

環境にやさしい部分コーティング技術の開発 ～コーティング液の使用量低減～

Development of Environmentally-Friendly Technology by Spot Coating
- Reduction of amount of coating liquid -

後藤 大輔 Daisuke GOTO
成井 譲司 Joji NARUI
新穂 貴史 Takashi NIIHO
大槻 高幹 Takamiki OHTSUKI

1 はじめに

電子機器製品内部の空気が車室内の空気で温められることで発生する結露の影響により電子部品の導通不良などの不具合が発生するため、電子機器製品内部の電子部品にコーティングを施すことが一般に行われている。

コーティングとは、液状の材料をプリント基板上の電子部品に塗布し、乾燥させ、皮膜を形成する技術であり、形成した皮膜で電子部品を覆い、水分や異物などの外乱作用から電子部品を守ることができる。

コーティング技術としては、ディップ工法やカーテン工法などが一般的なコーティング技術として知られているが、広範囲に一括してコーティングを行うため、コーティング液の無駄や、コーティング禁止領域への対応、さらに、高額な設備投資が課題となっている。本稿ではコーティング液の使用量を大幅に削減することで材料を節約し、かつ、皮膜を形成したい場所にピンポイントで形成することができるコーティング技術について紹介する。

2 コーティングの必要性

近年の車載用電子機器製品を例に挙げると、車載用前面パネル(図1)では、異型化、大型化のニーズが増えている。このため形状が複雑化し、スリット部分が増え、隙間から外気が内部へ侵入する(図2)。この外気の影響によって、パネル背面のプリント基板(パネル基板)上で結露が発生し、不具合の原因となる。



図1 車載用前面パネル
Fig.1 Front panel for in-vehicle product

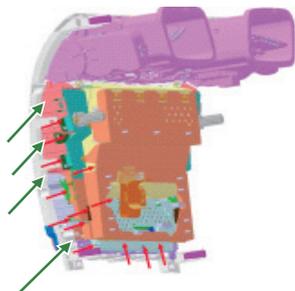


図2 パネル内部の外気の流れ
Fig.2 Outer air coming inside panel

結露が引き起こす不具合について図3を用いて説明する。結露状態を擬似的に再現するために電子チップ部品(以下、チップ)の両端に電圧をかけ水滴を落としたものが図3(a)であるが、コーティングを施していない場合、時間の経過と共にチップ両端の電極をつなぐようにマイグレーション⁽¹⁾が発生し、導通不良を発生させてしまう(図3(b))。この場合、チップの電極を覆うようにコーティングを施す(図4)ことにより、マイグレーションの発生を防ぎ、電気的不具合を防ぐことができる。

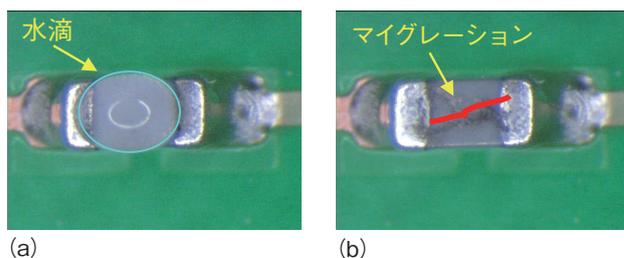


図3 マイグレーション現象
Fig.3 Migration phenomenon

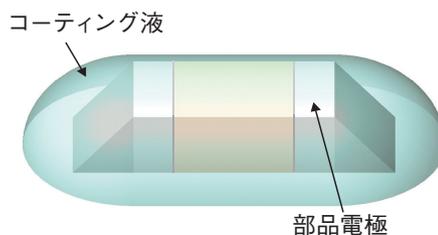


図4 コーティング模式図
Fig.4 Typical coating pattern

このとき、チップ電極の一部でも露出(コーティング液が付着していない)していると、結露が発生し、マイグレーションが発生するため、コーティング液が確実にチップ全体を覆っていることが必要である。また、コーティング液を乾燥させた後の膜厚が薄いと、マイグレーションが膜を破って発生する可能性があるため、一定の膜厚以上を確保することも必要である。

* (1) 配線や電極として使用した金属が絶縁物の上を移動すること。

3 当社のコーティング技術の現状と課題

車載用電子機器は、搭載される環境により結露対策を行わなければならない。当社製品についてもコーティングは必要不可欠な技術である。工法としてはカーテン工法（図5(a)）、ディップ工法（図5(b)）などがあるが、現状、以下の課題がある。

(1) コーティング液使用量の低減

現状のコーティング工法では、プリント基板全体をコーティングするため、実際にコーティングが必要な場所以外にもコーティング液を塗布していることになる。つまりコーティング液を無駄に使っていることになる。

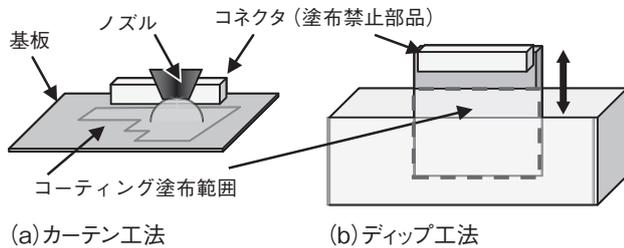


図5 工法の種類
Fig.5 Types of coating method

無駄に使っているコーティング液を定量的に表す指標として、塗布効率を用い確認を行った。塗布効率とは図6に示すように、必要な量と実際の塗布量の比である。

$$\text{塗布効率 (\%)} = \text{①必要量 (mg)} / \text{②実際の塗布量 (mg)}$$

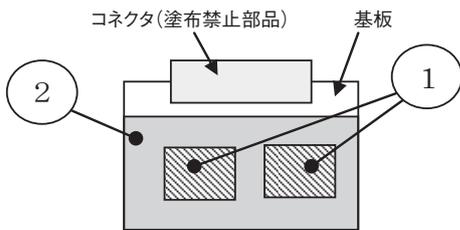


図6 塗布効率の考え方
Fig.6 Concept of coating efficiency

現在の工法の塗布効率を求めると、カーテン工法では7%、ディップ工法では5%となり、90%以上のコーティング液が不要な部分に塗布されていることになる。塗布効率を高め、コーティング液使用量を低減する工法の開発が一つの課題である。

(2) コーティング範囲の精度向上

もう一つの課題は、コーティング液を規定の範囲に高精度に塗布できるコーティング技術の開発である。前述した前面パネルの場合、パネル基板にはコネクタやスイッチがあるため、コーティングが必要な箇所と禁止される領域が点在している。そのため、塗布禁止領域の近くに配置され

たチップにコーティングを塗布する場合、高精度な塗布が必要となる。

4 コーティング塗布技術の開発

まず、これらの課題を解決できるコーティング工法の選定を行った。工法の選定条件は必要な塗布面積に対して最小限のコーティング液を塗布できることである。液体の塗布技術としては、他の用途で実績のあるニードルノズルを用いた工法がある。そこで、開発効率の向上もねらいに、この塗布技術を使ってコーティング液を塗布する工法の開発を進めることにした。図7はコーティング工法の種類と塗布量、塗布面積を示したものである。

以下にニードル工法による塗布効率向上について開発過程を踏まえ紹介する。

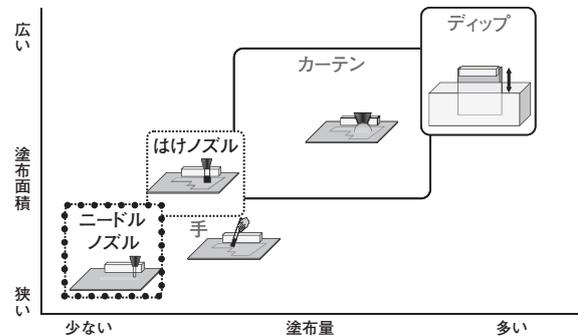


図7 コーティング工法の種類
Fig.7 Types of coating method

4.1 ニードルノズル工法の開発目標設定

(1) 塗布量の目標設定

ニードルを用いて、チップ1点1点を全体にコーティング液で覆う場合、チップ1点当たりの塗布量を、理論上、図8の計算式で求めることができる。

2125チップ°

$$V = \frac{\pi}{6} h (3c^2 + h^2)$$

$$c = \sqrt{h(2r - h)}$$

V : 7mm³ h : 1.5mm
c : 1.5 r : 1.5mm

図8 塗布量算出

Fig.8 Coating amount calculation

上記計算式 (V) からチップの体積を差し引いたものがチップ1点当たりの塗布量となるが、ニードルノズル工法を用いれば、塗布効率50%以上を達成することが理論上可能となる。ただし、マイグレーションの発生を防止するために必要な膜厚も確保する必要があるため、塗布効率50%以上、かつ、規定の膜厚を確保できる最小塗布量を開発目標として設定した。

(2) コーティング液の拡がり幅の目標設定

規定範囲内にコーティング液を正確に塗布するためには、液の拡がりを抑制することも重要な要素となる。液の拡がりに対する目標値は、当社内で規定するコーティング禁止領域から最も厳しい条件にある部品までの距離以下となるよう目標設定を行った。(図9)

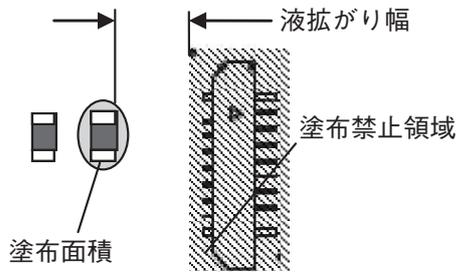
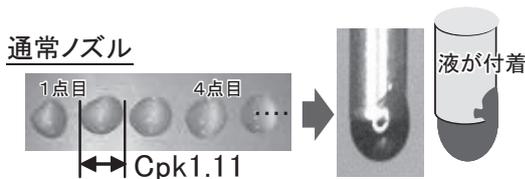


図9 液拡がり幅の目標
Fig.9 Target width of liquid diffusion

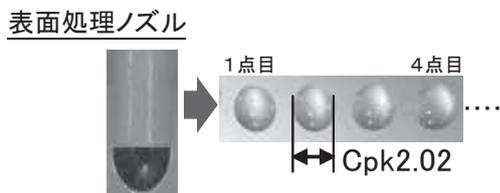
4.2 ニードルノズルの設定

まず、1点あたりの吐出量について吐出圧との関係を把握し、使用するニードルノズルを決めた。

さらに、塗布形状を安定させるため、ノズルに表面処理を施したニードルノズルを使用することにした。処理を行わない場合、コーティング液が、ニードルノズル表面に付着し、付着した液にコーティング液が引き寄せられ、精度よく塗布ができなかった(図10(a))。そこで、特殊な表面処理を行うことにより、図10(b)に示すように吐出した液が、ニードルノズル表面に付着しなくなり、塗布径のばらつきを小さくすることができた。



(a) 通常ノズルを用いた場合



(b) 表面処理ノズルを用いた場合

図10 ノズルを用いた塗布状態
Fig.10 Coating through nozzle

4.3 塗布方法の検討

ニードルノズルによる塗布は、理論上、図8のような塗布エリアとなるが、実際に必要な塗布量を一度に塗布する

と図11のように目標とする範囲以上にコーティング液が拡がってしまう。塗布効率を上げるためには、まず、液の拡がりを最小にする方法の検討が必要となった。

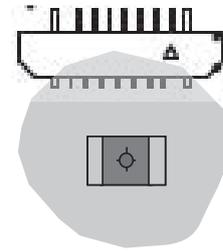


図11 1点塗布
Fig.11 One-point coating

そこで、一回の吐出量を少なくし、2点、3点、4点と多点塗布しながら、液拡がりの状態を確認した(図12)。

塗布の点数を多くすることで、液拡がりは縮小できることは確認できたが、同時に生産性も悪くなるため、塗布方法としては、2点塗布を上限として、液の拡がりを抑制できる方策の検討を進めた。

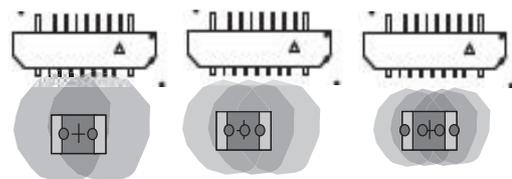


図12 多点塗布
Fig.12 Multi-point coating

通常、2点塗布を行うと、塗布されたコーティング液の流れる力ベクトルは、図13に示すように、液が接触する面では、お互いの力ベクトルが反発するが、液が接触していない面では、表面張力によって同心円方向に液は拡がる。よって、単に2点塗布を用いるだけでは、液拡がりを抑制することはできない。

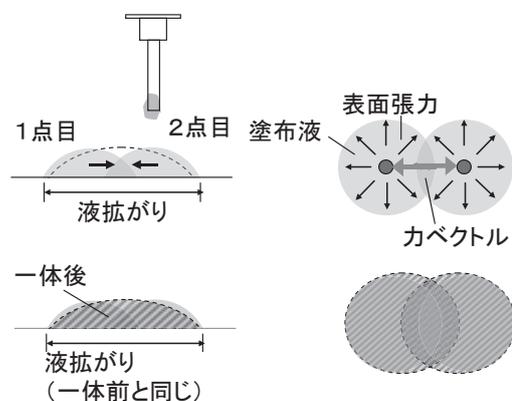


図13 2点塗布による液拡がり
Fig.13 Liquid diffusion by multi-point coating

しかし、図14のように液拡がりを抑制するため、2点目の液に外力を加えることで、コーティング液の拡がり方向を抑制できることがわかり、試行を重ねた結果、これまで2.0mm以上あった拡がり幅を1.5mm以下に抑えることに成功した。この方法により、2点目の液が外方向に流れ拡がることなく、チップ全体を覆うことができ、かつ、液拡がりを抑制することができた。

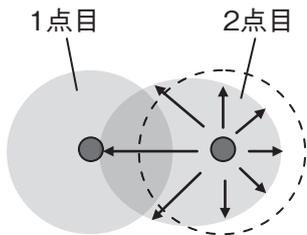


図14 液拡がり抑制方法イメージ図
Fig.14 Image of method for controlling liquid diffusion

4.4 塗布量管理幅の決定

図15は塗布量と液拡がりの分布を示すが、チップの電極露出がない領域を調べ、かつ、塗布量を最小にするために、工程内のばらつきを含めて、管理幅を決定した。

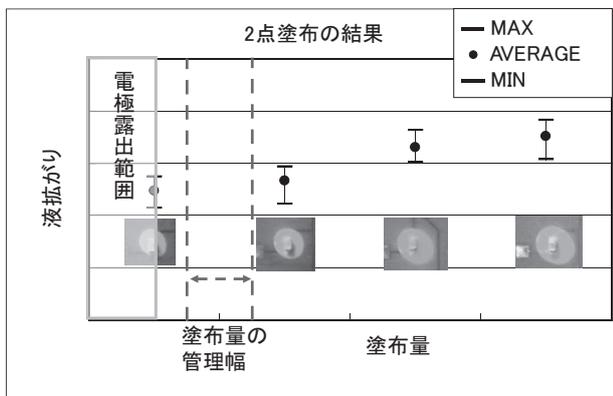


図15 塗布量管理幅
Fig.15 Coating amount control range

5 ニードルノズル工法開発による効果

今回、我々が開発したニードルノズル工法を用いた場合、塗布効率を56%まで高めることができ、ディップ工法のコーティング液使用量と比較して、11分の1以下に低減することができた。また、液拡がりは、1.5mmに抑制することができ、コーティングを行いたい場所に高い精度で塗布することが可能となった。更に、今回開発したコーティング設備は、他用途で使用する汎用設備の改造で対応できるシンプルな構造であるため、従来工法に使用するコーティング専用設備と比較し大幅な投資コストの低減を図ることができた（図16）。



図16 コーティング塗布装置
Fig.16 Coating apparatus

6 おわりに

当社の量産場面において、ニードルノズル工法はコーティング禁止領域の厳しい部品への精度の高いコーティング塗布技術として量産投入され、成果をあげているが、生産性の面ではまだ課題が残っている。ニードルノズル工法を広く普及させるためには、塗布のスピードの向上を主とした生産性の向上が不可欠であり、今後も更なる改善を進める必要がある。

筆者紹介



後藤 大輔
(ごとう だいすけ)
2007年入社。以来、材料技術、実装技術の開発に従事。現在、生産企画本部生産技術統括部生産技術開発部に在籍。



成井 譲司
(なるい じょうじ)
1985年入社。以来、実装技術・材料開発を経て、生産技術の企画・開発に従事。現在、生産企画本部生産技術統括部生産技術開発部チームリーダー。



新穂 貴史
(にいほ たかし)
1986年入社。以来、オーディオ、マルチメディア製品の生産準備、技術開発に従事。現在、生産企画本部生産技術統括部生産技術管理部部長。



大槻 高幹
(おおつき たかみき)
1988年入社。以来、オーディオ、マルチメディア製品の生産技術開発に従事。現在、生産企画本部生産技術統括部生産技術開発部部長。