

ヘレウス株式会社 ノーブルライト事業部

# Noblelight Discovery

Back Number: August 2009 No. 55, pp.6-8 | August 2016

## プラスチック基材のための UV 硬化カラーフィルター

By Susanne Klein, HP Laboratories 社 Stoke Gifford, Bristol, 英国  
John Kleyn, Tech Ink Manufacturing Ltd 社 Ottery, ケープタウン 南アフリカ

液晶ディスプレイ (LCD) が市場に登場してから数十年が経過した。80 年代に時計などの小さな携帯機器から始まり、ラップトップ・デスクトップコンピュータのディスプレイに成長し、今ではハイビジョン TV などで家庭用娯楽分野を制圧している。しかし、この成熟技術は、他のすべての先進技術を価格や信頼性および品質において凌駕しなければならないという絶え間ない圧力にさらされている。ディスプレイの最も高価な部品は、積層基板である。現在市販されている標準ディスプレイはガラス由来だが、プラスチックディスプレイに対する関心が高まっている。基材をプラスチックにすることで、より頑丈な機器を消費者に提供することができるだけでなく、ガラス基材に対して確立済みの印刷工程に加え、ロール・トゥ・ロール工程が可能になることで、生産コストの減少が予想される。

英国の HP Lab 社は、双安定性のあるプラスチックのフルカラーディスプレイの試作品 (図 1) を開発した。このディスプレイは通常の LCD 同様、透過型バックライトディスプレイであるが、偏光板以外のすべての層がプラスチック基材上に印刷されている。カラーフィルター樹脂は UV 照射により硬化している。

### 要求事項

カラーフィルターが満たすべき要求事項は、大きく分けて、光学特性、レオロジー特性、力学特性に分類できる。

### 光学特性

市場に出ている大半の LCD のように、この試作品においても、液晶と偏光板の組み合わせが透過する光をコントロールする。ある配向では、液晶分子は、直交する 2 方向



図 1 双安定プラスチック・フルカラー試作品の画像

の偏光板を通過できる向きに光の振動方向を変える。別の配向では、最初の偏光板を通過した光の振動方向は変化せず、2番目の偏光板を通過できない。そのためすべての光が吸収される。これは液晶が、複屈折、つまり光の振動方向を変更する偏光変換物質であり、電圧をかけることにより光の振動方向を変換するものと変換しないものを切り替えることができるために可能となる。

カラーフィルターは偏光板の間に置かれるので、それ自体は光の振動方向を変換しないものでなければならない。そうでなければ、光漏れが生じ、ハイコントラスト画像およびフルカラー画像は不可能である。顔料系のフォーミュレーションでは、散乱を抑えるために顔料の大きさが250nm以下、使用される樹脂は硬化後に複屈折がなく、硬化中に凝結や凝集を生じないことが必要となる。

十分高い彩度を得るために、硬化膜（厚さ：2～4ミクロン）中の顔料は、顔料の吸収帯において入射光を80%吸収することが必要になる。樹脂および硬化膜は処理中に漂白されず、10,000時間3,000cd/m<sup>2</sup>によって照射されてもその透過率は10%以上増加しないことが必要となる。

#### レオロジー特性要求事項

レオロジー特性要求事項は、印字ヘッドの種類によって異なる。選択した印字ヘッドは、FUJIFILM Dimatix社のSpectra SE-128である。8～20cPの範囲の粘度の液体を印字でき、90℃まで加熱できる。今回は45℃以下で行った。さらに、顔料を分散した液は速度10m/秒を滴下するために必要なシエアをかけても、相分離を起こさないことが必要となる。

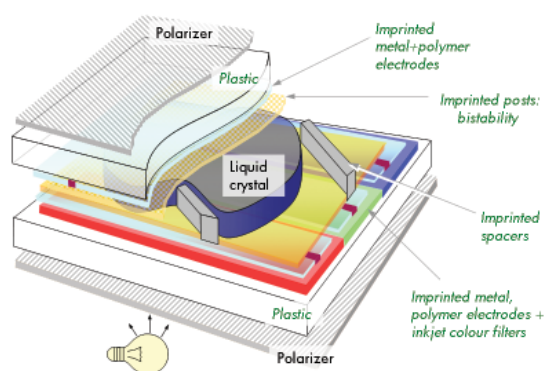


図2 双安定プラスチックディスプレイ HP 試作品の画像

#### 力学特性要求事項

印字・硬化させた顔料を含む皮膜は、最終的なラミネーションなどの、更なる後処理工程で持ちこたえる必要がある。硬化膜は、変色や滲み、軟化などすることなく、160℃で1時間の耐久性が必要となる。

カラーフィルターがプラスチック基材上に直接吐出されるので、接触面における応力を軽減するために、硬化物質と基材の力学的特性をできるだけ近づける必要がある。膜厚を最大限に制御し、接触面における応力を最小化すると、硬化収縮は最小化される。

プロセス数を少なくするために、硬化膜は高い表面エネルギーを有し、更なる処理をしなくても次層に付着することが必要である。未硬化樹脂はアクリレート表面に濡れ性が良好であり、いずれの表面も改質する必要はないことが必要となる。

我々は、UV硬化顔料アクリレート樹脂がこれらの全要求事項を満たすと考えている。ビニル樹脂は、プラスチック基材に対する柔軟性は十分だが、更なる処理工程に耐える強度がない。

#### 顔料

透過型ディスプレイでは、顔料の選択は光源の性能に合わせる事が重要になる。バックライトとしてLEDが出現したため、スペクトルに注目する必要がある。人の目に白く見えるLEDランプでさえ、スペクトルの輝線が限られており、可視スペクトルの周波数範囲内の発光と比べてギャップが生じる。

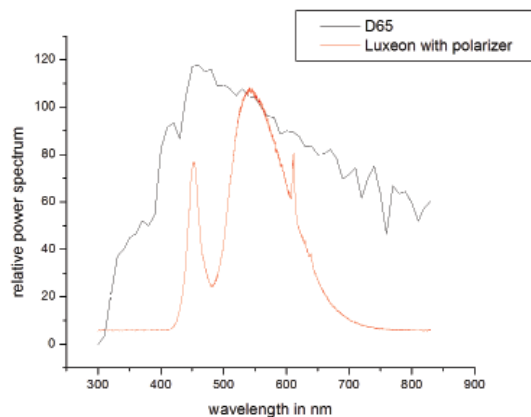


図3 D65 スペクトラム、偏光板と組合せたときの Luxeon バックライトのスペクトル

図3に、Luxeonと呼ばれるLEDバックライトのスペクトル、および昼光に匹敵し色度座標の計算に使用されるCIE D65スペクトルを示す。特に青色に対しては、このスペクトルは課題がある。450nmにおける透過ピーク幅が非常に狭く、多くの青吸収体に対応しない。例えば、青顔料15:6の透過率ピークは475nmであり、Luxeon光のスペクトル中の青領域では発光が最も少ない位置である。結果として、色度座標はかなりシフトする(図4)。

他の顔料が、Luxeon スペクトル中の波長欠損を補正している。C.I.pigment violet 23 はよく使われる補色顔料であるが紫色領域での発光がないため National Television Systems Committee(NTSC) スタンドに近しいブルーシフトを示す。そのためこの顔料を、青色としてこのバックライト中で使用できる(図4)。NTSCの赤領域はC.I.pigment red 149を用いることができる。緑色の場合は選択肢が少なく、C.I.pigment green 7またはC.I.pigment green 36が使用できる。これらの緑顔料は、吸収が比較的弱く、目的の吸収量に達するためには、マトリックス中に9w/w%添加する必要がある(他のすべての顔料の場合は4~5w/w%で十分である)。

## 樹脂調製

適量の分散剤を含む顔料20~30w/w%(8~15w/w%の分散剤の添加が最も安定した懸濁液を得られる)を、プラネタリーミルを使用して、市販の無溶媒分散用ビヒクル(Fritsch社製のPulverisette 7 Premium Line)中に粉碎した。分散時間は、分散体の耐久性とビーズのサイズに依存し、1,100rpmで15分から500rpmで2時間まで様々である。プラネタリーミルの利点は、ペースト状の混合物であってもうまく分散できることである。その後、製品とビーズの混合物に光重合開始剤を含む市販のモノマー混合物を加え、多孔質焼結ガラスプレートを用い最終混合物を吸引ろ過して、ビーズを製品から分離した。その後、この最終混合物を高せん断攪拌機で10分95,000rpmで攪拌し、2.5ミクロン径のろ紙で再度ろ過した。

### 分散体

- 20~30w/w%の(緑)顔料
- 8~15w/w%の(緑)分散剤
- 55(緑)~72w/w%の無溶媒分散用ビヒクル

### 最終マトリックス

- 20~30w/w%(緑)の分散体
- 4w/w%の光重合開始剤混合物

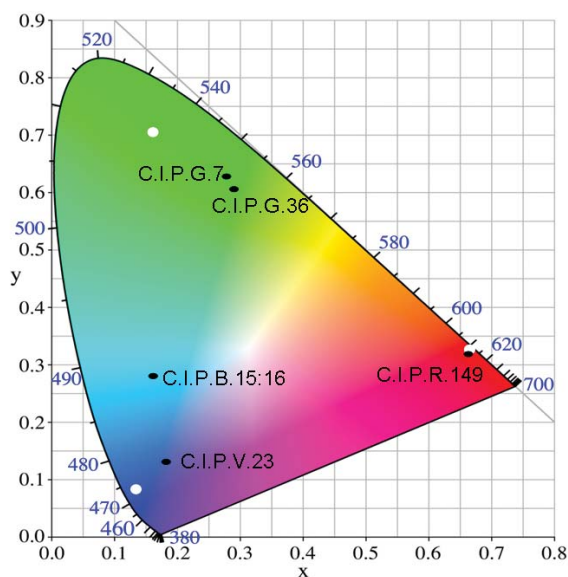
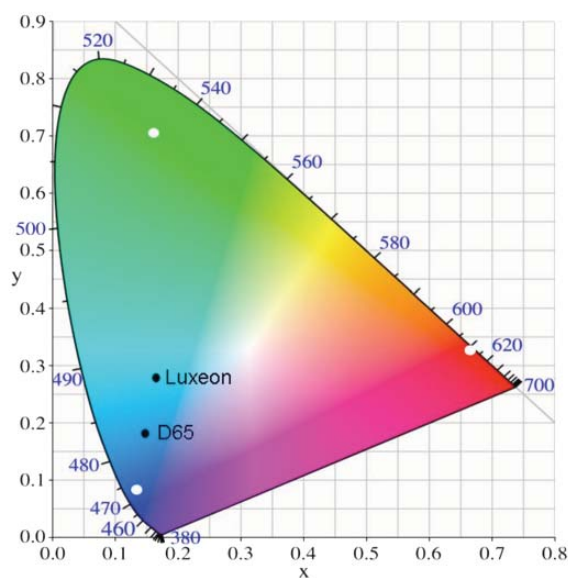


図4 白点はNTSCの基準色度座標を示す

- a) 光源のスペクトルの違いにより起こる色度シフト
- b) D65の変わりにLED Luxeon スペクトルを用いて計算した異なる顔料の色度座標

- 66(緑)~76%のアクリレートモノマーと
- オリゴマーの混合物

## 試験

樹脂をガラス上で回転させ、窒素雰囲気下で硬化させた。肉眼で観察すると透明なサンプルであっても、偏光顕微鏡で検査すると、凝結が生じ、直交する偏光板間の光漏れが見られたためカラーフィルターに適していない

ことが明らかになった。図5は、一般的な印字には問題ないが、直交する偏光板間に多くの光漏れが生成しカラーフィルター膜としては適さない硬化膜を示している。

Brookfield 社製の DV-1+ Viscometer による粘度測定では、適切な粘度範囲内で安定した懸濁液が得られたかどうか判定できた。高いチキソトロピー性を示す場合には、分散剤が不適で、分散液がシアをかけると相分離していることを示している。サンプルを 160℃で 1 時間乾燥させ、軟化試験を行った。樹脂をシングルノズル (GeSiM 社製の PicPIP) で吐出させ、シアのかかった状態での相分離を検査した。

## 結論

UV 硬化型アクリレートをベースとした顔料樹脂が、プラスチック基材上へのカラーフィルターの吐出に適していることを明らかにした。顔料の選択は、バックライトのスペクトルに大きな影響を及ぼすため、一般化することは難しい。硬化中の収縮を少なくすることで、膜厚を効果的に制御し、膜と基材の間の応力を最小化することができる。硬化アクリレート膜は後工程を十分に耐えるほど堅牢でかつ、ロール・トゥ・ロール工程中に湾曲した時に基材に追従できるほど十分な柔軟性を保持して



図5 硬化中の凝集 (x 200 倍) 偏光板なし

いる。試作品に使用された混合物は、分散方法の改良が必要で、光源や基材材料は変更する必要があると考えられる。

## 謝辞

米国 HP 社の Molly Hladik 氏との有益なディスカッション、HP Tech Ink 社の Nabowia Sali 氏、Neil Poole 氏からの技術的サポートに感謝します。

RadTech Report 2009 年 4, 5, 6 月号より許可転載

Noblelight Discovery (旧 Fusion JAPAN NEWS) No 55, August 2009, pp.6-8 より抜粋

ヘレウス株式会社  
ノーブルライト事業部

〒112-0012  
東京都文京区大塚2-9-3  
住友不動産音羽ビル2F  
Tel: (03)6902-6600  
Fax: (03)6902-6625  
uvp.hkk@heraeus.com  
www.heraeus.co.jp