

# タッチパネル用薄型両面センサーフィルム「エクスクリア」の開発

一木 晃\*, 白崎 裕一\*, 伊藤 忠\*\*, 曾呂利 忠弘\*\*\*, 気賀沢 忠宏\*\*\*\*

## Development of a Thin Double-sided Sensor Film “EXCLEAR” for Touch Panels via Silver Halide Photographic Technology

Akira ICHIKI\*, Yuichi SHIRASAKI\*, Tadashi ITO\*\*,  
Tadahiro SORORI\*\*\*, and Tadahiro KEGASAWA\*\*\*\*

### Abstract

Fujifilm has developed a sensor film named “EXCLEAR” for touch panels using silver halide photographic technology. This sensor film comprises a conductive silver mesh pattern on both sides of a thin PET film, and a thin transparent sensor. Earlier, indium tin oxide (ITO) was mainly used as the sensor film for the touch panel; however, its conductivity was insufficient for the application to large-size touch panels. Moreover, it tends to easily crack if bent. Furthermore, the supply of indium is limited, which made it a major concern. ITO is resisted as a specific chemical substance. Therefore, there was a need for alternative materials for constructing the sensor film. “EXCLEAR” is a novel sensor film that overcomes these issues related to ITO and responds to the market demand.

### 1. はじめに

タッチセンサーが、スマートフォン、タブレット等の携帯端末だけでなく、ノートパソコンにも採用が進んでいる。これまで、タッチパネル用透明導電膜の主流はITO（酸化インジウム錫）だったが、タッチパネルの大画面化に伴い、特に10インチ以上のサイズでITOの導電性不足が指摘され、またペン入力やタッチ性能向上等の、より多様化した要求性能をカバーできない局面が現れてきている。それに加えて、ITOの原料のインジウムは希少金属で安定供給に不安があり、スパッタリング等の気相プロセスのために生産負荷が高

く、代替材料が求められている。

ITOフィルムに代わるセンサー材料としては、メタルメッシュフィルムなどの非ITOフィルムが注目されている。今後も伸長するタッチセンサー市場の中でも、非ITOフィルムは、タッチパネルの大画面化を支える材料として採用が進んでおり、2014年の非ITOフィルム市場規模は172万m<sup>2</sup>であったが、2016年には400万m<sup>2</sup>（2年間で2.3倍）に達すると予測されている（Fig. 1）<sup>1)</sup>。

このような背景の下、2015年、当社は、培ってきた黒白写真技術を応用した、高導電性銀画像形成技術<sup>2), 3)</sup>により、線幅数 $\mu\text{m}$ のメッシュパターンを薄型PETの両面

本誌投稿論文（受理2016年12月19日）

\*富士フイルム（株）R & D統括本部  
高機能材料研究所

〒250-0193 神奈川県南足柄市中沼210

\*Highly Functional Materials Research Laboratories  
Research & Development Management Headquarters  
FUJIFILM Corporation

Nakanuma, Minamiashigara, Kanagawa

250-0193, Japan

\*\*富士フイルム（株）R & D統括本部

高機能材料研究所

〒258-8577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577

\*\*Highly Functional Materials Research Laboratories  
Research & Development Management Headquarters  
FUJIFILM Corporation

Ushijima, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa

258-8577, Japan

\*\*\*富士フイルム（株）R & D統括本部

有機合成化学研究所

〒258-8577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577

\*\*\*Synthetic Organic Chemistry Laboratories

Research & Development Management Headquarters

FUJIFILM Corporation

Ushijima, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa

258-8577, Japan

\*\*\*\*富士フイルム（株）R & D統括本部

先端コア技術研究所

〒258-8577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577

\*\*\*\*Frontier Core-Technology Laboratories

Research & Development Management Headquarters

FUJIFILM Corporation

Ushijima, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa

258-8577, Japan

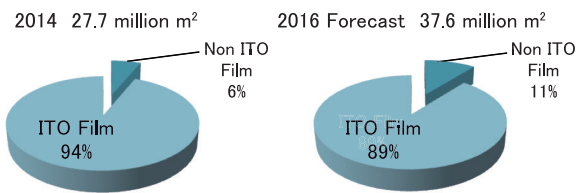


Fig. 1 Schematic of the worldwide market size for transparent conductive films

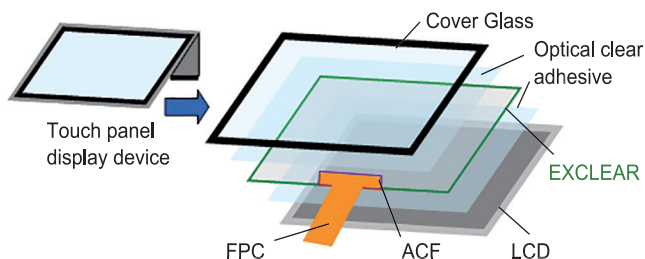


Fig. 2 Schematic of an example of a touch panel module



Fig. 3 Roll of EXCCLEAR

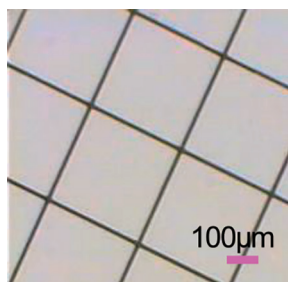


Fig. 4 Schematic of the silver mesh patterning

に行った、タッチパネル用センサーフィルム（商品名：「エクスクリア」）を開発した<sup>4)</sup> (Fig. 2, 3, 4)。

## 2. 開発の背景

### 2.1 タッチパネル構成とタッチ検出の原理

現在主流のタッチパネルの構成とタッチ検出原理を Fig. 5 に示す。パネルをマス目状に分割した各セルでは、上下2枚のITO透明導電膜が絶縁層を介して貼り合わされ、コンデンサーを形成している。

上下のITO膜は、それぞれX方向とY方向に電極状につながっている。一方の電極でパルス信号をスキャンし、もう一方の電極でセンシングすることで、指でタッチした場所の静電容量値変化を読み取り、位置検出を行う。

### 2.2 中～大サイズセンサーの課題

タブレット端末の需要が著しく伸びると共に、ノートパソコンやオールインワンパソコンにもタッチパネルの導入が進んでおり、タッチパネル全体に占める中～大サイズ（10～

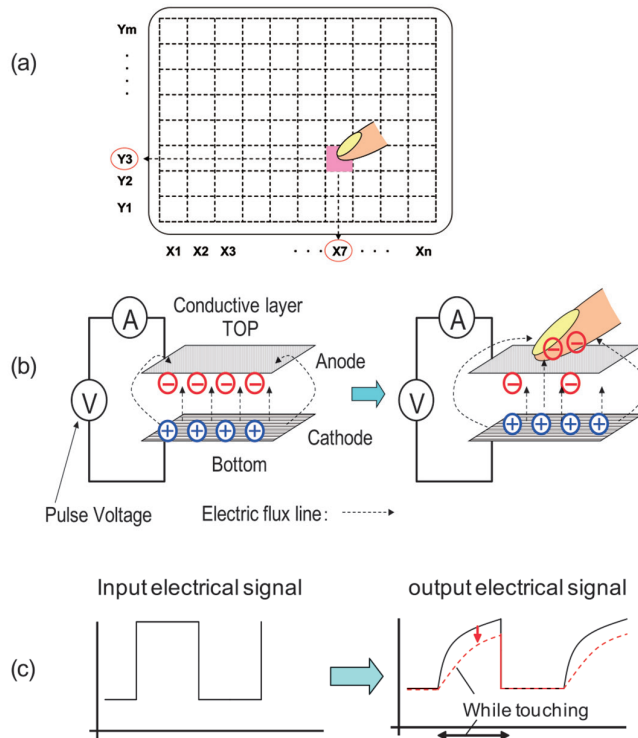


Fig. 5 The principle governing the projected capacitive touch panels to detect touch positions

- (a) Dividing the panel into cells
- (b) Sensor configuration in each cell
- (c) An example of input and output electric signals

24インチ程度)の構成比が上昇する見通しである<sup>5)</sup>。

タッチパネル大画面化では、検出点数が多くなるため、各マスに電荷を溜めるスキャンレートを早くする必要があり、電極の低抵抗化が必要である。10インチ以上では、ITOフィルムの導電性が不足する懸念がある。

また、パネルが大型化するほど、導電膜の貼合工程で、位置ずれにより歩留まりが悪化する傾向がある。このため、生産性の高いモジュール化プロセスが要求されている。

### 2.3 ITO代替の要請

ITOに使用されるインジウムは、希少金属のために安定供給性に不安があり、かつ近年、ITOが特定化学物質に指定される等、生産現場では、安全性の点でも使いにくい材料となっている。

また、ITOフィルムを製造するには、①スパッタリング等の気相成膜プロセスが必要なこと、②パターニングでのフォトリソグラフィ工程が煩雑なこと、③周辺配線作製工程が別途必要なこと等、プロセス負荷が大きいという問題がある。

### 3. タッチパネルセンサー「エクスクリア」の特徴

#### 3.1 エクスクリアの構成

エクスクリアでは、導電性を付与するために銀線パターンを使う。形成される銀線パターンの模式図を Fig. 6 に示す。銀線パターンは透明ベースの表裏に形成され、また表裏のパターンはそれぞれ、①センサー電極、②センサー電極に接続された引き出し配線からなる。①は、センサーの下に配置される LCD 画像を遮蔽せずに、かつノイズを与えないように、通常数  $\mu\text{m}$  からなる細線でパターン形成される。②は、デバイスの額縁部分（視認エリア外）に設置されるが、額縁を狭くして表示面積を広く確保したい要請から、通常数十  $\mu\text{m}$  のラインで形成される（電極本数分のラインが、数十  $\mu\text{m}$  のスペース間隔ごとに並列配置される）。

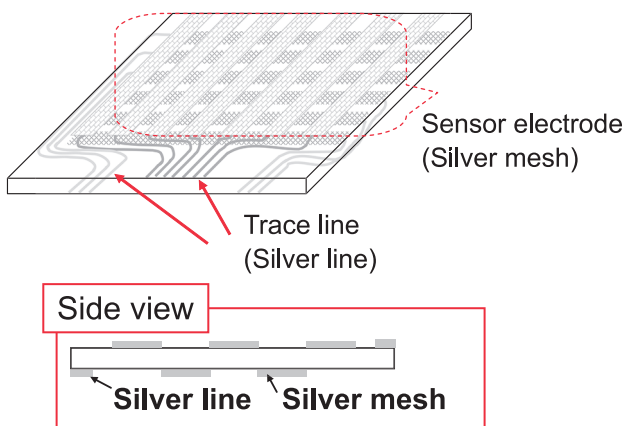


Fig. 6 Illustration of EXCLEAR silver-mesh patterns

#### 3.2 パターニングプロセス

エクスクリアの銀線パターンは、写真の画像形成プロセスを利用し、感光材料であるハロゲン化銀を露光、現像することで金属銀（現像銀）に変換することで形成した。プロセス概略を Fig. 7 に示す。パターニングにレジストを用いる製造工程と比較すると、簡便なプロセスになっていることがわかる。

#### 3.3 従来センサー ITO との比較

エクスクリアでは、高導電性の銀をメッシュ状にパターンニングし光透過性と導電性を両立させ、ITO より低抵抗を実現している (Fig. 8)。

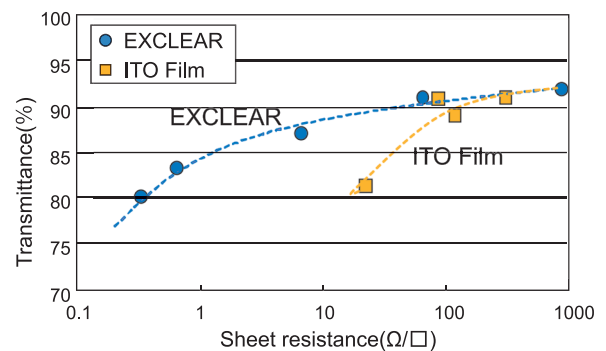
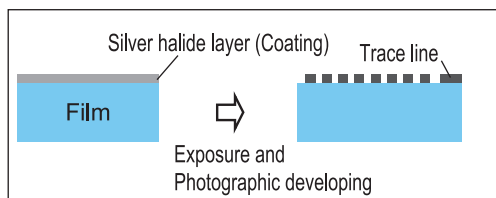


Fig. 8 Schematic of the correlation between transmittance and resistance

#### EXCLEAR

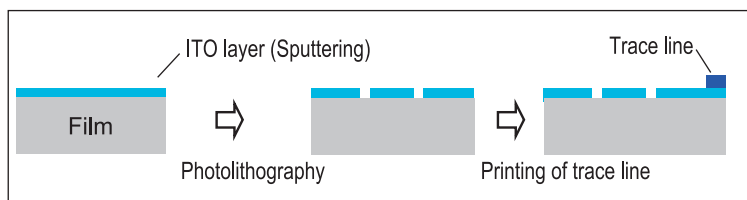
(Features below show only one side of the film)



Features of EXCLEAR:

1. Concurrently making sensor and trace line
2. Skipping blacking process

#### ITO



#### Metal-Mesh(Cu plating)

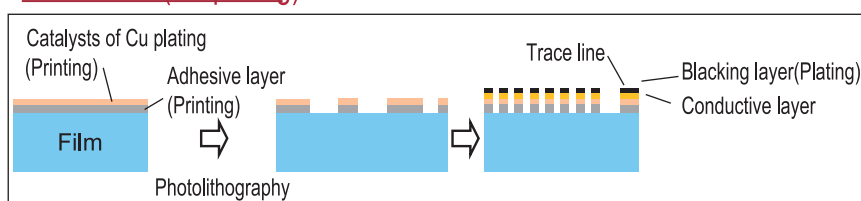


Fig. 7 Comparison of various conductive processes

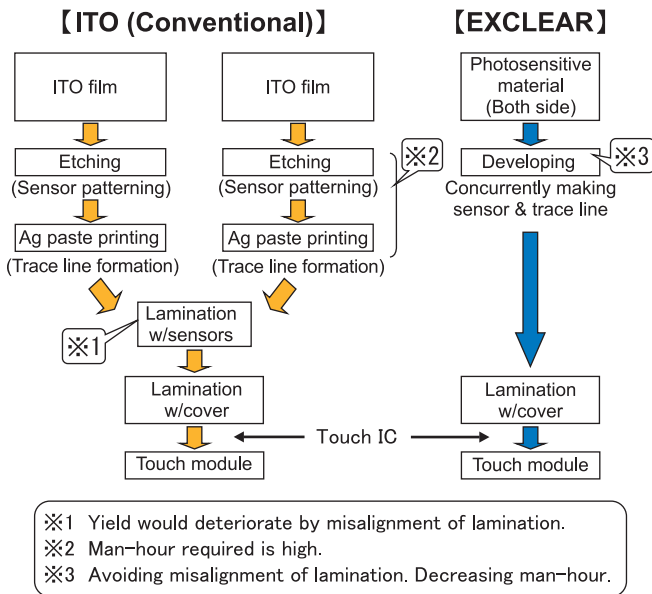


Fig. 9 Schematic of simplifying the touch module process

さらに、エクスクリアは、センサー化プロセスの簡略化、センサー薄膜化（センサートータル  $40\ \mu\text{m}$ ）、フレキシブル性という、従来センサー ITO にない特徴を持っており、以下にその特徴について説明する。

#### (1) センサー化プロセスの簡略化

エクスクリアでは、センサー化プロセス変革につながる以下 (a), (b) の量産技術を確立し、タッチパネルモジュールの生産負荷軽減に貢献した (Fig. 9)。

##### (a) センサー電極と引き出し配線の一括形成

ITO フィルムではセンサー電極形成後、引き出し配線を別工程で形成する。これに対し、エクスクリアは、センサー電極と引き出し配線を同時にパターン露光することで、一括形成（工数削減）が可能となった。

##### (b) センサーモノシート化

ITO フィルムを用いた、タッチパネルのモジュール化工程では、パターンニングした ITO 導電膜を 2 枚貼り合わせる。これにより、貼合工程による位置ずれが発生し、生産負荷が大きかった。一方、エクスクリアでは、ベースの両面に位置精度良くパターンニングでき、貼合の生産負荷を大きく軽減させた。

#### (2) センサー薄膜化

エクスクリアでは、センサーモノシート化に加え、ベース薄層化により  $40\ \mu\text{m}$  のセンサー厚みを達成し、デバイスの薄層化、軽量化に貢献した (Fig. 10)。

ITO (Lamination of 2 layers)		EXCLEAR (1 layer sensor)
50 $\mu\text{m}$ PET + OCA(50 $\mu\text{m}$ ) + 50 $\mu\text{m}$ PET	25 $\mu\text{m}$ PET + OCA(50 $\mu\text{m}$ ) + 25 $\mu\text{m}$ PET	38 $\mu\text{m}$ PET Ag Ag
150 $\mu\text{m}$	100 $\mu\text{m}$	40 $\mu\text{m}$

Fig. 10 Comparison between thickness of the ITO and EXCLEAR films

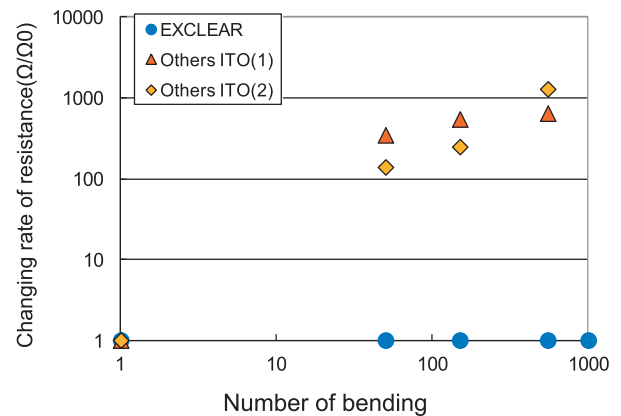


Fig. 11 Comparison between the flexibility of EXCLEAR and other materials

#### (3) フレキシブル性

従来センサー ITO は、曲げ等でひび割れが発生し、生産での取り扱いに注意が必要である。一方、エクスクリアでは、バインダー種と量の選択で柔軟性が付与でき、ITO に比べて格段に高い屈曲性能を実現している。4mm  $\phi$  の棒に巻きつけて、繰り返し屈曲させたときの抵抗変化を Fig. 11 に示す。ITO は屈曲回数と共に抵抗値変化（対初期抵抗値）が大きくなるが、エクスクリアは変化がないことがわかる。

## 4. エクスクリアの技術的特徴

次に、今回開発したハロゲン化銀感光材料、およびそのプロセス（パターン露光、現像処理）について説明する。

### 4.1 ハロゲン化銀感光材料

開発した感光材料は、ゼラチンバインダーを用いて、数百 nm サイズのハロゲン化銀粒子（写真用のハロゲン化銀サイズは、数  $\mu\text{m}$ ）を透明支持体上に塗布して形成した。今回、現像銀に高い導電性を付与するため、現像銀粒子間で導電性を阻害するゼラチンバインダーの割合を従来の写真感光材料の約 1/100 に減量した、超高密度ハロゲン化銀感光材料を新規に開発した (Fig. 12, 13)。

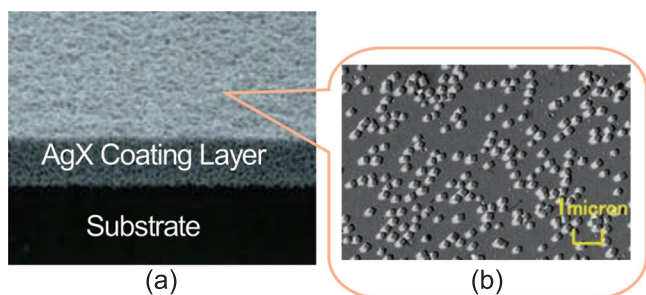


Fig. 12 (a) Cross-section of the silver halide coating layer  
(b) Illustration of the silver halide grains

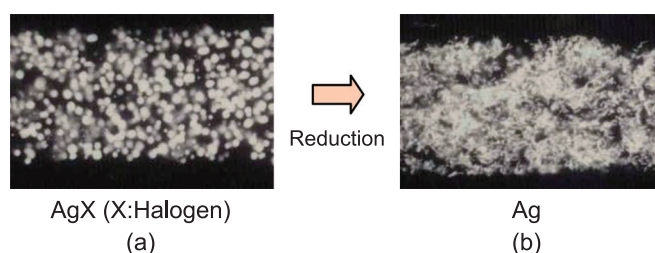
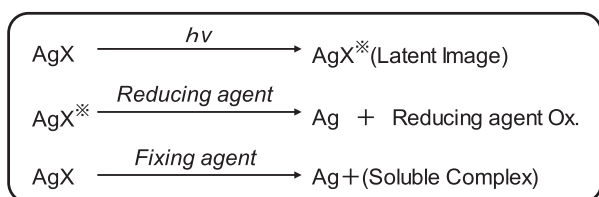


Fig. 14 Cross-section of  
(a) Silver halide grains  
(b) Metal silver after developing the film



## 4.2 パターン露光

ハロゲン化銀は高効率の光センサーであり、感光材料にパターン露光することで自在な精密パターンが形成可能である。また、支持体の表裏それぞれに位置精度良く、パターン露光できる Roll to Roll 生産方式を開発し、モノシート両面センサーを実現した。

## 4.3 現像処理

露光されたハロゲン化銀には潜像（現像の引き金となる銀核）が形成され、現像処理液中の還元剤により銀に還元される（Fig. 14）。また、未露光粒子は、定着剤により水溶化され膜中から除去される。

上記化学現像処理を経て、エクスクリアは、銀のフィラメント形状に由来した優れた黒色調を有する。また新規感光材料にマッチした処理液処方開発を行ったので、以下に説明する。

### (1) 黒色調と導電性の両立

従来のメタル材料の例として銀メッキを取り上げ、銀形状と表面から見た色調を比較し、Fig. 15 に示す。

エクスクリアでは、微細構造が、高密度で均一に形成されており、特別な黒化処理を必要とせず表面の光反射を低減し、特定波長の可視光を反射させないニュートラルな黒色調を実現していることが、特筆すべき点である。

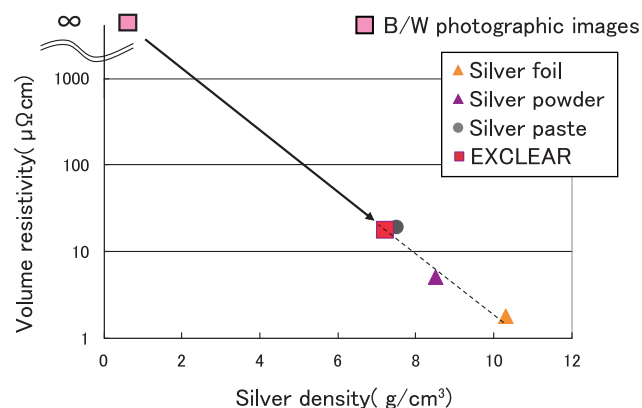


Fig. 13 Graph illustrating the reduction of volume resistivity by increasing silver density in EXCLEAR

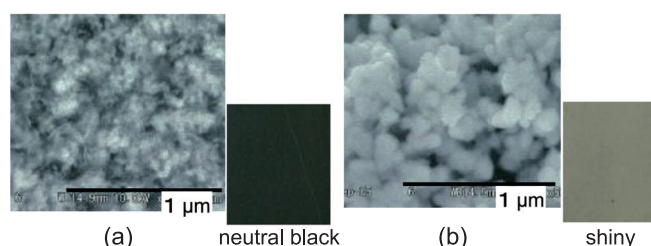


Fig. 15 Colored top view and cross-section of  
(a) EXCLEAR (chemical development)  
(b) Physical development of silver

さらに、エクスクリアでは、感光材料の層設計およびプロセス条件により、厚み方向に銀の密度をコントロールし（バルクを高密度、表面を低密度）、黒色調と高導電性の両立を達成した（Fig. 16）。

### (2) 新規処理液処方の開発

現像処理において、感光材料のゼラチンバインダー減量に伴い、以下 (a), (b) の対応が必要であった。

(a) ハロゲン化銀粒子凝集に伴うノイズ（未露光部で意図せず現像される銀核）の対策

(b) 現像液に溶出が増大する銀イオンの低減・安定化

メルカプト化合物に代表される、ハロゲン化銀や銀への吸着安定剤（ノイズ抑制、現像液への銀溶出抑制）、および溶出した銀の還元抑制剤とを組み合わせた現像処理安定化技術を開発し、安定的な連続生産を実現した。

## 5. おわりに

当社は、写真感光材料を用いたパターン形成方法の新たな可能性を探り、導電性と膜強度の両立、並びに電子材料としての信頼性向上を実現し、薄型両面センサーフィルム「エクスクリア」の開発に成功した。写真フィルムの需要は激減したが、そこで培ったコア技術を現在のニーズに適用し、新たな製品化につなげた。

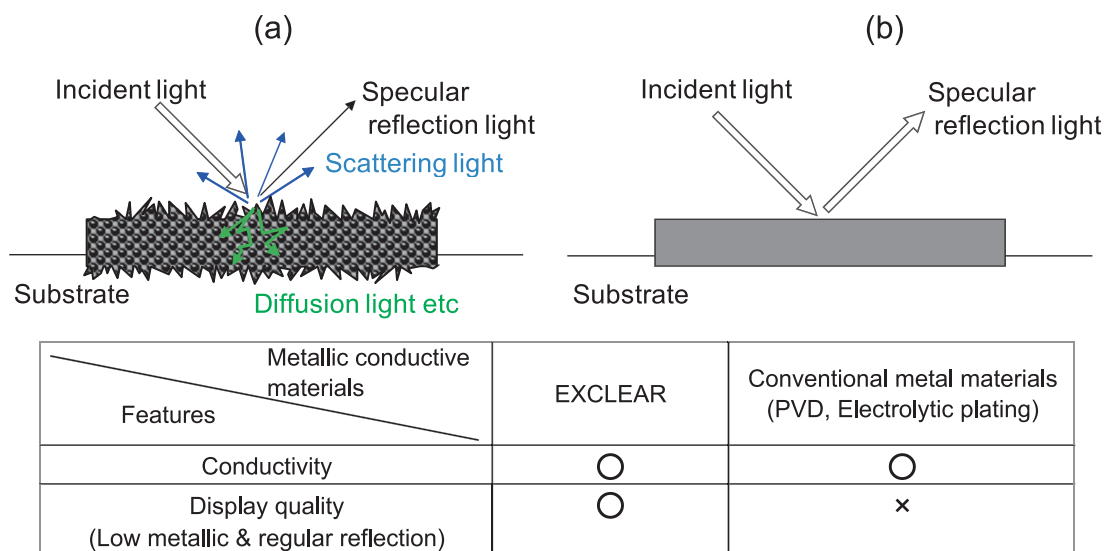


Fig. 16 Schematic of light scattering from the film  
(a) EXCLEAR (b) Conventional metal

エクスクリアは、タッチパネルモジュールの薄型化への寄与、応答性の速さ（低抵抗）、大サイズ対応の点から市場で高評価を得ている。また、タッチパネルモジュールの生産工程において、モノシート化（従来は片面導電膜の貼り合せ）、センサーパターン/引き出し配線の一括形成によるモジュールプロセス簡略化による生産負荷軽減効果が認められている。

今後も、フレキシブル性に優れた特性を活かし、3Dセンサー、ウェアブルセンサーなど新規センサーへの展開が期待されている。また、高精細な写真特性を生かしてさまざまな導電パターン形成が可能であり、各種透明電極、電磁波シールド、ヒーター用途等の検討も進行中であり、他用途への展開も期待されている。

これらの期待やお客様の要望に応えるべく、さらなる使いやすさと性能向上を追及していきたいと考えている。

最後に、本研究を進める上でご指導頂いた方々ならびに本材料開発に携わりご協力頂いたすべての方々に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 矢野経済研究所. 2015年版静電容量式タッチパネル・部材市場の徹底分析. 254p.
- 2) T. Kuriki, A. Ichiki, K. Yokota. "Transparent Conductive Film Incorporating Silver Halide Photographic Technologies". IDW '10 : proceedings of the 17th International Display Workshops. Fukuoka, 2010-12-1/3, International Display Workshops. 2010.
- 3) 田尻新, 一木晃, 白井英行. 銀塩写真技術を応用した透明導電性フィルムの開発. 日本写真学会誌. 2013, 76(2),p.192.

4) Yuichi Shirasaki, Akira Ichiki, Toshinari Fujii. "Development of Transparent Conductive Film which Applies the Silver Halide Photographic Technology"IDMC '15. Nangang, Taiwan, 2015-8-25/28, International Display Manufacturing Conference. 2015.

5) Display Search. Quarterly Touch Panel Market Analysis Report Q2' 15. IHS Inc. 2015.

## 商標について

- 本文にある、「エクスクリア」「EXCLEAR」は、富士フイルム（株）の商標または登録商標です。
- その他、本論文中で使われている会社名、システム・製品名は、一般に各社の商標または登録商標です。