

PRINTRONICS

スクリーン印刷で60 μ mピッチ実現、すでに量産化も “最終製品で使える電極”への知見が違いを生み出す

グンゼ株式会社 電子部品事業部

スクリーン印刷によるプリントド・エレクトロニクス (PE) では、量産でのラインアンドスペース (L&S) は70/70 μ mあたりが限界とされており、このことが、グラビアオフセット印刷といった、より微細配線形成能力に優れた新技術開発のモチベーションとなっていた。ところが、今年1月に開催されたプリンタブルエレクトロニクス2016において、グンゼ株式会社 (児玉 和社長、大阪府大阪市北区梅田2-5-25、TEL.06-6348-1313、<http://www.gunze.co.jp/>) は、フラットベッドタイプのスクリーン印刷機を使い、60 μ mピッチ (L&S=30/30 μ m) を達成したと紹介。しかも、すでにRoll to Roll (RTR) プロセスによる量産技術を確認しており、同社がセットメーカーに供給するタッチパネルモジュールに実装されているというから驚きだ。こうした成果を挙げることができた理由として、スクリーン印刷技術の改良への取り組みもさることながら、同社が30年にわたりタッチパネル製造に携わる中で「良品を作るうえで本当に重要なポイントは何か」を理解していたという背景がある。 (取材 的場大祐)



タッチパネルとカバーガラスを組み合わせたモジュール

タッチパネルモジュールの B to Bビジネスを展開

グンゼがスクリーン印刷に関する技術開発をスタートしたのは、1985年頃のこと。当時、同社はITO (Indium Tin Oxide) を用いた透明導電性フィルムを開発、用途探索の結果、その頃珍しかったタッチパネルに着目。ここから、スクリーン印刷でITOフィルムに引出配線等を形成し、タッチパネルモジュールまで組み立ててセットメーカーに供給するB to Bビジネスが構築されていった。

事業が立ち上がった当初のタッチパネルは抵抗膜方式が主流で、デジタル

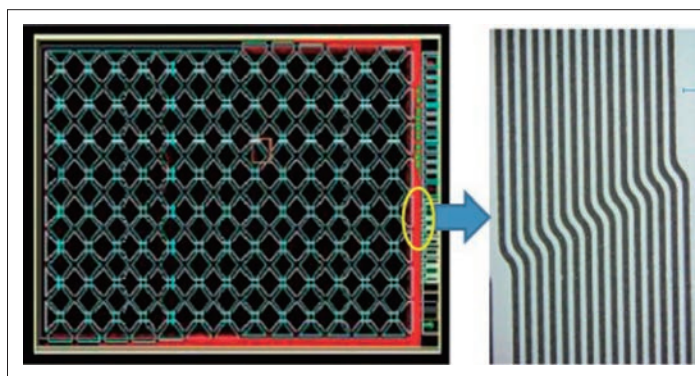
(マトリックス) 方式とアナログ方式があるうち、同社は最初、デジタル方式を手掛けていた。フィルム (またはガラス) による上部基板 (X軸) と下部基板 (Y軸) のそれぞれにITOによる透明導電電極が短冊状に形成されており、これらが直交するように向かい合った構造で、上部電極が指などで押されてたわむと、その部分が下部電極と接触して電気が流れ、タッチした場

所として検知される仕組み。スクリーン印刷は、この短冊状の電極に付随する引出 (額縁) 配線、絶縁膜、上部電極と下部電極の間に隙間を作るためのスペーサーの形成等で活用された。

同社電子部品事業部 技術開発センターの苑田卓宏所長 (取材時) によると、当時、タッチパネルが使われていたのは駅の券売機や銀行のATMなどの業務用用途であり、電極回路を設けるための十分なスペースがあったため微細配線形成技術は必要とされておらず、L&Sでいえば5/5mmといった時代であったという。



グンゼ 電子部品事業部 技術開発センター・苑田卓宏所長 (現在、研究開発部 第三研究室 室長)



透過型 (投影型) 静電容量方式タッチパネルにおける額縁配線の例

CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH CONVERTECH

その後、透過型（投影型）静電容量方式タッチパネルが登場。抵抗膜方式に比べ、デバイスの耐久性や耐環境性などを向上できるメリットがあり、2007年にApple社がこの方式を採用したiPhoneをリリースして以降、スマートフォン、タブレット端末、タッチ機能付きノートPCなどが瞬く間に市場にあふれ、タッチパネルの市場は爆発的に広がった。現在、同社は信頼性が求められる業務用タッチパネルを中心に展開しており、カバーガラスにタッチパネルを組み合わせたモジュールおよび、これに液晶パネルを加えたモジュールの2種類を国内外の大手セットメーカーに供給している。

開発段階で良品率95%達成できれば量産技術に採用

スマホに代表されるタッチ機能付きモバイル端末では、ディスプレイを少しでも大きくするため、ディスプレイを囲むように配置された配線を隠すための額縁部をいかに狭くするかが課題となっている。これには、電極のライン幅をより細くし、かつ、電極間の隙間を極限まで狭くする技術が必要となる。

同社では、2008年頃から、スクリーン印刷で銀インクを印刷して電極を直接形成する技術を段階的に発展させており、08年は300 μ mピッチ（L&S=150/150 μ m）であったのが、10年頃には150 μ mピッチ（75/75 μ m）となり、13年には80 μ mピッチ（40/40 μ m）を実現、15年には60 μ m（30/30 μ m）という超微細化を達成した。勿論、これらはラボでの開発成果ではなく、Roll to Rollプロセスによる量産が行われ、実際に同社のタッチパネルモジュールに実装されている実績だ。なお、同社では、開発段階で良品率

95%（300ショット時）以上を確保できれば、量産可能技術として採用している。

スクリーン印刷で微細電極回路を直接形成する際には、何が課題となるのか。例えば、銀インクの滲みの抑制がある。滲みがあると、隣の電極と導通しショートしてしまう恐れがあり、致命的な欠陥となる。

一般的な滲み対策として、基材に印刷された後の濡れ広がり（ダレ）が起き難く、矩形形状を維持しやすい、高粘度銀インクの使用がある。実際、インクメーカーは、PE向けにかなり高粘度の銀インクを市場に出している。

一方、インクの版離れは、最も重要なファクターの1つだ。スクリーンメッシュに充填されたインクがスキージで掻き出される際、スキージが通った瞬間に版とフィルムが離れてインクが残されるのが理想的であるが、これが連続的に起きない（版離れが悪い）場合、版から余分なインクが供給される等の要因で、滲みの発生に繋がってしまう。版離れに起因する滲みを防ぐには、版とフィルムとのギャップ（クリアランス）を小さくすることが有効とされており、現在、様々な印刷機メーカーが、フラットベッドタイプに比べクリアランスを小さくできるロータリースクリーンタイプなどを、PE向け高精度スクリーン印刷機として展開している。

では、高粘度インクを使い、クリアランスを極限まで小さくできる特殊印刷機を使用すれば、電極回路のファイン印刷に一步近づけるのだろうか。これも1つのアプローチであるが、高粘度インクは版離れしにくく、通常、クリアランスを大きく取ってスクリーンメッシュの張力を利用しなければ版離れしないため、また別の工夫が必要となる。



グンゼ 電子部品事業部 技術開発センター・永井大輔氏

このように、なかなか一筋縄ではいかないものであるが、ましてや、スクリーン印刷方式の限界を超えるとされるレベルの微細さで、かつ量産するとなると、求められる技術レベルの高さは半端なものではない。

同社は具体的に、どのような取り組みを実践しているのか。同センターの永井大輔氏は「これまでの開発において、特に、80 μ mピッチから60 μ mピッチを実現する際に、非常に高いハードルがありました」と述べ、これを乗り越えられた技術的ポイントとして、「特殊版の使用」「下処理」「印刷機の改良」の3つを挙げた。

良品実現のキモは銀インクのレベリング性

同社の微細配線用スクリーン印刷では、版メーカーと協力して開発した特殊構造の版を使用している。苑田所長によると、スクリーンメッシュに感光性乳剤が塗布された一般的なスクリーン版とは異なる構造になっているという。銀インクの抜け（版離れ）が良好で、かつ、大量印刷時にも性能が低減しない工夫を施しているとのこと。60 μ mピッチの実現においてさらに改良が進められた。

下地処理は、導電回路を印刷するITOフィルムに対するもので、銀インクのダレを防ぐのが目的。ちなみに、銀インク自体は、80 μ mピッチで使用したインクと同じもので、60 μ mピッチへの移行に際しては特に何も変えていないとのこと。「PE用銀インクは、粘度が1500~2000dPa・sレベルの高粘度タイプが市場に出ています。当社ではそこまで高粘度のも



京都府の亀岡工場にあるスクリーン印刷機



静電気印加試験を行う電気検査装置。グンゼはこうした設備も自社で保有している

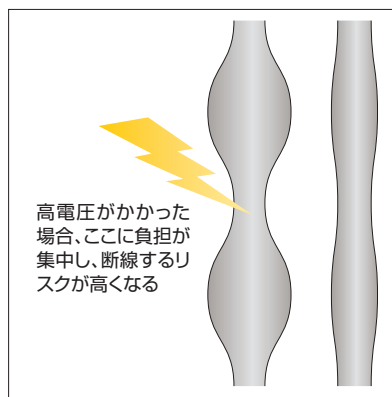
のを使用していません」。

生産に使うスクリーン印刷機は、基本的な構造は一般的なフラットベッドタイプであるが、版離れや滲み対策のための様々なカスタマイズが施してある。苑田所長は「印刷機の工夫は、印刷品質の維持という意味合いが大きいですね。刷り始めはきれいに出来ても、ショット数が増えるにつれて断線やカスレといった不具合の発生頻度が増加します。例えば、スキージの角度などを細かく調整することで、印刷安定性の向上を図っています」と説明する。なお、フラットベッドタイプは版とフィルムのクリアランスを小さくするのに限界があるため、PE向けでは不利という見方もあるが、クリアランスについては「小さくするというアプローチは取っていません。むしろ、通常のスクリーン印刷と比べても、少し大きいかもしれません」とコメントしていた。

以上を大まかにまとめると、良好な版離れを実現・維持するため版および印刷機を改良している、インクは高粘度タイプではない、インクがフィルムに転写した後のダレは下地処理で対策している、クリアランスは小さくない、といった取り組みが浮かび上がっ

てくる。これらは、必ずしも、インクメーカーや印刷機メーカーが提唱している一般的なPE向けスクリーン印刷技術の通りではなく、同社独自の知見が加わっている。

こうした取り組みに至った理由を、苑田所長は「1つは、スクリーン印刷の原理的な特徴に関係しており、インクにはある程度のレベリング性が必須となるからです」と説明する。具体的には、スクリーン印刷で形成したラインは、メッシュから押し出されるという仕組み上、必ず楕円形状が繋がったようなウネウネと波打った形状になる（波うち部分の膨らみは「ヘビダマ」と呼ばれる）。インクの粘度が高いと、これが顕著に表れやすい。レベリ

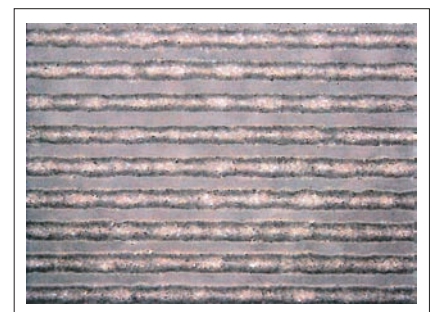


ヘビダマのある電極(左)と、レベリングして均一になった電極(右)のイメージ

ング性は、このウネウネを改善し、できるだけ太さの幅がない、均一形状にするために必要となる。

では、なぜ均一性を重視するのか。苑田所長の説明はこうだ。「タッチパネルは、指でタッチした際に静電気が発生し、導電回路に瞬間的に高電圧が印加されることがあります。こうした場合に断線が起きないように、製造したタッチパネルには、性能評価試験の1つとして静電気印加試験が行われます。膨らんだ部分と細くなった部分の差が大きい場合、静電気による高電圧がかかると、ヘビダマのくびれ部分に負荷が集中し、断線するケースがあるのです。このため、ヘビダマが極端に出ている電極回路は良品になりません」。

また、「こうした情報は、インク



印刷された電極のサンプル。レベリングにより形状の均一性が高い



メーカーさんや印刷機メーカーさんでも、なかなかキャッチしていないかも知れませんが」とのこと。電極を印刷して終わりではなく、タッチパネルモジュールの製造までを手掛けてきた同社ならではの知見であり、最終製品までを見据えた上で、何が本当に重要なのかを把握しているのは非常に大きな強みとなっている。

すでに中国工場への展開も

スクリーン印刷による電極回路形成はRTRプロセスで行われており、ITOフィルムを巻き出し、印刷し、オープンで銀インクを焼成して巻き取る。

「焼成温度は比較的低温で、フィルムがオープン内にある時間は短時間です」と永井氏。

スクリーン印刷は、アナログの要素が多く、オペレーターによって製品の品質に差が出やすい印刷だとされている。製品品質の標準化の取り組みについて、永井氏は「オペレーターの技術向上を図るのは勿論ですが、機械や版といったツールの標準化でも品質のバラツキを抑えています」と説明する。また、苑田所長は、自社の技術的な強みについて「インクの扱いでは、他社と比べて一日の長があると感じています」と分析し、こう述べる。「インクのような、経時変化する物質を適切に扱い、一定の品質を保つことは、実際はかなり難しいですね。当社では、経時変化に合わせた対応なども標準化しており、どの工場でも、誰が作業したとしても、同様のクオリティを実現できるような取り組みを行っており、中国工場へも既に展開しています」。

次世代PEアプリケーションでアドバンテージを

「直接印刷法による回路形成は、60μmピッチで限界と考えていま

す」と苑田所長。技術的にはまだ検討の余地がないわけではないが、版をより改良したり、また銀ナノ粒子インクの使用も検討したりする必要があることから、歩留まりの確保が難しいと判断しているという。今後、60μmピッチ以下の微細化に対しては、コストアップとなるが、スクリーン印刷で銀インクをある程度太いラインで印刷し、不要な部分をレーザーで焼き飛ばして回路形成する方式や、感光性銀インクに対してフォトリソグラフィ技術でパターニングし、不要な部分をエッチングで取り除く方式で対応していくとのこと。

これまで、PE市場において、PEによる量産の実現は、大幅なコスト削減を可能とし、エレクトロニクスデバイス製造に革新をもたらすといったプラス面が強調されてきた経緯がある。実際はどうなのか。苑田所長はこう述べる。

「タッチパネルの額縁配線に関するセットメーカーさんからのオーダーは、『額縁部を0mm以下にして下さい』というもので、L&Sやパターン、製造方法が具体的に決められているわけではありません。要望の額縁幅に合わせて当社で設計すると、L&Sをこれぐらいにしないと入らない、という数値が出てきます。それに合わせて、印刷技術やレーザー、フォトリソ技術などを駆使して、額縁配線を形成しています。現実的には、メーカーさん側は、それが印刷技術であるのか、従来の一般的な電極配線技術である銅箔のエッチング回路なのかは、品質評価の基準を満たしていれば特に気にしていません。コストについては、確かに、他のどの方法に比べてもスクリーン印刷の直接形成が安いですね。ただ、この部分のコストは全体からすればごく一部ですから、製品価格を大

きく左右することはありません。また当社も、製品の品質を評価されているのであって、ローコストのタッチパネルであるから評価されているのではありませんね」。

結論的に言えば、タッチパネルの電極配線用途では、非常にハイレベルなPEを実践しながら、既存技術に対して大きな違いを生み出すのは難しいのが現状だ。しかしながら、苑田所長は、これまで培ってきた技術は将来的に大きなアドバンテージに繋がるのではと期待している。

「当社がPE技術を深化できた最大の理由は、タッチパネルという出口を持っていたからです。現在、様々な企業や研究機関でPEの技術開発が進められていますが、その殆どで、具体的なアプリケーションがないため量産技術の検討が難しい状況にあります。この点で当社は非常に大きな強みがあります。現在、大いに注目しているのは、ウェアラブルデバイスの発展です。今後、印刷による微細回路形成が求められ、信頼できる量産技術が必要となれば、当社は相当有利な立場にあります。そのときこそ、当社のPE技術の真の価値が打ち出せるのではと考えています」

プラスチック加飾技術の基礎と最近の動向

著者: MTO技術研究所 榎井 捷平
B5判 129頁(カラー図版 CD-ROM付)
定価: (本体 7,000円+税)、送料別



詳細、購入は下記 WEB サイトにて!
www.ctiweb.co.jp/store/