

HDD用FPCへのフリップチップ実装

電子部品開発センタ 稲葉 匡俊^{*1}・関 善仁^{*1}・中尾 光宏^{*1}・貫名 正人^{*1}
大湊 忠則^{*2}
プリント回路事業部 渡辺 秀栄^{*3}
P C T T L t d. Tewarak Pholyomma

Flip Chip Assembly on FPC for HDD

M . Inaba , Y . Seki , M . Nakao , M . Nukina , T . Ohminato ,
S . Watanabe & P . Tewarak

HDDの用途は多様化しており、性能の向上も著しい。HDDに使用されているFPCに実装されるプリアンプICの実装方法として、最近では信号伝送の高速化への要求から、フリップチップ実装が取り入れられてきている。

これらの需要にこたえるために、当社でもはんだバンプによるフリップチップを含んだ実装プロセスを導入した。プロセス構築にあたり、諸条件や使用材料を検討し、信頼性を十分確認した上で量産化を行った。

The HDD has been used for various applications, and the performance advancement of it is remarkable. As an assembly method of IC on FPC used for HDD, flip chip technology is being applied to meet the demand of increased signal transmission speeds used in today's designs.

We installed an assembly process using flip chip technology with solder bumps in order to answer these demand. In preparation of mass production, we examined many conditions and materials and confirmed a robust and reliable process.

1. ま え が き

ハードディスクドライブ装置（Hard Disk Drive Unit, 以下HDD）はIT（情報技術）の発展のなかで、記憶装置として不可欠な存在となっている。コンピュータ周辺機器としてだけでなく、カーナビゲーションシステムやVTRなどの家電機器へと、その用途はますます拡大している。また、記録密度の驚異的な増加、読みとり・書き込み速度の高速化などの性能の向上とともに、記憶容量も増加を続けている。

当社では、以前よりこのHDDのアクチュエータに使用されるFPCを生産しているが、このFPCにもますます高レベルの技術が要求されてきている。従来は高度な耐繰り返し屈曲性が求められていたが¹⁾、最近ではさらに高速信号伝送をになう電子部品実装基板としての役割も重要になってきている。本報では、電気信号特性に優れるフリップチップ実装技術により組み立てられたHDD用FPC

Ass'yについて報告する。

2. アクチュエータFPC Ass'y

図1にアクチュエータFPCの写真を示す。アクチュエータFPCはHDDのメインボードとヘッドキャリッジ部を接続するFPCであり、動作時には繰り返し屈曲されるものである。電気的にはVCM（ボイスコイルモータ）コイルへの駆動電流供給と、ヘッド信号増幅用のプリアンプ機



図1 HDDアクチュエータ用FPC
Actuator FPC for HDD

*1 プリント回路開発部
*2 プリント回路開発部グループ長
*3 プリント回路技術部主管部員

能をもち、プリアンプICと、チップ抵抗、チップコンデンサといった受動素子、メインボード接続用のコネクタなどのSMD (Surface Mount Device : 表面実装デバイス) が実装される。

プリアンプICは従来QFP (Quad Flat Package) などのパッケージ形態で、FPCメインボード側に実装されていた。しかし最近では読み書き信号の高速化に対応するため、ヘッドに近い部分に実装されることが多くなってきた。また実装形態もリードのあるパッケージの実装からベアチップを直接FPCに実装する形態をとるようになってきた。当初はワイヤボンディングによるCOF (Chip On Flex) であったが、最近ではICをフェイスダウンで実装するフリップチップ実装へと進化してきている。これらは配線長を短くし、信号伝達特性の向上に貢献している。

3. フリップチップ実装

フリップチップ実装には多くの工法が存在する²⁾が、HDD用アクチュエータFPCに使用されるフリップチップ実装工法としては主にACF法 (図2) とはんだバンプ法 (図3) が用いられる。

ACF法はFPCにACF (Anisotropic Conductive Film) を仮貼りし、金バンプを形成したICを加熱圧着することにより接続する。この場合、ACF自体が硬化して補強材となる。この工法はIC上には金バンプ、FPC側端子に金めっきが必要で、さらにACF自体も高価である。

これに対してはんだバンプ法は、はんだバンプの付いたICをマウンタで仮おき後、リフロー炉ではんだを加熱溶融して接合させ、その後アンダーフィル樹脂を注入、熱硬化させて補強する方法である。ICへのはんだバンプ形成には特殊な工程が必要であるが、通常のSMDの実装方法であるSMT (Surface Mount Technology : 表面実装技術) プロセスが利用できる。つまりSMDとベアチップ

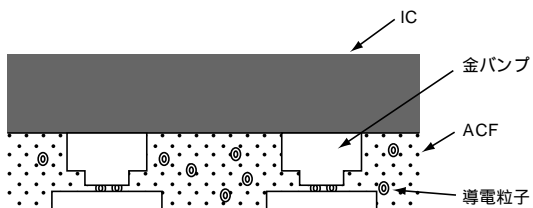


図2 ACF接続の断面構造
Sectional structure of ACF bonding

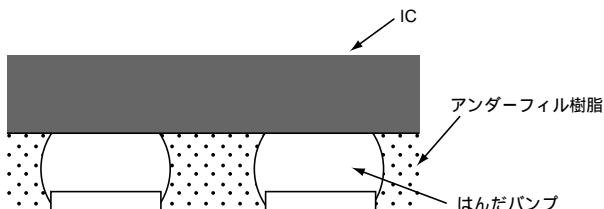


図3 はんだバンプ接続の断面構造
Sectional structure of solder bump bonding

を一度に実装することができるため、コスト面で有利である (図4)。また、古くから行われているはんだ付けによる方法であり、接続抵抗が小さく、機械的にも信頼性は十分である。FPC側端子は安価なプリフラックス処理でよく、さらに最近でははんだバンプ形成コストも低下してきたことから、これからははんだバンプ法が主流になっていくと考えられる。

当社でははんだバンプ法によるフリップチップ実装を採用し、タイ国PCTT社に生産ラインを構築している。

4. 実装プロセス各論

4.1 フリップチップ搭載機

フリップチップを実装するための搭載機には、図5のようにICのはんだバンプにフラックスを転写し、FPC上に仮おきする機能が必要である。このような搭載機として、専用のフリップボンダとフリップチップ対応マウンタがある。当社は後者を選択したが、これはSMDや異形部品の搭載が可能で汎用性が高く、また通常のSMT用マウンタと操作性が同一であるといった利点をもっている。

ただし通常のSMTマウンタの精度 (高精度のもでも ±50 μm) では不十分であり、高精度 (±15 μm以上) になるように工夫されたマウンタを選定している。

4.2 フラックス

フリップチップ実装の際に用いられるフラックスは、リフローまではその粘着力でICを保持し、リフロー時に

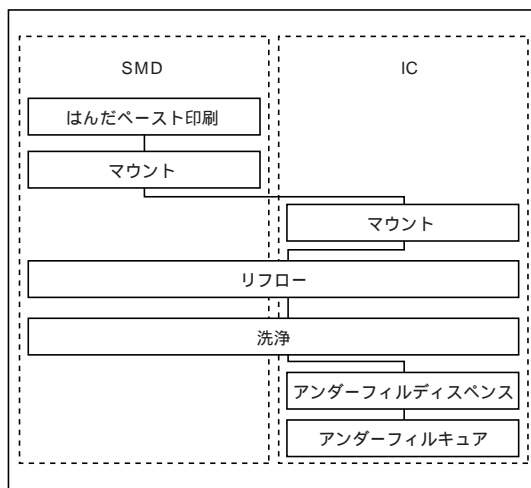


図4 実装プロセスフロー
Assemble process flow diagram

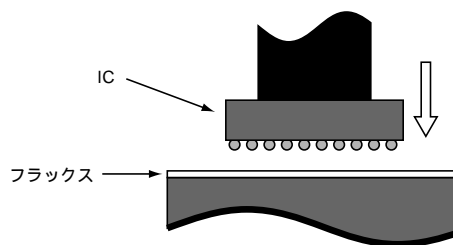


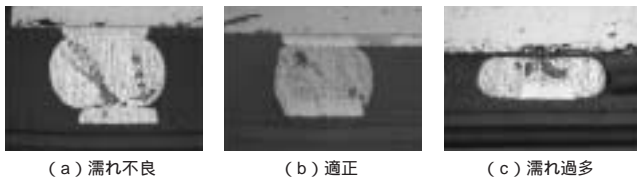
図5 フラックス転写
Sticking flux

は活性化してはんだの濡れ性を向上させ、はんだ付け性を高める働きをする。フラックスの粘度（粘着力）・活性は適切なものを使用する必要があり、また、転写量の管理も重要である。フラックスの転写量はマウンタの転写装置上の膜厚でコントロールする。図6にはんだバンプの接合状態の写真を示す。フラックス活性が低く転写量が少ないと十分な接合が得られない。逆に活性が高く転写量が多いと過度にはんだが濡れ拡がり、IC - FPC間のギャップが狭くなり、洗浄やアンダーフィル工程が困難となる。フラックスの転写量とIC - FPC間の関係は図7のようになり、このデータから適切なギャップになるようにフラックス量の管理範囲を定めている。

4.3 フラックス洗浄

IC接合部のフラックス残渣はアンダーフィルの塗布性および密着性を低下させ、耐マイグレーションなど信頼性に悪影響をおよぼす可能性があるので注意が必要である。当社の実験では、適切なフラックスと実装条件を選定することにより、フリップチップ単体では無洗浄でも十分な信頼性をもつというデータが得られていた、しかしアクチュエータFPCではIC近傍にSMDが配置されるため、この実装に使用されるはんだペーストのフラックス成分がIC下に流れ込んで問題を起こすことが懸念されることから、アンダーフィル工程前に洗浄を行っている。当社では環境問題を配慮し、使用フラックスは水溶性のものを使用して、純水洗浄プロセスを導入した。

フラックス洗浄の評価には通常オメガメータを使用するが、フリップチップは面積が小さく、オメガメータで評価するには一度の測定に膨大な数のサンプルが必要に



(a) 濡れ不良 (b) 適正 (c) 濡れ過多

図6 はんだバンプの濡れ状態

Wettability statuses of solder bumps under various mounting conditions

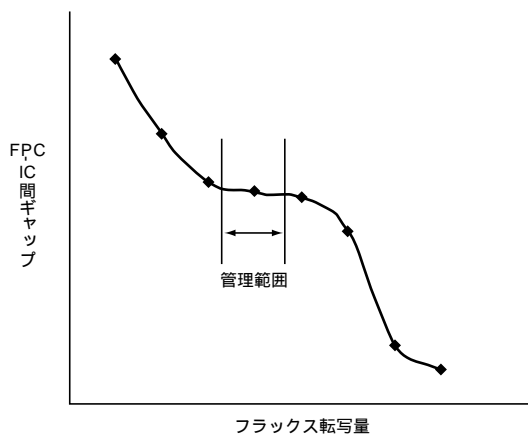


図7 フラックス転写量と基板-IC間ギャップの関係

Relation between flux quantity and gap distance of FPC-IC

なるため、イオンクロマトグラムによる評価を行っている。結果の一例を表1に示す。

4.4 アンダーフィル

信頼性に影響をおよぼす可能性のある高温高湿環境での密着性劣化や、残留イオンに注意して樹脂選定を行った。また、HDD特有の問題として、微細な塵埃やアウトガスが問題を起こす可能性がある。これらについても詳

表1 洗浄前後IC裏の残留イオン濃度
Ion concentration before/after cleaning

単位：μg/ml

イオン	洗浄前	洗浄後
Cl ⁻	0.02	< 0.01
NO ₂ ⁻	< 0.01	< 0.01
Br ⁻	0.03	< 0.01
NO ₃ ⁻	0.01	< 0.01
SO ₄ ²⁻	0.06	< 0.01
酒石酸	0.07	0.01
ギ酸	0.03	< 0.01
Na ⁺	< 0.01	< 0.01
NH ₄ ⁺	0.01	0.01
K ⁺	< 0.01	< 0.01
Ca ²⁺	< 0.01	0.01
Mg ²⁺	< 0.01	< 0.01

表2 アンダーフィル樹脂の特性
Characteristics of underfill resin

線膨張係数	4.0 ± 0.5 × 10 ⁻⁵ /
ガラス転移温度	135 ± 20
ヤング率	6 ± 2GPa
イオン残渣	Na ⁺ : 10ppm以下 Cl ⁻ : 20ppm以下

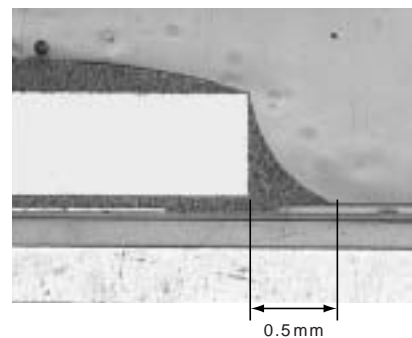


図8 アンダーフィル工程後の断面写真
Cross section of flip chip after underfilling

表3 信頼性評価試験結果
Results of reliability tests

項目	結果
温度サイクル試験 - 55 (10min) - RT(5min) - + 125 (10min) 150サイクル	Pass
高温高湿バイアス試験 135 × 500h	Pass
高温放置試験 85 85%RH/Bias × 500h 印加電圧 5V	Pass

細に評価を行い採用樹脂を決定した。表2に選定した樹脂の特性を示す。

アンダーフィル塗布量に関しては、HDDへの組み込み時の折り曲げやスペースの問題から、必要最小限に抑える必要がある。そのため、ディスペンサの構造や塗布方法を検討し、塗布量を精密にコントロールできるようにした。アンダーフィル塗布後の断面写真を図8に示す。

5. 信頼性

構築したプロセスで製造したFC Ass'yの各種信頼性試験を行った。搭載したICのはんだバンプは、ピッチ約180 μm 、高さおよそ90 μm の共晶のはんだバンプである。表3に試験結果を示す。それぞれの試験は、JEDEC Level-3の吸湿リフロー後に行ったものである。

これらの試験から、このプロセスで組み立てられたFPC Ass'yはHDDに使用される環境において、十分な信頼性をもつといえる。

6. むすび

HDDアクチュエータ用FPCのプリアンプIC実装に、はんだバンプ法によるフリップチップ実装を取り入れ量産プロセスを構築した。今後もHDD技術は変化・発展を続けていくと考えられている。当社でも市場動向を見ながら生産能力を高めるとともに、様々な顧客のニーズに貢献すべく、新技術の開発を続けて行く予定である。課題として、さらなる狭ピッチバンプのIC実装や、鉛フリー化、FPC材料のハロゲンフリー化への対応に取り組んでいる。

参考文献

- 1) 岡田ほか：HDD用高屈曲FPC，フジクラ技報，第99号，pp.49-53，2000
- 2) 関ほか：フリップチップ実装FPC，フジクラ技報，第99号，pp.18-22，2000