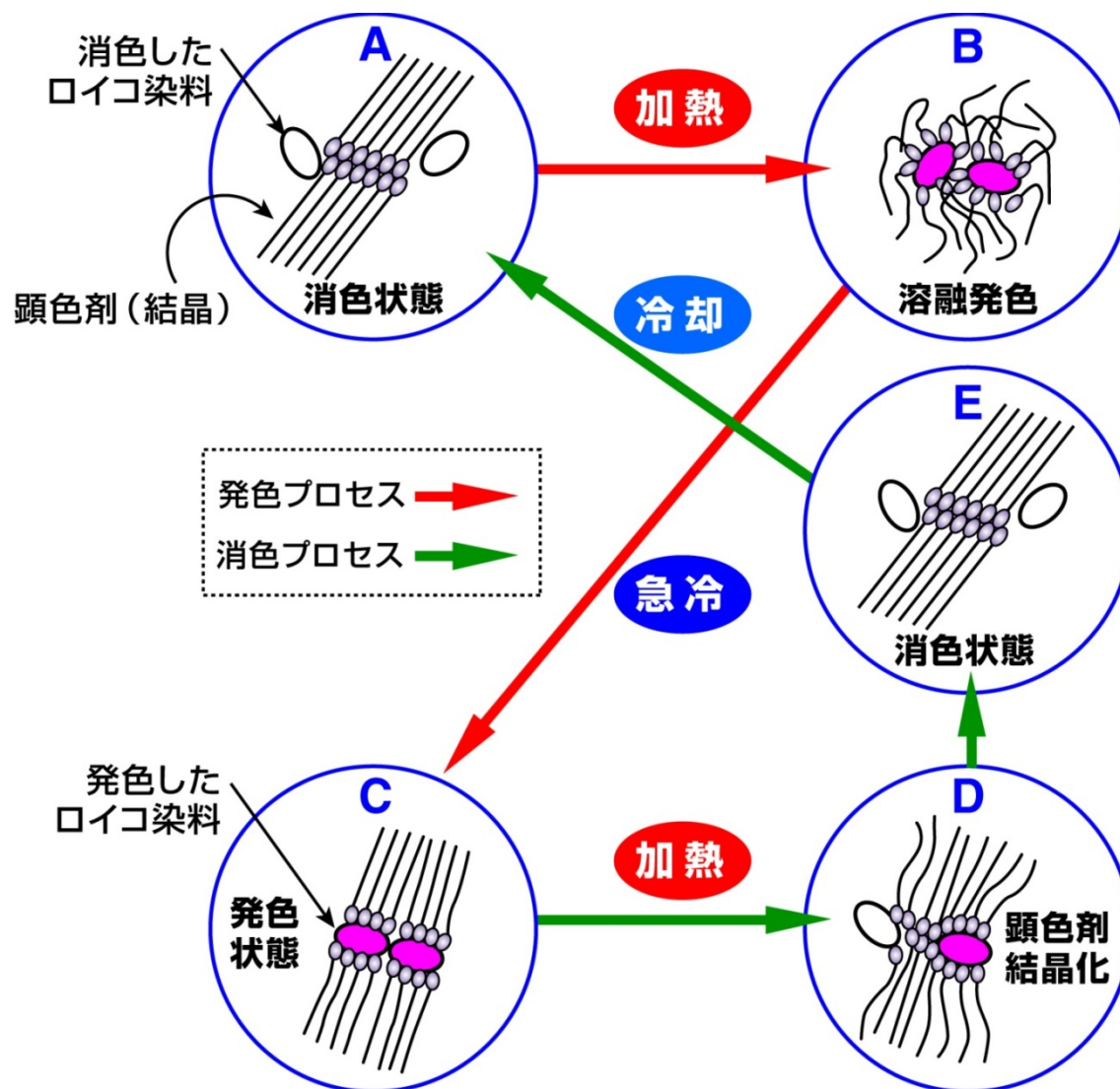
この方式はソニー(株)の研究所で開発されたものである。基本的な構成は底面と上面の2種類の電極の間に電解質を満たしたものになっている。電気を流さない状態では、上面からみた場合上面の電極は透明なので電解質を見る。この電解質の中には白色を示す二酸化チタンが混ざってあるため白色に見える。上下の電極に電圧をかけると上面の透明電極が銀メッキされ黒くなる。

サーマルリライタブル型の構造



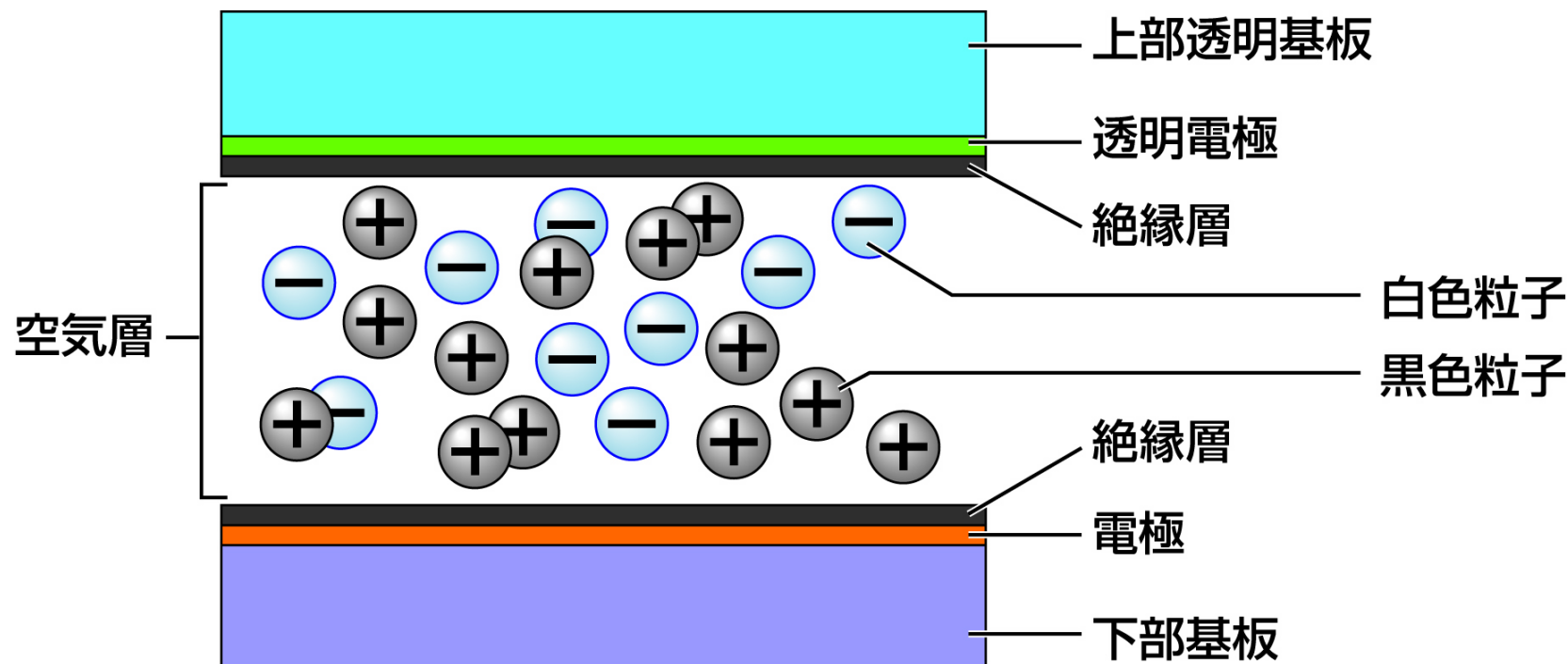
サーマルペーパーとは熱の力によって印字する感熱紙のことである。これらの感熱紙にはロイコ染料と顕色剤が塗布されている。この感熱紙を加熱するとロイコ染料と顕色剤が接触することによりロイコ染料の化学構造が変化して熱が加えられた部分のみが発色し無色から黒色に変化する。

サーマルリライタブル型の原理



リライタブル方式は一度起こったロイコ染料と顕色剤の化学反応を基に戻すものである。発色している黒色の状態のペーパーを、 $120\sim 160^{\circ}$ にしてから徐々に冷却すると、ロイコ染料と顕色剤が剥離して色が消失し、もう一度無色の状態に戻る。

トナーディスプレイ型の構造



電子複写機に使用しているトナー(着色絶縁性粒子)を利用した電子ペーパーで、富士ゼロックスで開発された。構造は上下2枚の電極基板に互いに異なる光学特性と帯電特性をもつ2種類の絶縁性粒子を封入する。動作は、上部透明基板の電極をマイナスに、下部基板電極をプラスにする。この場合、黒色粒子が表面内側に、白色粒子が非表示面側に移動し画像を形成する。

	液晶・有機EL タイプ	ペーパーライク タイプ
薄さ (フレキシブル性)	△	◎
データ書き換え	◎	○
見やすさ (視認性)	○	◎
消費電力	△	◎
可搬性	○	◎
カラー化	◎	△

ご清聴、ありがとうございました。