

2-4-2 フレキシブル製品の構造とバリア技術

有機ELは自発光であるためバックライトを必要とせず、LCDに次ぐ薄型ディスプレイとして期待されている。現在の有機ELはガラス基板上に形成され、IOT、有機発光体、電極(陰極)を順次積層するボトムエミッション方式が主流であるが、面積を大きくするにはガラス基板側に陰極、表面側にIOTを設けたトップエミッション方式が必要である。いずれの場合でも有機分子の酸化、劣化を防ぐため外部からの水蒸気、酸素の侵入を阻止する封止技術が不可欠である。有機ELや有機薄膜型太陽電池に求められるバリアフィルムの性能は $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$ 程度と高いレベルにある。現在の小型有機ELディスプレイはガラスを基板にした薄膜封止技術によるもので、フレキシブル性がない。フレキシブルな薄型ディスプレイを得るにはフィルム基板上に有機ELを作製し、それを薄膜封止しなければならない。

図2-14にガラス基板、フィルム基板を用いた有機EL素子の構造比較を示す。ガラス基板とアルミ缶の有機EL素子は接着部分から水分が侵入するため、乾燥剤が使用されている。この封止缶方式はコストが高く、画面サイズの大型化が難しい。フィルム基板は基板と封止用保護膜の2枚のフィルムで素子を密封する構造である。光は基板側から外部へ照射されるため基板フィルムには高い透明性と表面平滑性が必要で、保護膜用フィルムは透明性が不要である。有機ELディスプレイに使用される基板用フィルムの要求性能は、水蒸気透過率が $10^{-6} \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$ 以下、光透過率が可視光で80%以上とされている。

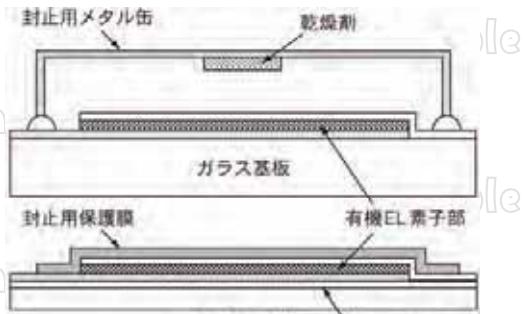


図2-14 有機EL素子の構造比較

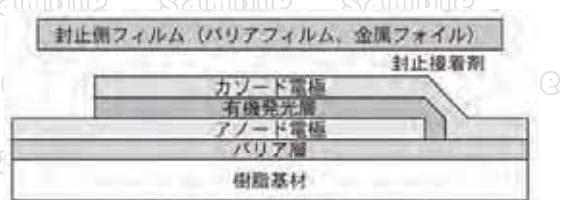


図2-15 有機EL照明デバイスの構成

図2-15はコニカミノルタにおける有機EL照明デバイスの構成である。デバイスは基板側に発光するボトムエミッション方式であり、基板にはPETまたはPENのバリアフィルムが使用される。バリアフィルムは面の平均が $10^{-6}\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ の水蒸気透過率を有していても、局所的に欠陥があると、その部分に非発光点(ダークスポット)が生じるため、欠陥のないバリア層が必要である。

2-4-3 ハイバリアコーティングフィルムの製造方法

真空蒸着で製造されるSiO_x蒸着フィルムの水蒸気透過率は $10^{-2} \sim 10^{-3}\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ レベルまで向上しているが、ディスプレイの封止フィルムなどに要求されるバリア性能は $10^{-4}\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ 以下である。このような高度のバリア性能を単一無機層の緻密化や膜厚の増加で達成するには限界があり、バリア層の多層化が行われている。無機層はバリア性能に優れるが、ピンホールやクラックが発生しやすく、この欠点をカバーする方法が有機層と複合化するマルチレイヤー構造である(図2-16)。無機蒸着層の上にフレキシブルな有機・無機ハイブリッド層を形成するもので、バリア性能は積層数で決まる。

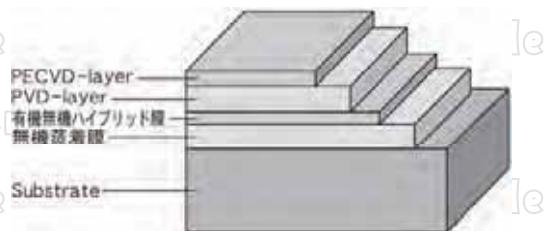


図2-16 マルチレイヤー構造

図2-17は複数の無機層と有機層を交互に積層した構造例である。無機層のみを複数積層した構造は、下層の欠陥が上層に伝播して水蒸気の経路が形成され、層増加によるバリア性の向上が期待できない。しかし、無機/有機交互積層は無機層の上下に無機層と組成、物性が異なる有機層が挿入されるため、無機層の欠陥は有機層で阻止される。また、上層の無機層の欠陥は下層の無機層と異なる位置にできるため、水蒸気の透過経路が迷路となりバリア

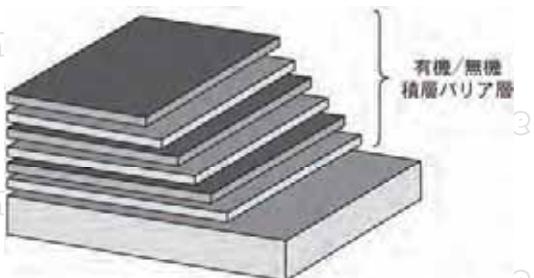


図2-17 有機層・無機層の積層例

性能が向上する。ただ、無機／有機交互積層では、無機層と有機層の接着性、有機層の熱による物性変化、有機層のサイドリーグ、多層化によるコストアップなどが課題にあげられ、これらの改良が必要である。

2-4-4 各社のハイバリアフィルム開発動向

コニカミノルタは有機EL照明のフレキシブルパネルを14年から量産しており、パネルの基材フィルムには同社の開発した多層構造のバリアフィルムが使用されている。各層の機能と積層設計を図2-18に示す。このバリアフィルムは基材／無機層1／有機改質無機層／無機層2の構成で、基材フィルムは表面平滑性や、無機層1との接着性付与、湿熱環境下での耐久性向上などが図られている。無

機層1は独自の
製膜法で欠陥の
少ない層を形成
し、組成と厚さ
の調整によって



図2-18 バリアフィルムの積層設計(コニカミノルタ)

バリア性の向上を図っている。有機改質無機層はサイドリーグの低減と熱安定性向上のため無機比率の高い有機改質無機層とし、組成を上下の無機層に近づけて層間接着性を向上させた。無機層2は無機層1と同じ製膜法でバリア性を付与し、直上に形成される有機EL素子と適合させるために組成調整や、表面構造制御を行う。各層の積層界面は各製膜時の界面反応を制御して界面結合を強化し、層間剥離の耐性を向上させている。また、各層の表面に存在す

る微細な欠陥を
補修してバリア
性の向上が図ら
れている。表2
-18にバリア
フィルムの特性
を示す。水蒸気

表2-18 バリアフィルムの特性(コニカミノルタ)

物性項目	測定値	備考
水蒸気透過率 (g/m ² ·day)	40°C × 90% RH 7.6×10^{-6} 85°C × 85% RH 1.6×10^{-4}	APIMS測定
光学特性 (%)	全光線透過率 ハイズ 0.6	—
表面粗さ (nm)	0.6	AFM: 測定範囲 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$
クロスカット接着テスト	100/100	剥離なしマス数/100マス
有機ELデバイス形態での屈曲耐性	1,000回以上 剥離なし	$\phi 30\text{mm}$

注) 基材フィルムは厚さ125μmのPET