

# 微細回路形成印刷法

Technology of Minute Circuit Pattern Forming by Printing Method

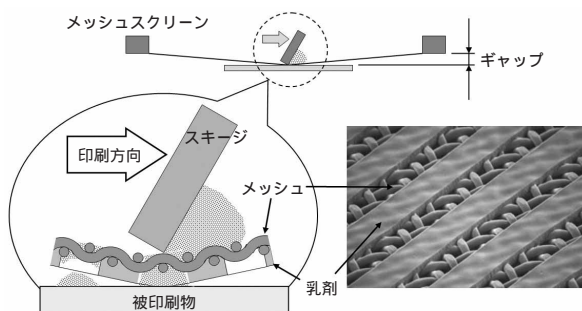
田中 哲矢\*  
Tetsuya Tanaka

スクリーン印刷を用いた回路形成に関して、小型・高密度化したセラミックパッケージ部品の内部配線など、従来のギャップ印刷法では不可能であったライン&スペースが $20\ \mu\text{m} / 20\ \mu\text{m}$ 以下の微細回路形成を、密閉式加圧印刷方式を用いた充填プロセスと新しい機構を用いた版離れプロセスの開発により、コンタクト印刷法で可能にした。

In the inner coating of the ceramic substrate for smaller size and increased density and the internal wiring circuits of ceramic-package components, we have achieved minute circuit formation of lines & spaces of  $20\ \mu\text{m}$  or less by the printing method. The filling process uses enclosed-type pressurized printing by the contact print method. For the snap off process, steady printing with the newly developed mechanism can be performed.

## 1. 微細回路形成の概要

メッシュスクリーンとスキージを用いた現行のギャップ印刷法（第1図）では、ライン&スペース（以下、L/Sと記す）で $50\ \mu\text{m} / 50\ \mu\text{m}$ 程度が量産の限界と考えられている。



第1図 ギャップ印刷法  
Fig. 1 Gap print method

その要因となる主な不良は、2つである。

### (1) 断線不良

微細回路印刷には高密度のメッシュスクリーンを使用するが、開口隙間が狭いためペーストの充填性が悪く充填不足により断線不良が発生する。

### (2) ショート不良

ペーストを流動性の良い低粘度に変更し充填不足を補うと印刷後の形状保持特性が低下し、隣接する配線どうしが干渉してショート不良が発生する。

上記2つの不良はトレードオフの関係にあり、ギャップ

印刷法で解決することは困難である。

そこで、ギャップ印刷法に代わり解像度や寸法精度に優れているフォトリソグラフィ法を採用するメーカーもある。しかし、設備・装置が高価であることと製造工程が多いため生産性が悪く、アスペクト比（線幅に対する膜厚の比）を高くできないという課題がある（第1表参照）。加えて、廃液や廃棄物が多く環境に対しても優しくない。そこで、ギャップ印刷法のように低コストで生産性が高く、かつフォトリソグラフィ法に匹敵する解像度や寸法精度を確保したアスペクト比に優れた新印刷工法が望まれていた。

第1表 工法比較

Table 1 Comparison of forming method

	解像度	位置精度	設備コスト	生産性	アスペクト比
ギャップ印刷					
フォトリソグラフィ法			x	x~	~

## 2. ギャップ印刷工法からの脱却

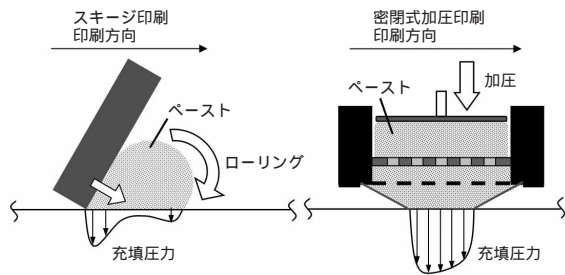
ギャップ印刷工法の課題である断線やショートなどの不良原因は、主に充填プロセスにある。スキージでペーストを押し込む印刷方法であることと、スクリーンと被印刷物の間にギャップがありペーストを面受けできないことに起因する。これらの課題解決に向け、新しい充填プロセスと新しい版離れプロセスの開発を行った。

### 2.1 新ペースト充填プロセス

充填プロセスのポイントは、ペーストの充填圧力を高めることである。その場合、スクリーンと被印刷物が密着した状態で印刷することが望ましい。そこで、メッシュスクリーンの印刷では常識とされたギャップ印刷法ではなくコンタクト印刷法を採用した。併せて、スキージ

\* パナソニック ファクトリーソリューションズ(株)  
開発センター  
Development Center, Panasonic Factory Solutions Co., Ltd.

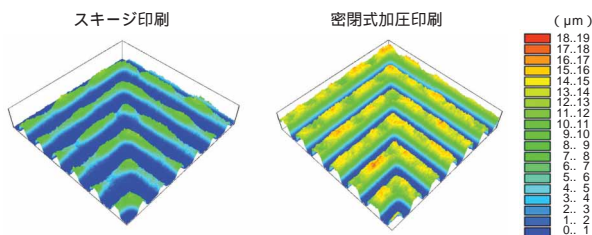
印刷方式に代わり充填性能に優れた密閉式加圧印刷方式を採用した。スキージ印刷と当社密閉式加圧印刷の充填性能の違いについて、第2図に記す。第2図中の充填圧力は、スクリーン開口部を通してペーストが被印刷物に充填される時の圧力測定結果をイメージとして記したものである。



第2図 充填圧力の比較  
Fig. 2 Comparison of filling force

スキージ印刷方式では、印刷時に発生するローリングとスキージアタック角で与えられる下向きのベクトルにより、ペーストがスクリーン開口部と被印刷物に充填される。この方式では充填圧力を直接制御することができず、印刷速度やスキージアタック角、スキージ押込み量（印圧）などの条件を変えて間接的に制御するが、充填圧力が弱い。そのため、断線や線幅の不均一などが起こりやすい。

一方、密閉式加圧印刷方式はアクチュエーターによりペーストの充填圧力を直接制御可能である。スクリーンの狭い開口にもペーストを均一に充填でき、断線不良を防ぐことができる。さらに、形状保持特性に優れた高粘度ペーストが印刷可能で、狭隣接回路においてもショート不良の発生が無く、必要な膜厚が確保できる。そのため、回路抵抗を抑え電気損失を低減できた。第3図は、 $L/S = 30 \mu m / 30 \mu m$ の回路印刷で、印刷方式の違いによる被印刷物の3次元形状計測の結果を示す。線幅と膜厚に



第3図 印刷形状の比較 ( $L/S = 30 \mu m / 30 \mu m$ )  
Fig. 3 Comparison of printing shape ( $L/S = 30 \mu m / 30 \mu m$ )

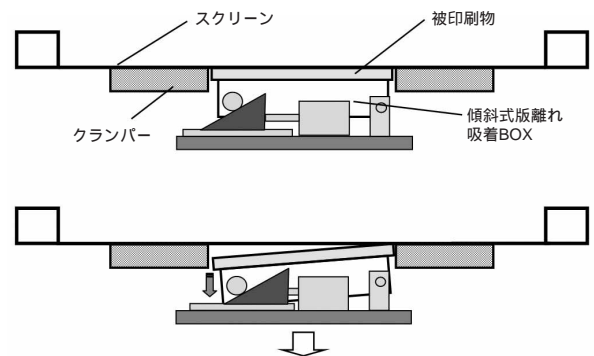
関して、スキージ印刷はメッシュ模様が現れて不均一であるが、密閉式加圧印刷ではメッシュの影響を受けず均一に印刷可能である。

## 2.2 新版離れプロセス

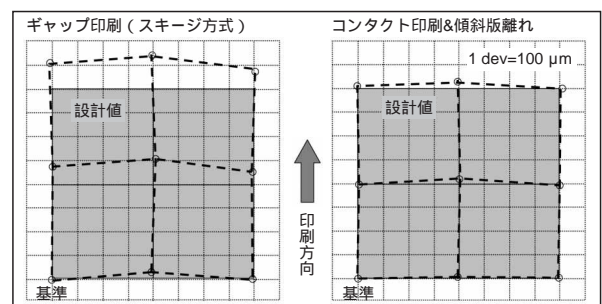
ギャップ印刷では、スクリーンと被印刷物の間に数mmのギャップを設けスキージでスクリーンを押し込んで被印刷物に線接触させて印刷を行う。そのため、スキージが通過すると同時にスクリーンと被印刷物が離れて印刷が完了する。したがって、特別な版離れ工程は存在しない。しかし、前述の新ペースト充填プロセスでは、印刷品質を安定させるためには版離れプロセスが極めて重要になる。

スクリーンから被印刷物を水平下降させて版離れすると、メッシュ抵抗を全面で受けるため安定した版離れ制御が難しい。そこで、被印刷物を傾斜させて一辺からはがす機構を開発した（第4図）。この方式の採用で、スクリーンをたわませることなくコンタクト印刷が可能になり、寸法精度、位置精度がギャップ印刷より格段に向上した。

第5図は、被印刷物上の9点について位置ずれ量を測定



第4図 新版離れ機構  
Fig. 4 Mechanism of new type snap off



第5図 印刷位置ずれ量の比較  
Fig. 5 Comparison of print position

し印刷方式の違いを図示したものである。印刷パターンは240 mm角，ポリエステルメッシュスクリーンを使用して印刷速度30 mm/sで印刷したデータに基づいている。この場合，コンタクト印刷と傾斜版離れを用いることにより，位置ずれ量を最大で1/5以下に低減できた。

---

### 3. 今後の展望

---

この新印刷法の実現により，低コスト，生産性というギャップ印刷法の長所と，解像度，寸法精度というフォトリソグラフィ法の長所を両立し，印刷法では不可能と考えられていたライン&スペース20  $\mu\text{m}$ 以下とアスペクト比0.5以上を可能にした。現在はデバイスメーカーや電子部品メーカーなどで，新製品の研究開発や回路形成工程とビア穴埋め工程の一括同時印刷による製造工程削減など取り組みの一翼をになっている。今後は，本印刷技術のさらなる追求により，無機材料のセラミック関連のみでなく，次世代太陽電池や電子ペーパーなどの有機材料・有機フィルムへの展開を図り，各種部品や回路基板の小型・微細化や高性能化に向けて取り組んでいく。