

銀塩方式PDP用電磁波シールドフィルム「シールドレックス」の開発

佐々木 博友*, 岡崎 賢太郎*, 中平 真一*, 藤田 佳弘*, 松本 淳*, 横川 拓哉*

Electromagnetic Radiation Shielding Film for PDP by Novel Use of AgX Technology

Hiroto Sasaki*, Kentarou Okazaki*, Shinichi Nakahira*,
Yoshihiro Fujita*, Jun Matsumoto*, and Takuya Yokokawa*

Abstract

Fuji Photo Film Co., Ltd. has developed an electromagnetic radiation shielding film for plasma display panels (hereinafter referred to as PDPs), the demand for which is rapidly increasing.

The electromagnetic radiation shielding film is attached beneath the surface of a PDP to prevent electromagnetic radiation irradiated from the panel.

The film is produced using silver halide photography technology, while the conventional shielding mesh is made by photo-etching.

The features of our shielding mesh include:

- 1) Free patterning / High-resolution and high-precision patterns
- 2) Low haze
- 3) VCCI Class-B regulation capability

To achieve a metal mesh pattern having sufficient electrical conductivity with a high density emulsion, a high contrast development technique, etc. are required.

1. はじめに

プラズマディスプレイパネル (PDP) は、Xe (キセノン) などのガスに高電圧を印加して得られるプラズマ放電を利用した表示パネルである。その駆動回路には比較的大きなパルス状電流が流れるため、PDPからは数十～数千MHz程度の電磁波が放出されている。これらの電磁波は、電磁波障害 (Electromagnetic Interference : EMI) と呼ばれるほかの電子機器などへの好ましくない影響を与える懸念があるため、一般的に、EMIシールドフィルムあるいは電磁波シールドフィルムと称される、光透過性の導電性フィルムがPDPの前面に装着されている (Fig. 1)。

PDPの電磁波シールドフィルムに求められる性能は、電磁波を減衰させることに加えて、光学的に透明で、光の散乱や色変化が小さく、PDPパネルにセットした

時にモアレを生じにくいことである。また、パネル製造のコストダウンのため、低価格で供給安定性に優れることが望まれている。

従来のPDP用電磁波シールドフィルムの製造方式は、厚さ10 μ m程度の銅箔を粘着材でPET (ポリエチレンテレフタレート) 支持体に貼り合わせた後、フォトリソグラフィにより線幅が約10 μ m、ピッチが200～300 μ mのメッシュ (網目) を形成する方法である。また、別法として、メッシュ状に編んだ20～30 μ mのポリエステル繊維をめっき処理する方式がある。

われわれは、当社が培ってきた写真技術を利用した独自の新たな製造方式により、上記ニーズを満足する電磁波シールドフィルムを開発した^{1, 2)}。

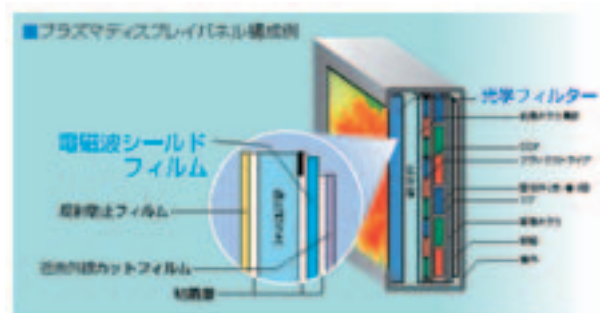


Fig. 1 Electromagnetic radiation shielding film in a plasma display panel.

本誌投稿論文 (受理2006年2月6日)

*富士写真フィルム (株) R&D統括本部材料研究本部
デジタル&フォトイメージング材料研究所
〒250-0193 神奈川県南足柄市中沼210

*Digital & Photo Imaging Material Research Laboratories
Materials Research Division, Research & Development
Management Headquarters, Fuji Photo Film Co., Ltd.
Nakanuma, Minamiashigara, Kanagawa 250-0193, Japan

2. 技術的背景

2.1 PDP 用電磁波シールドフィルム

日本の自主規制規格である VCCI 技術基準や米国 FCC 規格などでは、業務用電気機器と民生用機器とを区別し、民生用機器にはより厳しい電磁波許容値が設定されている。このため、業務用 PDP には、安価な、金属銀と無機酸化物とを5層以上交互積層した銀スパッタ膜が用いられ、民生用 PDP には、高いシールド性を有する金属メッシュが用いられている。現在、用いられているメッシュは、シールド性の指標である表面抵抗率が $0.1 \Omega/\square$ 程度のものである。

また、PDP パネルの前面に設置しても映像表示品質に悪影響を与えないように、メッシュは約 90% の高い開口率を有することが求められる。90% の開口率の導体が前述の $0.1 \Omega/\square$ の表面抵抗率を示すには、Fig. 2 に示すように、銀または銅メッシュの膜厚は $3 \mu\text{m}$ 程度の厚膜である必要がある。

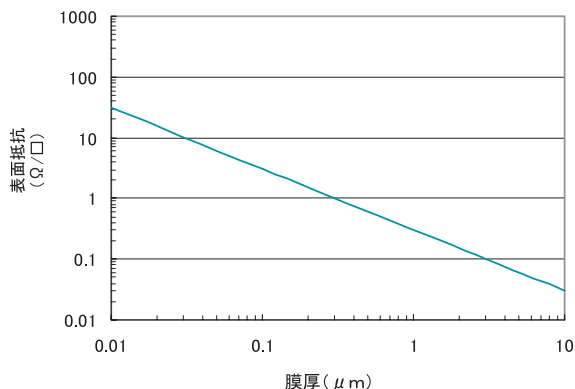


Fig. 2 Simulation of surface resistivity of a copper or silver mesh as the function of film thickness (mesh opening ratio : 90%).

2.2 写真銀画像の導体化技術

白黒写真画像は、現像反応で形成した微細な金属銀で構成されるが、一般に、離散的にバインダー（ゼラチン）中に存在するため導電性を有してはいない。もし、黒白写真銀画像を導電性にすることができれば、従来の映像としての利用以外の新たな応用展開が広がる。これまでに、写真銀画像から導電性パターンを得る方法がいくつか提案されている。

例として、鈴木³⁾は、銀塩（銀錯塩）拡散転写法を利用して導電性の銀画像を得る方法を提案しており、 $10 \sim 100\text{k}\Omega/\square$ の銀薄膜が得られることを開示している。

Whitesides らは、35mm インスタント白黒スライドフィルムから得た銀パターンを無電解めっきすることで、導電性パターンが形成できることを示した⁴⁾。

これらの方法は、基本的に銀塩拡散転写法を利用したものであり、現像銀の導電性は必ずしも十分なものではなかった。すなわち、銀塩拡散転写法によって得られる銀パターンの厚みは薄く、純銀換算でサブミク

ロンの厚みの銀薄膜は容易に得られるものの、ミクロンオーダーの厚みを有する、高い導電性を具備する銀パターンを得ることには困難を伴う。

従って、われわれは、PDP 用電磁波シールドフィルムの要求を満たすことが可能な感光材料とその処理プロセスを新たに開発し、これにより、以下の特長を付与することに成功した。

3. 銀塩方式 PDP 用電磁波シールドフィルムの特長

写真技術を応用した電磁波シールドフィルムの外観とメッシュパターン例を、Fig. 3, Fig. 4 に示す。“シールドレックス”は、十分な電磁波シールド性を有する (Fig. 5) ことに加えて、以下の特長を持つ。

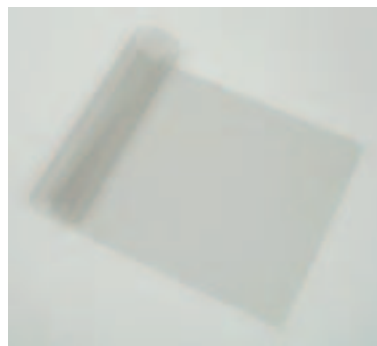


Fig. 3 Electromagnetic radiation shielding film produced by AgX technology.

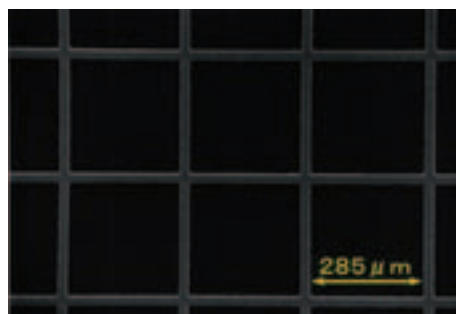


Fig. 4 Mesh pattern of the AgX technology-based electromagnetic radiation shielding film.

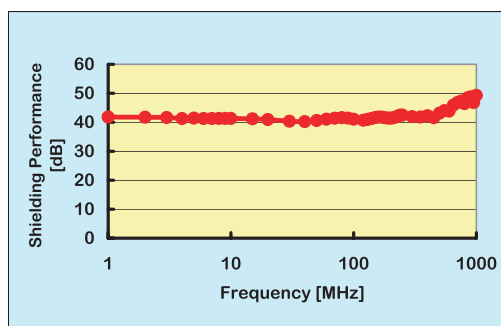


Fig. 5 Shielding performance of the AgX technology-based electromagnetic radiation shielding film.

1. 透明性が高い（低ヘイズ）。
2. 枠縁のない連続メッシュが可能である（Fig. 6）。
3. 生産性に優れる（Fig. 6）。

透明性に関し、一般的に、ウェットエッチング方式では銅箔を粘着材でPETフィルムに貼り合わせるため、エッチングで銅箔を除去した部分（開口部）には粘着材が表面に存在する。その粘着材の表面は微小な凹凸があり、光の散乱の原因となる。このため、粘着剤表面を平滑化する工程が別途必要である。これに対し、銀塩方式では開口部の表面は平滑なゼラチン表面であり、特別な処理をしなくても光の散乱が小さく透明性の点で優れている。

生産性に優れる理由は、第1に、年間数千万m²以上の生産能力を有する写真感光材料の製造プロセスを活用することで、基盤となるハロゲン化銀感光材料が得られることであり、第2に、フォトポリマーの十数～数百倍の感度を活かし、精細パターンを高速で描画できることである。

さらに、われわれは、数百mに渡って枠縁のない連続メッシュパターンを高速描画を可能にするため、後述の新たな露光方式を開発した。従来の方式では、メッシュパターンを密着露光するためにロール形状を有しても、メッシュパターンは連続していないのが一般的であったが、これに対して、“シールドレックス”では連続

メッシュパターンの電磁波シールドフィルムを実現した。これによって、シールドフィルムをガラス板やPDPモジュールに貼り合わせる際の位置合わせや、サイズ切り替えの工程ロスを軽減することが可能となった。

4. 銀塩方式電磁波シールドフィルムの技術的特徴

4.1 感光材料

以下に、本方式に用いるハロゲン化銀感光材料について解説する。

本方式で用いるハロゲン化銀感光材料は、PETフィルム支持体、およびこの支持体上に塗布されたナノ～サブミクロンオーダーのサイズのハロゲン化銀微粒子とゼラチンバインダーで構成されている。

このハロゲン化銀感光材料を、後述する露光方法によってメッシュパターン状に露光し、続いて現像処理を施すと露光を与えた部分のハロゲン化銀粒子のみが現像され、メッシュパターン状に現像銀線（銀メッシュ）が形成される。

今回、われわれは、写真銀画像に高い導電性を付与するために、従来の写真感光材料に比べてゼラチンバインダーの割合を極力減らした、新たな感光材料を開発した（Fig. 7, Fig. 8）。

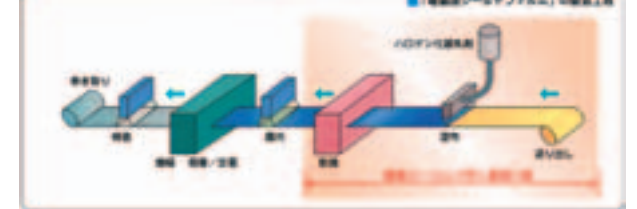
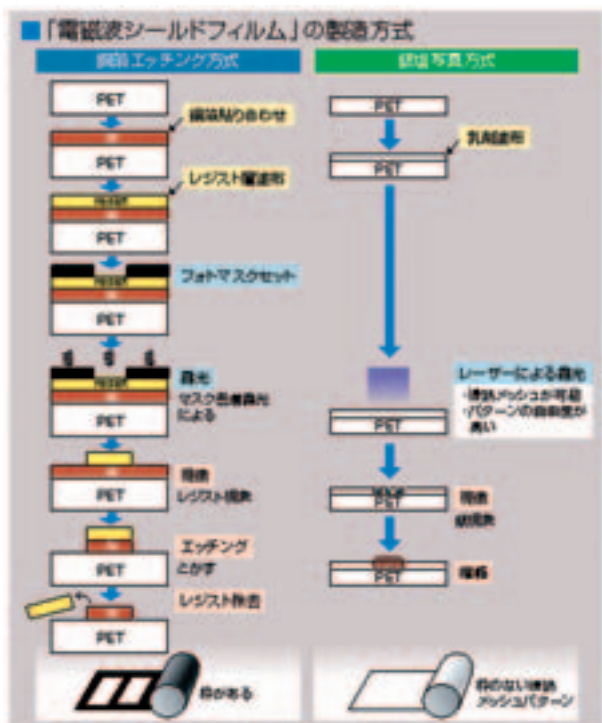


Fig. 6 Process of manufacturing the electromagnetic radiation shielding film.

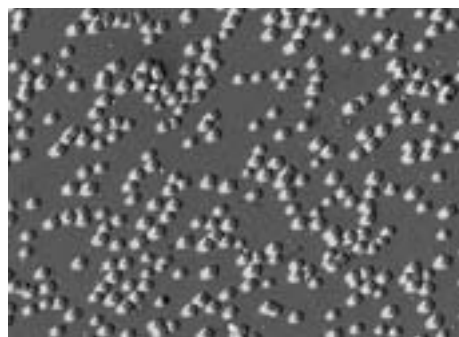


Fig. 7 Electron micrograph of silver halide grains.

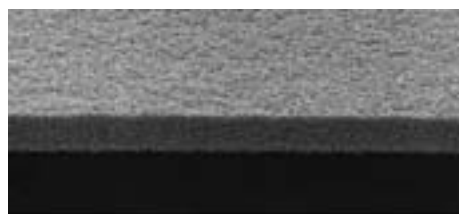


Fig. 8 Cross-sectional micrograph of photographic sensitive material.

ゼラチンバインダーの減量は、現像銀微粒子どうしの接触を増して銀メッシュの導電性を高める一方で、ハロゲン化銀粒子の凝集による被りや、塗布故障などの弊害の原因となる。われわれは、ハロゲン化銀乳剤の荷電バランスおよび表面張力を最適化することによってこれらの弊害を克服し、既存のハロゲン化銀写真感光材料では困難であった高導電性現像銀線を生成する

ハロゲン化銀感光材料を開発した。

この感光材料から得られる銀メッシュは、微細な現像銀の集合体であるため、後述の露光・処理プロセス技術と併せ、十分な分解能で線幅約10 μ mの銀メッシュを形成可能である。また、露光パターンを変えることにより、メッシュの角度、線幅、開口率などを自由に変えることができる。

4.2 露光

ハロゲン化銀感光材料に高精細パターンを描画する方式はいくつかあるが、以下の要求を満足する露光方式を新たに検討した。

1. 数百 μ m以上に及ぶ連続パターン
2. 数百 μ m単位で繰り返すパターン
3. 5～15 μ mの細線で構成
4. 高コントラストパターン露光（矩形ビームプロファイル）
5. パターン変更の自由度が高い

金属メッシュパターンは、レーザービームにより描画可能であるが、細線が数 μ mであることからボケのないパターンを得るために、ビームプロファイルが矩形である必要がある。

従来技術では、このような微細なメッシュパターンを数百 μ m以上連続で形成することは容易ではない。すなわち、レーザー走査露光によって数 μ mオーダーの高精細露光は可能ではあるが、バッチ式露光が一般的である。また、密着マスク露光によるバッチ式パターンニングでは、厳密な位置合わせを行えば連続パターンが得られるものの、実際上は、数 μ mレベルでの位置制御がむずかしいため、生産速度を維持したまま安定製造することが困難である。

われわれは、連続メッシュパターンを得るために、光ビームを直線走査させながらウェッジ状の感光材料を搬送する新方式を検討した。露光ヘッドの駆動方式としては、

- ① 感材搬送方向に垂直方向に走査露光、ビームのON/OFFでスポットを重ね露光
- ② 連続点灯のレーザービームを斜め（搬送方向に45°など）に数百 μ m間隔で露光
- ③ DMD（Digital Micromirror Device）による面画像露光

の方式を、単独ないし複数組み合わせ、かつ、感光材料を精密ウェッジ搬送することで、上記を満足するパターン描画を実現した。

4.3 黑白現像処理/増幅工程

感材の黑白現像処理方法としては、PQ（MQ）現像やグラフィック処理で知られるリス現像がある。ヒドラジン硬調化現像でよく知られているPQ現像は、処理変動が少なく安定性に優れるが、今回のような高塗布銀量の感光材料では硬調化が不十分であり、一方、リス現像は硬調であるが、安定性や使用上の制約がある。

われわれは、本電磁波シールドフィルムの処理プロセスとして、新たに、①高い導電性、②高い透過性を有する細線画像形成を達成すべく、以下の技術を導入した。

1) 硬調現像技術

超高密度乳剤を用いた場合、高導電性細線形成に重

要な硬調画像を得ることがむずかしく、硬調化のために、現像液を構成する含窒素ヘテロ環化合物群の使用技術を新たに開発した。

2) 現像処理プロセスの保恒技術

高塗布銀量の感光材料を処理するために、処理のランニングプロセスを高度に安定化させた。特に、現像処理液に流出する銀イオンの安定化が必要で、メルカプト化合物に代表される銀溶出防止（感材からの銀イオンの溶出防止）剤と還元抑制（溶出した銀が還元されて、銀として析出することの抑制）技術を導入した。

3) 高導電性化定着処理技術

通常の定着剤を用いて定着を行なうと、現像銀表面に定着剤起因のイオウ化合物が吸着し、抵抗値が高くなる。これを回避するために、現像銀に吸着するイオウ化合物の生成抑制技術を新たに開発した。

4) 導電性増幅技術

現像銀の導電性をさらに高めるために、①現像銀を触媒とする物理現像技術、②現像銀の物理的/化学的/電気化学的処理技術を開発、これらを組み合わせた導電性増幅技術を確立した。

5. おわりに

われわれは、写真感光材料を用いたパターン形成法の新たな可能性を探り、現像銀で形成される銀画像に導電性を付与する技術を開発した。これにより、他方式では得がたい特長を有する“シールドレックス”を開発することに成功した。

現在、富士フィルムは、LCDパネル用偏光板材料として不可欠な「フジタック」、視野角拡大効果のある「WVフィルム」、パネル表面の反射防止効果の高い「CVフィルム」、カラーフィルター作製用フィルム「トランサー」の、特長ある4つの製品でフラットパネルディスプレイ市場に貢献している。今後、薄型TVなどでLCDとともに市場の伸びが予想されるPDP用電磁波シールドフィルム事業を展開することにより、幅広くフラットパネルディスプレイの普及に貢献したい。

最後に、本研究を進める上でご指導いただいた方々、および本製品の開発に携わり、ご協力いただいたすべての方々に謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐々木, 西桜, 守本, 高田. 富士写真フィルム(株). 特開2004-221564.
- 2) 佐々木, 西桜, 守本, 高田. 富士写真フィルム(株). 特開2004-221565.
- 3) 鈴木. 三菱製紙(株). 特公昭42-23745.
- 4) Deng, T.; Whitesides, G.M. *Analytical Chemistry*. **72** (4), 645-651 (2000).

(本文中にある“シールドレックス”, “フジタック”, “トランサー”は富士写真フィルム(株)の商標です。)