

# 次世代ディスプレイ (OLED/Mini-LED/Micro-LED) 不良評価解析事例

## 評価事例

- ① 階調ムラ評価
- ② サブピクセル個体差評価
- ③ サブピクセル面内ムラ評価
- ④ 混色（バンク材漏れ光）評価
- ⑤ 残像（焼付き）評価
- ⑥ 生産ラインでの高精度高速測定
- ⑦ 有機ELディスプレイ規格

## はじめに

次世代ディスプレイとして有機 EL ディスプレイが広がり始めています。Mini-LED ディスプレイ、Micro-LED ディスプレイ、量子ドットディスプレイ等の開発が盛んになってきています。

既存 LED は 300 ~ 350 $\mu\text{m}$  レベルで既にデジタルサイネージディスプレイとして市場に普及しています。LED チップを 100 ~ 200 $\mu\text{m}$  レベルまで微細化した Mini-LED、さらに 100 $\mu\text{m}$  以下レベルや nm レベルまで微細化することで、LCD や OLED ディスプレイを凌駕する性能を持つディスプレイも多く、研究機関や企業が積極的な開発を見せています。これらは、今後の市場拡大が見込まれる AR( 拡張現実 )/VR( 仮想現実 )/MR( 複合現実 )/SR( 代替現実)、車載用のヘッドアップディスプレイ (HUD) やマイクロプロジェクターなどの空中に画像を映し出す新しいアプリケーションにも最適なデバイスと言われております。

微細化された次世代ディスプレイの開発・設計及び量産時の評価として OLED など为例として不良解析事例を以下に示します。

### ① 階調ムラ評価 OLED Mini-LED Micro-LED

階調とは画素のいちばん明るい状態 ( 白表示 ) からいちばん暗い状態 ( 黒表示 ) まで変化の度合いであり、各色 256 階調 ( 0 ~ 255 ) で、横軸を階調、縦軸を輝度として表します。ガンマ特性やグレースケールと呼ぶこともあります ( Fig.1 )。

階調評価でのグレーレベルは OLED ディスプレイ内のサブピクセルに対する RGB 有機材に差異がみられた場合、グレーレベル及びサブピクセルレベルでのディスプレイの全体的な色表示に影響します。

ディスプレイの面内輝度の断面 ( Fig.3 ) を計測した場合、高階調では一様に見える面内でも低階調では下図 ( Fig.4 ) のように局部的に不均一が発生することがわかります。一般的な 2 次元輝度計 ( XYZ 方式 ) で測定したデータでも不均一はわかりますが詳細分析を行うことができません。2D 分光放射計 SR-5100 ( Fig.2 ) は全面を分光で測定することが可能である為、階調ムラの発生部位の分光スペクトルデータを確認することで不均一の問題点を洗い出すことが可能です ( Fig.5,6 )。

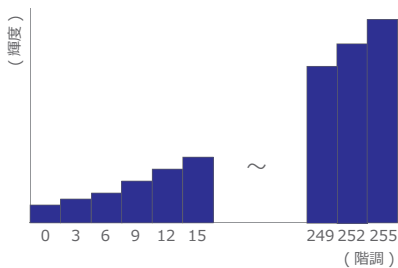


Fig.1 階調特性



Fig.2 SR-5100 評価イメージ

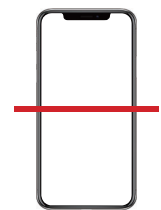


Fig.3 測定断面箇所

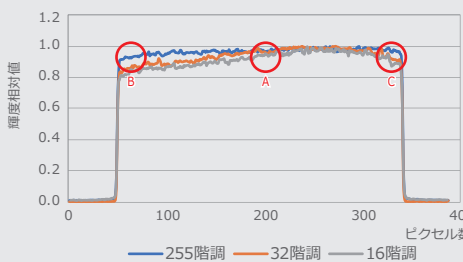


Fig.4 階調ムラ

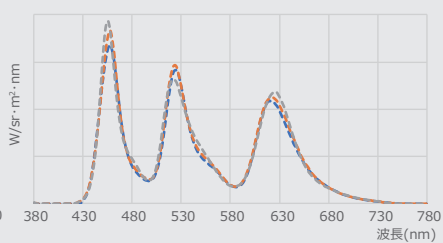


Fig.5 255階調

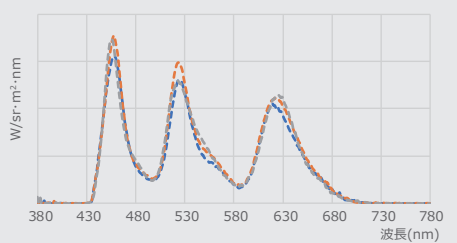


Fig.6 32階調

### ② サブピクセル個体差評価 OLED Mini-LED Micro-LED

OLED ディスプレイのピクセルは、RGB のサブピクセルで構成されており、各サブピクセルの出力は、個々に制御され、ピクセルレベルでの明るさ ( 輝度 ) と色は、サブピクセルの出力の組み合わせによって定められます。製造のばらつきにより、同じ色のサブピクセルに同じ電気信号が入力されても輝度にばらつきが生じることがあり、結果、ピクセル間で輝度のばらつきが生じます ( Fig.9~11 )。サブピクセルレベルのばらつきは、性能に大きな影響を与えます。これらは Mini-LED や Micro-LED ディスプレイでも同様のことが言えサブピクセルの個体差によりディスプレイ品質に影響を及ぼします。

一般的な 2 次元輝度計 ( XYZ 方式 ) で測定したデータにおいては輝度・色度レベルでの差異はわかりますが、実際には分光スペクトルで確認しないと何が問題なのか把握することができません。高倍率の対物レンズを持つ金属顕微鏡に 2D 分光放射計 SR-5100HM を取付けることで評価ができます ( Fig.7 )。サブピクセルを分光測定することで個体差の原因を明確にすることができます。



Fig.7 SR-5100HM+ 金属顕微鏡

■ OLED サブピクセル毎のスペクトル比較

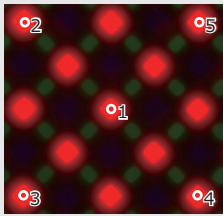


Fig.8 OLED サブピクセル赤 (R) 発光

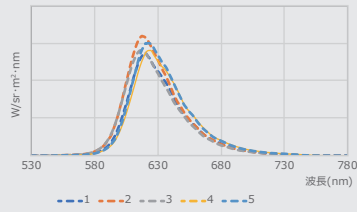


Fig.9 赤 (R)

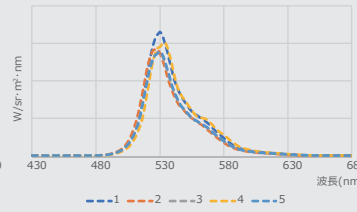


Fig.10 緑 (G)

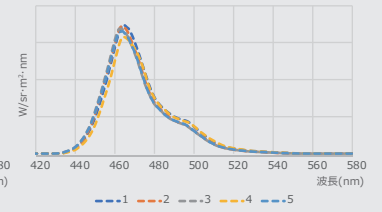


Fig.11 青 (B)

■ Micro-LED サブピクセル毎のスペクトル比較

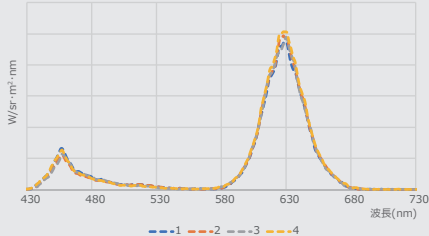


Fig.12 赤 (R)

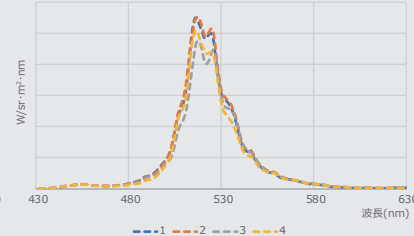


Fig.13 緑 (G)

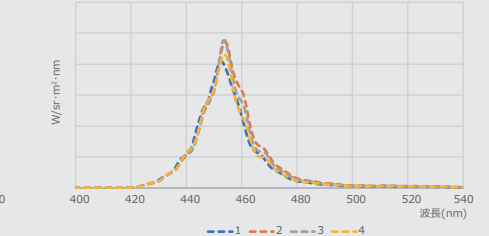


Fig.14 青 (B)

③ サブピクセル面内ムラ評価 OLED Mini-LED Micro-LED

サブピクセルの微細化に伴い、画素レベルの測定要求が高まっています。Fig.16 を見ると OLED ピクセル内の分光に差異があることがわかります。これは膜厚や膜質の分布の差によって生じるもので、膜厚や膜質は蒸着時やメタルマスクのアライメントずれによって発生します。

サブピクセルの面内ムラ評価の要求を満たすために、(Fig.7) を使用して評価することができます。顕微鏡の 20 倍の金属顕微鏡の対物レンズを使用することで 0.5mm の面積を 2448×2048 ピクセル (0.17μm/Pixel) で測定することができます。また更に微細化されたサブピクセル評価には金属顕微鏡の倍率をあげることで詳細に測定できます。これにより、高解像度のピクセルカラー管理と不良解析を行なうことで歩留まり改善が可能です。また同様に Mini-LED や Micro-LED のサブピクセル面内発光ムラの評価 (Fig.19~21) も可能です。

■ OLEDサブピクセル内のスペクトルデータ比較

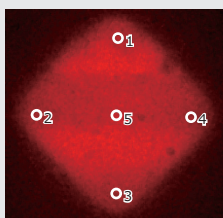


Fig. 15 OLED サブピクセル赤 (R) 発光

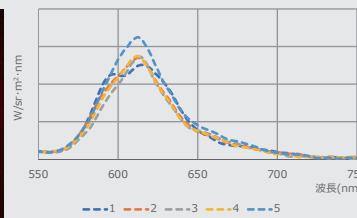


Fig.16 赤 (R)

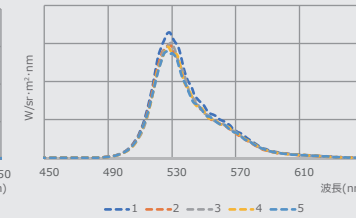


Fig.17 緑 (G)

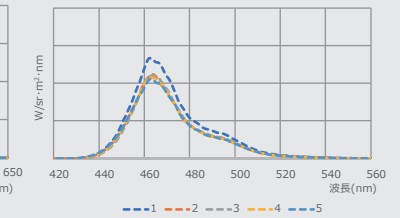


Fig.18 青 (B)

■ Micro-LEDサブピクセル内のスペクトルデータ比較

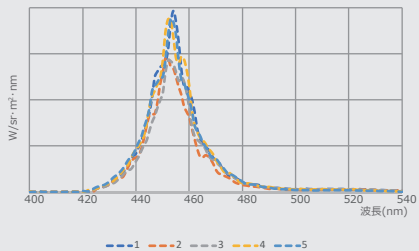


Fig.19 赤 (R)

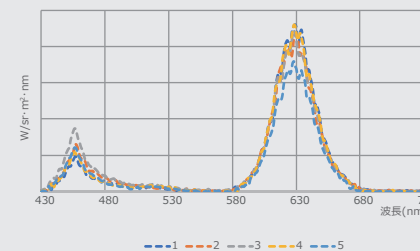


Fig.20 緑 (G)

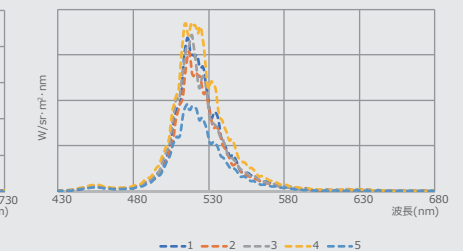


Fig.21 青 (B)

#### ④ 混色 (ピクセル間の漏れ光) 評価 OLED

OLEDの一般的なバンク材はアウトガスを低減させる目的で現状透明なタイプが採用されており、バンクの欠陥やバンクを通過した光による漏れ光や反射が発生します。(Fig.22) 例えば赤(R)のみ表示した場合に隣り合ったサブピクセルに光が漏れ、緑(G)や青(B)も発光する現象があります。Fig.23は赤(R)のみ発光させ一般的な2次元輝度計(XYZ方式)で測定した輝度(擬似カラー)表示した場合には赤(R)部分のみの発光しか判別できません。

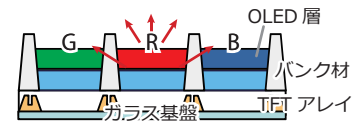


Fig.22 OLED構造例

SR-5100HM+顕微鏡(Fig.7)を使用して分光測定することで測定波長毎の画像表示ができることからFig.24~26の様には輝度表示ではわからない波長毎の画像表示及びサブピクセルの分光スペクトルの取得ができ、どの程度混色しているのか評価することが可能です。

赤(R)発光時は緑(G)や青(B)、緑(G)発光時は赤(R)や青(B)に影響を受けますが、青(B)発光時は赤(R)のみで緑(G)には影響を受けない事も把握できる測定データの取得ができます。

#### OLED 赤 (R) 表示

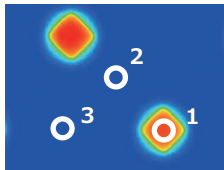


Fig.23 擬似カラー

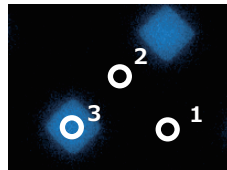


Fig.24 466nm

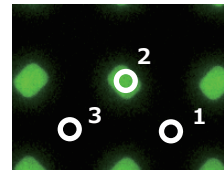


Fig.25 531nm

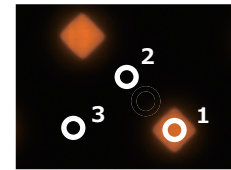


Fig.26 620nm

#### ■ OLEDサブピクセル内のスペクトルデータ

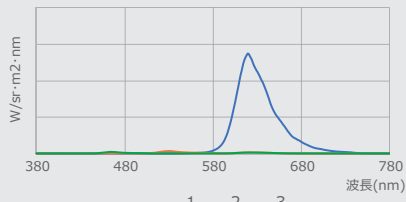


Fig.27 漏れ光分光スペクトル

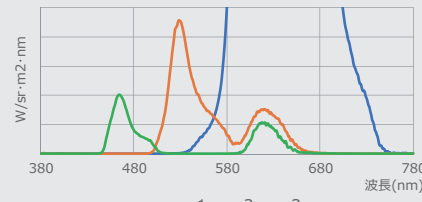


Fig.28 漏れ光分光スペクトル(拡大)

#### OLED 緑 (G) 表示

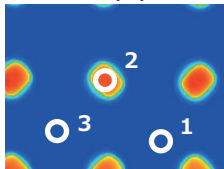


Fig.29 擬似カラー

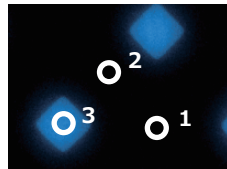


Fig.30 466nm

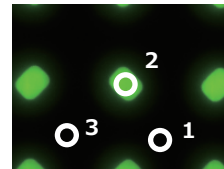


Fig.31 531nm

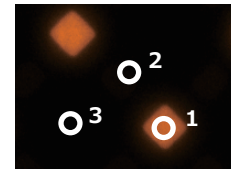


Fig.32 620nm

#### OLED 青 (B) 表示

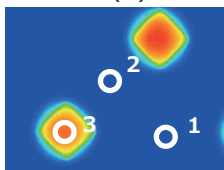


Fig.33 擬似カラー



Fig.34 466nm

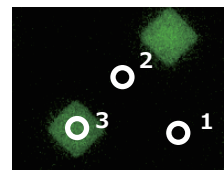


Fig.35 531nm

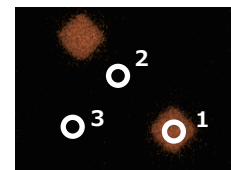


Fig.36 620nm

## ⑤ 残像 ( 焼付き ) 評価 OLED

OLED ディスプレイを一定時間点灯すると、次の画面に切替えても前の画像がうっすらと表示されたままの状態となります。グレー表示後に 10 秒間白黒画像を表示し、グレー表示に戻した時にどのぐらいの時間残像があるか評価したところ、元のグレー画像に戻るまで約 2 分間要しました (Fig.40,41)。

品質管理の抜き取り検査などで残像の変動評価を行なうには、高速に測定できる計測器が必要となり UA-20 (Fig.39) であれば約 1.7 秒毎に経時変化データの取得が可能です。また、ハンディの為設置場所をとらず評価が可能です。



Fig.39 測定イメージ

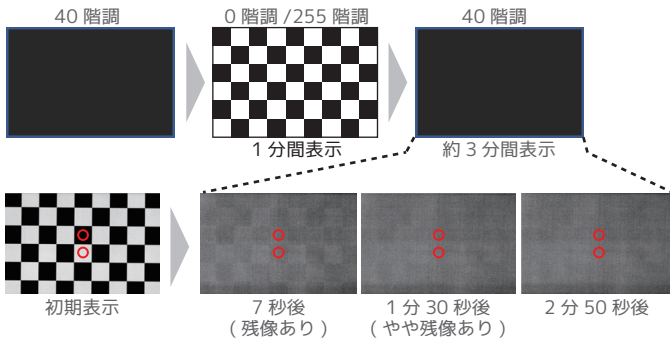


Fig.40 残像測定結果

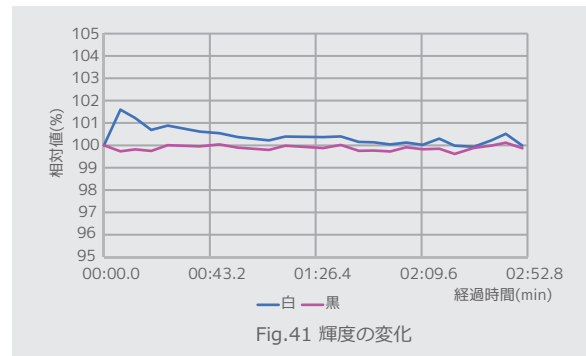


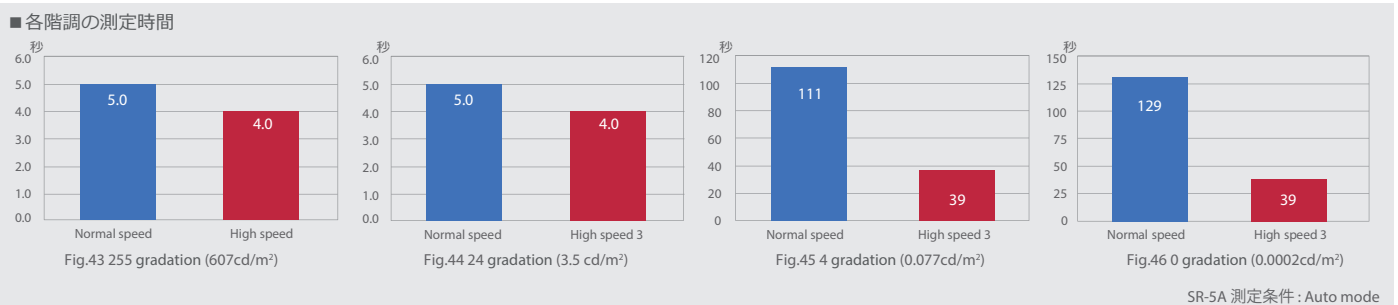
Fig.41 輝度の変化

## ⑥ 生産ラインでの高精度高速測定 OLED Mini-LED Micro-LED

OLED など次世代ディスプレイの生産ラインでは高精度な評価を高速に測定したい要求があります。基本的に赤 (R), 緑 (G), 青 (B), 白 (W), グレーの評価があり低階調時は計測器が光量を稼ぐために積分時間が長くなり測定時間が大幅に掛かります。測定アルゴリズムの改変した HIGH SPEED モードを搭載したスポットタイプの分光放射計 SR-5A (Fig.42) では HIGH SPEED モードを使用することで測定精度をほぼ同等にディスプレイの 0 階調 (Fig.46) を NORMAL モード 129 秒 (約 2 分) 掛かっていたものが 39 秒で分光測定でき、高精度で高速な測定で生産ラインでも十分に対応できます。その他階調時の例は Fig.43~46 を参照願います。



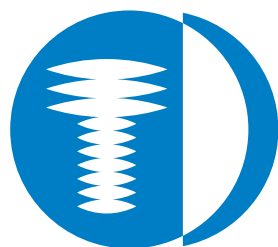
Fig.42 分光放射計SR-5A



## ⑦ 有機 EL ディスプレイ規格 OLED

有機 EL ディスプレイモジュールの評価方法は JEITA ( 電子情報産業協会 ) で規格化されております。

- ① ED-2810 有機 EL ディスプレイモジュール測定方法
- ② ED-2811A 有機 EL ディスプレイモジュール測定方法 (II) - 焼付き, 輝度寿命 -



**TechnoOptis**

<https://www.techno-optis.com>

**株式会社 テクノオプティス**

旧社名：株式会社トプコンテクノハウス

〒174-0043 東京都板橋区坂下2-4-1 Imas Itabashi BASE 4F

TEL.03-3558-2666 FAX.03-3558-4661

E-mail: [techno-info@techno-optis.com](mailto:techno-info@techno-optis.com)

テクノオプティス

検索

