

# BS-ET 処理とコスモコートの紹介

*Introductions of BS-ET and COSMO COAT*

八代 伸光\* Nobumitsu Yatsushiro  
馬場 知幸\* Tomoyuki Baba

半導体や液晶ディスプレイの製造現場における表面処理工程での静電気による不具合は、様々なトラブルを引き起こし歩留まり低下の原因となることから、種々の対策が検討されてきた。熊防メタルではこの問題に対し、特にアルミ材料を対象として「BS-ET 処理」と「コスモコート」の2つの表面処理方法を開発した。

## 1. はじめに

当社は九州の熊本に位置し、アルマイト処理やめっきなどの表面処理を行っている。地域的に半導体関連のメーカーが多数存在するため、半導体メーカーをはじめ、製造装置メーカーまでが主要な客先となる。

周知の通り半導体や液晶ディスプレイの製造現場において、静電気は歩留まり低下の重要な原因となり、下記のような不具合例が挙げられる。

### 【静電気による不具合事例】

- 1) ゴミ・ホコリの静電吸着によるパターン  
の破損
- 2) 放電により素子にしきい値以上の電圧、電  
流がかかることによる静電破壊
- 3) 2)と同じく放電によるレジストパターンの  
破損
- 4) 基板が保持台と静電吸着することによる基  
板の破損

### 5) 4)と同じくフィーダーの詰り

このように静電気は半導体・液晶ディスプレイ製造現場において様々なトラブルを引き起こすため、その関心も高く種々の対策が検討されている。一般的によく知られている対策としては、着衣や床材などに電気抵抗値が半導体領域のものを使用するものから、イオナイザーのような装置を使用するものまで様々なものがある。

当社ではこのような製造工程で発生する静電気による不具合、静電気障害を防止するための表面処理の開発が求められ、工程中で使用する治工具や製造装置の構成部品などで軽量化のため頻繁に使用されるアルミ材料を対象として2つの処理方法を開発した。

一つめの「BS-ET 処理」は、工程中での静電気の発生原因となる接触・剥離帯電を抑えるため、アルミ表面に粗い凹凸を作る処理である。二つめの「コスモコート」は、皮膜の電気抵抗値が、前記したような静電気対策の一つとしても用いられる、半導体領域であることを特長とする。

\* 株式会社熊防メタル

## 2. BS-ET 処理

### 2.1 液晶ディスプレイ製造における静電気障害

半導体素子、液晶ディスプレイ製造工程において、静電気が様々な問題を引き起こすことは前述した通りだが、とりわけ液晶ディスプレイ製造では取り扱うガラス基板が大きいため、その問題は更に深刻になる。

一般的な除電方法としては、イオナイザーなどの除電装置が知られているが、以下に挙げるような接触・剥離帯電では中和するためのイオンが帯電した面に到達が困難なため、除電の効果は期待できない。以下に接触・剥離帯電の詳細について述べる。

工程中、ガラス基板を種々の保持台（ステージ、プレート）に載せる必要があるが、ガラス基板を保持台から引き剥がす際、次のような不具合が発生する可能性がある（図1参照）。不具合の一点目は、ガラスを保持台から引き剥がす際、ガラスを持ち上げることができず、ガラス基板が割れるなどの損傷が発生する不具合がある。これは、接触帯電と呼ばれる帯電現象に起因するとされる。ガラス基板と保持台はそれぞれ平滑のため、面内の多くの点で接触し、この接触界面では、ガラス基板と保持台の表面エネルギーの違いにより、一方から他方に電子が移動し、ガラス基板、保持台に

異符号の電荷が発生（ガラス基板がプラスなら保持台はマイナス、あるいはその逆）し、それぞれの極表面に電気二重層が形成される。この電荷によりガラス基板と保持台が静電気力（クーロン力）により、強く引き合うために引き起こされる。

特にガラス基板を真空吸着などにより強く保持した場合、接触面積が増加し移行する電荷量が増えるため、真空吸着を解いたあとでも強く吸着したままになる傾向がある。また実際の生産現場では、ガラス基板を載せる際に多少のズレが生じ接触面積が大きくなる。

不具合の二点目として、ガラス基板を保持台から引き剥がした後は、前記の接触帯電により生じた電荷のため、向き合った空間に電界が発生することになる。ここで発生する電界強度は、存在する電荷量は一定なため、持ち上げる際の互いの距離（極間距離）により決まり、距離が大きくなるにつれ電界強度が大きくなり、ある距離を超えたところで放電が発生する。一般的に放電が発生する電界強度は $3 \times 10^6$  [V/m]といわれ、放電が発生する距離は一定ではなく、帯電した電荷量によるところが大きい。

### 2.2 BS-ET 処理の概要

前記したような問題を解決するには、最初の接触帯電により発生する電荷量を抑える必要がある。接触帯電を抑えるには、接触面積を小さくするこ

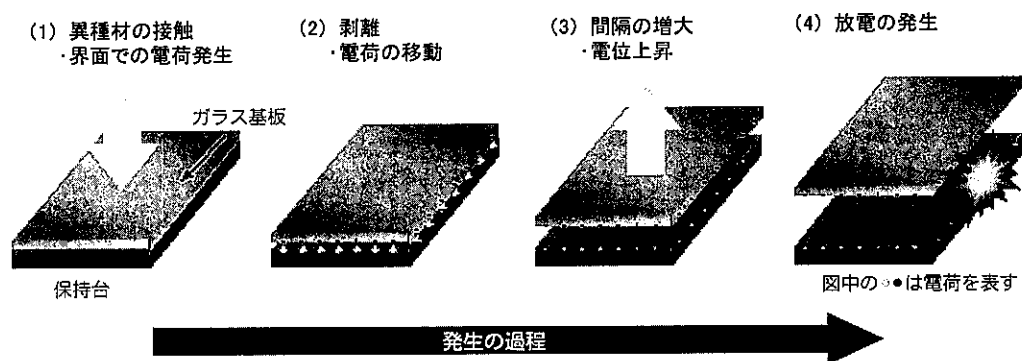
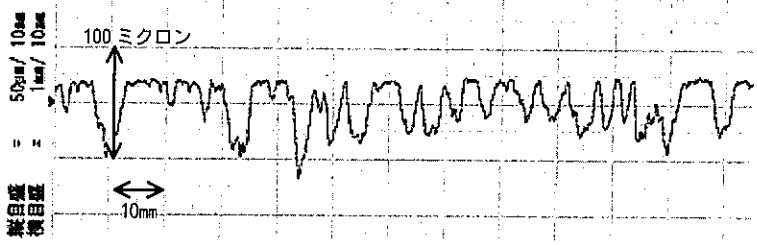
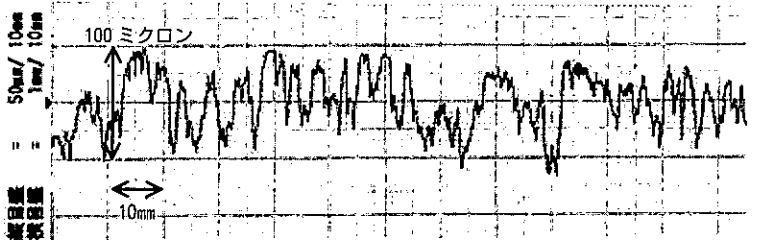


図1 接触・剥離帯電の発生と放電による静電

(a) A5052 標準工程



(b) A5056 標準工程



(c) A5052 変更工程

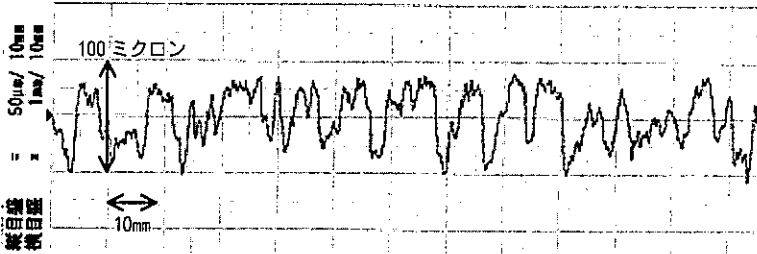


図2 素材、処理工程による表面形状の違い

とで効果があることが直感で解り、具体的には表面を粗化することで実現できる。表面を粗化するにはブラストなどの物理的処理があるが、保持台には平面度が求められるため、近年のガラス基板の大型化に伴い保持台も大型化しており、ブラストのような機械的な加工では反り・変形が発生する恐れがあるため、適用には十分な注意が必要とされる。一方、化学処理により粗化することが可能になれば、このような加工変形の恐れがなくなるため、処理方法の開発が求められた。

ところで、表面の粗れ具合を表す一般的な指標には平均表面粗さ (Ra) が用いられる。今回、開発目標の表面粗さを、Ra=5 ミクロン以上と

した。

表面を粗す化学処理方法として、通常ふっ酸系の梨地処理液が市販されている。だが、一般的な処理時間の範囲で得ることができる表面粗さは Ra=2~3 ミクロンで、開発目標値を満たすことができなかった。が、処理時間を極端に延長した場合、部分的には Ra=5 ミクロンの粗度を得ることができたが、面内に均一な粗さを得ることは困難だった。

このように市販の処理液では要求を満たすことができなかったため、社内での処理方法の開発が必要となり、BS-ET 処理として 2003 年 4 月より生産を開始している。

BS-ET 処理の詳細については明示できないが、基本的にエッチング反応をベースとした開発液を中心とし、いくつかの工程の組み合わせにて行っている。エッチング反応が基になるため、素材の材質や状態による影響は小さくない。材質には、製造装置でよく使用される A5052 材をターゲットに開発を行ったが、客先によっては他の材質を選定される場合もある。そのため、材質によっては処理工程の追加や変更で対応している。

ここで、図 2 に BS-ET 処理を行ったいくつかの断面形状を示す。(a)、(b)は、異なる素材に処理工程としては同じ当社 BS-ET 処理の基本工程を行ったときの断面形状である。(a)は A5052、(b)は A5056 であるが、得られる表面形状は大きく異なる。これは、素材の成分、結晶サイズなどによる影響と思われる。また、同素材でも処理工程の変更をすることで、異なる表面形状が得ることができる。(c)は(a)と同じ A5052 であるが、処理工程としては基本工程に 1 工程を追加している。

### 2.3 BS-ET 処理による静電気の抑制評価

帯電防止の効果確認のため、帯電量の測定を行った。帯電量の測定には、一般的に表面電位計が用いられる。表面電位計は、電荷が作る電界強度の電位を非接触で測定する装置であり、帯電により

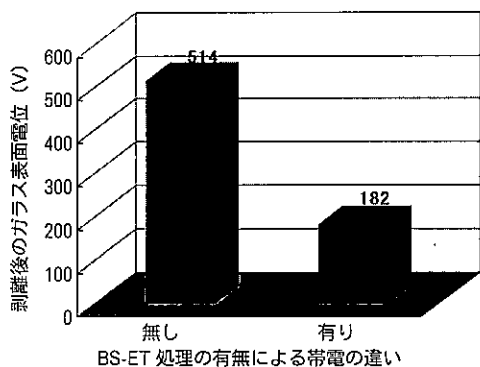


図 3 BS-ET 処理の有無による表面電位

生じた電荷量が大きいほど電位の絶対値が大きくなる。測定は評価するステージとガラス基板を接触させた後、ガラス表面の電位を測定することで行った。なお、測定は湿度 45% のクリーンルーム内にて行い、ガラスは液晶ディスプレイと同じグレードの無アルカリガラスを使用した。

測定結果を図 3 に示す。BS-ET 処理を行った場合の電位は、行わなかった場合に比較し半分以下の約 35% となった。この結果より、BS-ET 処理が接触・剥離帯電の抑制に効果があることが示された。

## 3. コスモコート

### 3.1 コスモコートとは

コスモコートとは、当社導電性アルマイトの処理名称である。また、導電性アルマイトとは、アルミの一般的な表面処理であり通常不導体であるアルマイト皮膜に改良を施し、電気伝導性を向上させた処理である。

アルマイトはアルミニウムの陽極酸化皮膜であり、その皮膜は微細な穴が空いた多孔質層と呼ばれる部分と、密に詰まったバリアー層と呼ばれる 2 つの層から成り立っており、バリアー層が高抵抗体であるため絶縁性を示す。

導電性アルマイトの技術としては、このバリアー層を調整して電気伝導性を下げ、さらに 2 次電解と呼ばれる手法を用いて多孔質層の中に金属を充填して皮膜表面と母材のアルミニウム金属との導電性を上げる手法が一般的に利用されており、半導体領域程度まで電気抵抗を下げるのが可能である。国内でも数社、導電性アルマイトに類する表面処理を行う企業があるが、処理工程については各社ノウハウがあり、また規格としても特に統一されたものがなく、ユーザーと処理業者との協議により品質が設定されていると思われる。

当社コスモコートは、既に処理ラインを導入し、2003 年 7 月より生産を開始している。色調は導

電性の良い順に、ブラウン、ブラック、ゴールドの3種類があり、色調によって抵抗値を大まかに制御している。

先述の通り、半導体製造装置や液晶ディスプレイ製造装置において、デバイスやガラス基板、または治工具などが、搬送中の接触・剥離の繰り返しにより電荷は蓄積される。電荷の量が大きくなると、相手材と接触したとき一気に放電することにより、静電破壊と呼ばれる素子、回路等を破壊する現象を起こすことがあった。特に、近年液晶ディスプレイ製造でのガラス基板の大型化による静電破壊の問題が深刻化し、関心を集めている。

ここで、今回ご紹介するコスモコート処理を行うことで、帯電しても皮膜の適度な導電性により電荷が緩やかに除電され、その結果スパークによる静電破壊が抑制され、半導体・液晶ディスプレイ製造工程等における歩留まり向上が見込める。

## 3.2 コスモコートの製造

### 3.2.1 アルマイト皮膜化成

コスモコートのベースになるアルマイト皮膜は、ブラウン、ゴールド、ブラックとも、通常硫酸アルマイトを用いている。また、硬質皮膜、普通皮膜とも処理可能であるが、通常硬質皮膜をベースにしている。膜厚は10~20 $\mu\text{m}$ 程度を標準としている。膜厚、膜質により皮膜の電気伝導性は変わり、厚膜になるほど、電気抵抗値は高くなる。

### 3.2.2 バリヤー層の調整

アルマイト皮膜を生成した後、皮膜底部のバリヤー層を部分的に溶解する処理を行う。

### 3.2.3 金属充填

2次電解着色の技術を用いて、金属をアルマイトの微細孔中に電解析出させる。このときの金属の種類や析出量によって、電気伝導性及び色調が変化する。

図4に皮膜断面の模式図を示す。

## 3.3 コスモコートの特性

### 3.3.1 抵抗特性

#### 1) 抵抗測定について

ここで、抵抗の概念について簡単に説明する。(図5参照)

まず、抵抗値というのは電流の流れにくさを表す指標で、測定対象に所定の電圧を印加したとき、次の式で表される。

抵抗値  $R$  ( $\Omega$ )

$$= \text{印加電圧 } E \text{ (V)} \div \text{電流 } I \text{ (A)}$$

ただし、抵抗値は測定物の長さに比例し、断面積に反比例するため、抵抗値を材料の物性として評価する場合は、比抵抗(または体積抵抗、体積抵抗率)という単位に換算する。

比抵抗  $\rho$  ( $\Omega \text{ cm}$ )

$$= \text{抵抗値 } R \text{ (\Omega)} \times \text{断面積 } S \text{ (cm}^2\text{)} \div \text{長さ } l \text{ (cm)}$$

こうして得られた比抵抗は材料固有の値である。

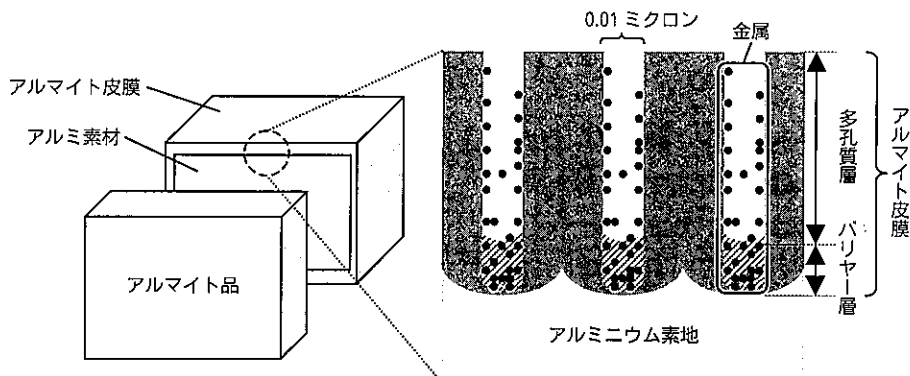


図4 アルマイト皮膜の断面モデル

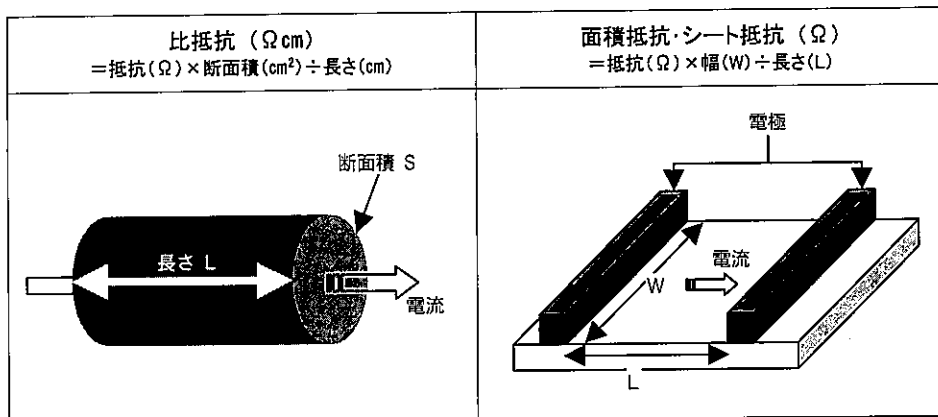


図5 抵抗の表し方 (比抵抗及び面積抵抗)

また、面積抵抗 (またはシート抵抗、面積抵抗率等) と呼ばれるものもあるが、これは測定対象の表面に2本の電極を当てて、その間に電圧を印加し流れた電流から表面の抵抗を表すというものである。

コスモコートの場合、母材が良導体のアルミニウム金属であるため、この方法では電流はアルミ素地を介して流れると思われ、表面抵抗の測定にはならないと考えられる。そのためコスモコートの抵抗測定は、抵抗値そのままか比抵抗にて表すことにしている。

通常の評価方法としては、ピン形状のプロープでアルミ素地と皮膜表面に125~500V程度の電圧を印加し、そのときの抵抗値を測定している。また、特に要望があれば、市販の表面抵抗計を用いた表面抵抗での評価も実施している。

電気抵抗による材料の区分については出典により幅が異なり不明瞭だが、 $10^{-3} \sim 10^8 \Omega \text{ cm}$  くらいが半導体領域になる。

抵抗値は印加電圧や測定端子の接触圧などでも変化し、また測定器の種類で計測できる幅が異なるので、良導体と絶縁体など、抵抗値の大きく違うものを同じ測定条件で測定するのは困難である。

## 2) 評価例

コスモコートの具体的な抵抗値の測定例を表1に示す。評価対象には、一般的なA5052材への

処理品を用いている。コスモコートの中ではブラウンが最も導電性が高く、比抵抗として $10^7 \Omega \text{ cm}$ 以下、また、ゴールドは $10^8 \sim 10^9 \Omega \text{ cm}$ 程度、またブラックは $10^8 \Omega \text{ cm}$ 程度になる。

ちなみに、当社白アルマイト処理品の比抵抗は $10^{10} \Omega \text{ cm}$ 以上になる。

### 3.3.2 耐熱性

コスモコートブラックと一般の黒アルマイトについて、 $150^\circ\text{C} \cdot 72$ 時間熱処理を加えて、熱処理前後での外観の変化を調べた結果を表2に示す。

黒アルマイトには退色が見られたが、ブラックには全く変化が見られなかった。ブラックは元々耐熱性目的で開発しており、 $500^\circ\text{C} \cdot 1\text{hr}$ でも退色はなかった (母材変質は起こる)。

一般的な染料による染色では、熱をかけたりす

表1 コスモコートの抵抗評価

	材質	膜厚	比抵抗 (Ω cm)	
			250V	500V
コスモコートブラウン	5052	15 μm	$\leq 10^7$	—
コスモコートゴールド	5052	15 μm	$10^8 \sim 9$	—
コスモコートブラック	5052	15 μm	$10^8$	—
白アルマイト	5052	7 μm	$\geq 10^{10}$	—
黒アルマイト	5052	17 μm	—	$10^{10}$

※材質、形状、処理条件及び測定条件により抵抗値は変動する。

表2 耐熱性評価例

	外観
コスモコートブラック	変化なし
黒アルマイト	退色

試験条件:150°C-72hr 保持後、外観確認

表3 耐摩耗性評価例

	耐摩耗量
コスモコートブラウン	11.5 ds/mg
コスモコートゴールド	31.2 ds/mg
コスモコートブラック	22.9 ds/mg

JIS8682-1 往復運動平面摩耗試験に準じる  
研磨紙#320、荷重 3.9±0.1N、摩擦回数 100 回

ると染料が分解して脱色などが起こりやすく、これと比較してコスモコートブラックは、耐熱性黒色アルマイトとして優れている。

### 3.3.3 耐摩耗性

耐摩耗性及び表面硬度の測定結果を表3に示す。耐摩耗性は JIS 8682-1 による往復運動平面摩耗試験にて評価し、皮膜を 1mg 削るのに必要な摩耗輪の往復回数で表され、数値が大きいほど耐摩耗性が高いということになる。

### 3.3.4 コスモコートの使用実績

これまでの使用実績としては、液晶ディスプレイ製造装置の吸着テーブル類、搬送用ロボットのアーム等がある。また、コスモコートブラックについては、その優れた耐熱性から、テスト工程で用いられるデバイス用の治具などにも検討されている。

## 3.5 コスモコート適用上の留意点

コスモコートを適用する際の留意点を以下に列記する。

- ・処理上不都合がないかを確認するため、図面が必要（形状、重量、吊穴、公差の有無等）
- ・材質により処理不可能なもの、また事前検討が必要なものがあるので、材質を明記して頂く

- ・色調のばらつき（どの種類も、材質や形状、大きさによって色調差を生じる場合がある）
- ・再処理は可能だが、光沢が減少し、また、剥離の際に減寸する

## 4. 今後の課題

今後の課題として、最も重要なものが静電気特性の評価方法の確立である。ユーザーにより仕様や環境はさまざま、当社から処理を提案させていただく場合、実際の静電気特性についての評価データが不足しており、実際に使用して確認していただくほか手がないのが実情である。静電気性能の評価、さらには耐久性についても、エージング試験機を作成し、評価方法も含め検討中である。

また、電子産業以外も視野に入れて、用途開発にも力を入れていく予定である。

## 5. おわりに

最後に、当社の大型製品対応の設備について紹介させていただく。

今回ご紹介したコスモコート（BS-ET 処理含む）、アルマイト、硬質アルマイト、無電解ニッケルにおいては 3000×3800×200mm の大型製品まで対応可能である。

ただし、コスモコートブラック及び BS-ET 処理は現在スケールアップ中で、今年 9～10 月までは 1800×2200×300mm が最大処理寸法となる。当社コスモコートは、色調（抵抗値）により 3 種類に分類してあり、また、BS-ET 処理もアルミニウム材料であれば様々な処理との組み合わせが可能であるので、用途に応じて使い分けていただくために、ご依頼の際は事前にご相談下されれば幸いです。

### 《参考文献》

村田雄司：静電気的基础と帯電防止技術、日刊工業新聞社  
河口武夫：半導体の化学、丸善株式会社