最近の回路形成におけるファイン化の動向

日向 淳 悦*

*ニチゴー・モートン(株) 技術部 (〒503-0917 岐阜県大垣市神田町 2-35)

The Trend of Fine Patterning for the Latest Circuit Formation

Atsuyoshi HINATA*

*Nichigo-Morton Co., Ltd. (2-35, Kanda-cho, Ogaki-shi, Gifu 503-0917)

Key Words : Fine Patterning, Dry Film, PKG, Semi Additive Process

1. はじめに

21 世紀の幕開けで高密度情報ネットワーク社会への移行が着々と進み、PC は小型・軽量高性能化し、携帯電話は軽量多機能化ならびにデジタル家電へと進化した。また最近、新三種の神器 (DVD、デジタルカメラ、薄型テレビ) なる表現も耳にする。これら電子機器のデジタル化および多機能化にともない、機器に占める半導体の割合が増大している。半導体は年々大幅な性能向上とともに、半導体パッケージ (PKG) 基板へのファイン化要求が高まり、厳しい仕様が求められている。特に、配線密度は 2004 年で L/S=20/20μm、2007 年で L/S=12/12μm、2010 年には L/S=10/10μm まで予想され、回路形成を担うレジスト材料の解像・密着性の向上はますます強く求められている。

2. プリント配線板 (PWB) のファイン化動向

PWB において L/S=75/75μm レベルまでの導体回路形成用にドライフィルムレジスト (DFR) が使用されてきた。

PWB は軽薄短小化、多機能化の要求にともない多層化とファイン化が交互に進み、新たにビルドアップ法による高密度大型多層基板で L/S=50/50μm レベルの安定生産が求められる¹⁾。

一方、BGA、CSP、SiP などの半導体 PKG 基板において超ファイン回路形成が要求され、超高解像度の DFR が使用されている。年々、配線密度のファイン化要求が進み、その要求にともないレジスト解像性・密着性の要求も進んでいる (表 1)。このような超ファイン回路を高歩留まりで形成するためには、レジスト材料開発のみならず原料フィルムの選定も重要なファクターとなる。

表 1 半導体 PKG 基板に求められる配線密度の動向

	2004	2005	2006	2007	2010
配線密度の要求 L/S(μm)	20/20	18/18	15/15	12/12	10/10
レジスト解像・密着の要求 L/S(μm)	16/16	14/14	12/12	10/10	8/8

図 1 種類の異なる PET 表面とそれを用いたレジスト形状写真

3. DFR の技術動向

DFR は PET 製キャリアフィルム、感光層、PE 製カバーフィルムの三層で形成されている。PET は通常 16~25 μm 厚で、光透過性が重要であり、光散乱、光屈折が小さく露光によるレジスト線幅の再現性を向上させるため薄膜・高透明品が好まれる。また、超ファイン形成では PET 中の滑剤粒子サイズや種類が回路の形状へ影響する問題がある(図 1)。

PE は主に低密度 PE フィルムが用いられ、通常 19~30 μm 厚で低ゲル、平坦性が良好なフィルムが好まれる。フィルム表面の凹凸欠陥は、感光層に転写され、基材にラミネートされる時マイクロバブルの抱き込みの原因となる。マイクロバブルは、レジストと基板の密着不良による回路形成の不具合を引き起こす。ファイン化にともない薄膜レジストが好まれるが、薄膜化によってマイクロバブルの抱き込みリスクが増大する。このリスクを低減するため PE 以外の高精度で、平坦性の優れたカバーフィルムを使用した例もある。

感光層は感度、解像・密着などのレジスト画像特性やテンティング性、現像液のスラッジ・現像液の発泡性、めっき性などのレジスト工程特性をもとに製造する基板の付加価値に応じて選択される。特に、PWB は生産性重視、半導体 PKG 基板は歩留まり重視で決められる。レジスト画像特性とともに、下記レジスト工程特性の特徴が必要である。

・テンティング性

高解像度の要求とともにレジスト薄膜化が進んでいるため、導通孔へのテント信頼性が心配される。単に架橋密度を向上させ物理的強度を高めただけでは信頼性は確保できず、柔軟性と低膨潤性をともなう材料設計を必要とする。

・現像液のスラッジおよび現像液の発泡性

レジストが溶け込んだ現像液は、レジスト成分中の水溶性／半水溶性／非水溶性各成分をエマルジョン形成させることで安定化する。この安定化させたエマルジョンが経時的に分解、沈降しない材料選定をしなければならない。現像液の疲労とともに発泡しやすくなるので、エマルジョンの安定性を阻害しない消泡剤の選定や発泡しにくいレジスト成分の選定が必要となる。

・めっき性

めっき液中へレジスト成分が混入することで、めっき析出異常や析出速度変化が生じる。めっき液に溶解しにくいレジスト成分の選定とめっき析出に不具合のないレジスト成分の選定が重要である。

また、直接描画用レジストは超高感度化が必須であり、新規開始剤の開発と同時にめっき浴への汚染リスクを確認する必要がある。

4. 薄膜レジストを用いたエッチング工法によるファイン化

薄膜エッチング工法は、セミアディティブ工法の半導体 PKG 基板製造では高生産、低コスト対応できない分野で用いられている。レジスト厚みとしては 6~10 μm で、解像・密着は 10 μm 以下が必要とされている(図 2)。この工法は銅厚に依存されるが L/S=25/25 μm まで量産可能である。

	薄膜・高解像度品
レジスト膜厚 (μm)	10
設定感度 (mJ)	70
解像・密着 (μm)	8
レジスト形成 L/S=10/10 μm
レジスト形成 L=8 μm D=150 μm ϕ

図2 薄膜レジストの画像特性

ただし、スプレイエッチング法は等方的なエッチングとなるため望む方向へ溶解が進まず、回路精度が期待できないことから、薄膜レジストを用いエッチング液を狭ピッチなパターン構造にしたがって内部に浸透させる必要がある。また、この薄膜レジストは、基板傷へのレジストの追従性不足や PE 製カバーフィルムの表面凹凸欠陥によるレジストへのエアボイド混入が顕在化しやすい欠点もある。

5. セミアディティブ工法を用いたファイン化

最もファイン化に適した工法で、絶縁材を用い、無電解めっき上にレジストを密着させ、電解銅めっき、レジストはく離およびフラッシュエッチングにより回路を形成する。スプレイエッチング工法に比べ工程が長いコスト高となる。主に、超ファイン用途の半導体 PKG 基板製造に適している。ここではレジストの画像形成において一般的なコンタクト露光方式と超ファイン化にともなう導通の接続精度を要求される新規露光方式を紹介する。

5. 1 コンタクト露光方式

最も多く使用されている露光方式で、基板にラミネートされた DFR と露光マスクを直接真空密着させ超高圧水銀灯により一括露光する方式である。大型基板を短時間で処理できることから生産性に優れている。一般的にファイン形成において、平行光ならびに露光マスクとして Cr 蒸着ガラスマスクが使用される。平行光は光散乱が小さく、同時に Cr 蒸着ガラスマスクを使用することで、回路形成されたレジストの硬化コントラストが高まり、現像時の膨潤が抑制され精度の高い画像が形成される。さらに導通の接続精度向上を目的として、分割シャッターが提案されている。

5. 2 直接描画方式

日本のプリント配線板は高密度化、多層化、少量多品種および試作短納期に特化し、かつ生産性の向上、高品質、低コストが同時に求められている。これらを満足するために直接描画方式が実用化され、量産化の優位性が見えてきたことから今後の開発動向が注目される。特に、超高多層基板と新規

	新規開始剤使用	従来の開始剤使用
レジスト厚み (μm)	25	25
設定露光量 (mJ)	10	50
解像・密着 (μm)	12	15
レジスト形成 L/S=15/15μm

図3 h線で直接描画したレジスト画像特性

半導体 PKG 基板の分野へ応用適応が期待される。

直接描画は露光マスクを必要とせず、コンピュータによって設計された CAD データを直接レーザー光で DFR へ焼き付ける。光源の種類によって i 線と h 線に大別でき、現在は高出力、高精度で描画可能な h 線が有利である。

直接描画の導入メリットは

- ・高信頼性
基板の伸収縮に応じた高精度な位置合わせが可能である。また、露光マスク不具合による欠陥、位置ずれかつ露光マスク汚染の心配がないため歩留まりの向上が期待できる。
- ・少量多品種、試作短納期化
CAD データをデジタル化することで回路設計を容易に変更でき、少量多品種に効率よく対応することが可能である。当然、露光マスクを作製する必要がないため、この作製期間を短縮することができる。
- ・低コスト

露光マスク費用のみならず露光マスク検査・保管費用、廃棄物の削減ができる。

直接描画用の DFR は、現行の生産性維持向上のため超高感度化が求められる。また、レーザー光を高速移動して使用するため、従来のコンタクト露光方式に比べ超高照度が必要になる。超高感度なレジスト設計と超高照度に対応することで、レジスト画像特性に解像・密着の低下傾向が認められる。新たに開発したレジストは、この不具合を新規開始剤の採用と原材料の適正化によって克服し、レジスト解像・密着の維持向上に成功した(図3)。

6. 今後の動向

PWB は新プロセスによるビルドアップ工法が普及し、軽薄短小化が進み、歩留まり向上の要求が増すであろう。高解像度に要求されるドライフィルムはレジスト厚みが薄くなり、基板への追従性と同時に基板整面技術やレジストのラミネート技術が必要である。PWB の安定製造には、レジスト設計のみならずプロセス技術との相乗が不可欠であろう。

半導体 PKG 基板分野は、超高解像度を要求されサブミクロンの線幅精度が求められる。SAP 工法ではレジスト層を薄くするのに限界があり、アスペクト比 2.0 以上を安定形成できるレジスト開発が重要である。

DFR はラミネート～露光～現像、最終のはく離まで多岐のプロセスを経て役目を終える。これら基板のファイン化動向における形成能が満たされても各プロセスの適正がなければ実用化できない。それ故、回路形成はプロセス装置の高性能化と合わせて取り組むことが必要である。

最近、顧客要求の多くは環境対応であり、環境に配慮した原材料選定と従来使用の膜厚より薄いレジストが適用できるように開発を進めている。特に現像、はく離廃液などを経済的かつ確実に処理できることを重視している。

(2004-9-13 受理)

文 献

1) 宇都宮；電子材料, 42, 10 (2003)