

HDDサスペンション用FPC

電子部品開発センタ 水谷 宗幹^{*1}・ボンバンパニーアナン^{*1}
電子デバイス研究所 永田 雅克^{*2}・中尾 知^{*3}
プリント回路事業部 植田 広二^{*4}

Flexible Print Circuit on Suspension in Hard Disk Drive

M. Mizutani, A. Phonghanphanee, M. Nagata, O. Nakao & K. Ueda

HDD (Hard Disk Drive) 装置におけるサスペンション上への微細回路形成はすでに普遍化している。サスペンション上への回路形成には種々の工法が用いられているが、FPC法と呼ばれるサスペンションにフレキシブル基板を貼り合わせる回路一体型サスペンションは、他の工法と比較して低コストや転送特性の点で優位である。われわれは、今後急増が予測されているAV (Audio Visual) 機器搭載HDD用として、中継基板が一体化されたサスペンション用FPCを開発した。本開発のFPCの加工には、HDD用FPCとして最適化した湿式エッチング技術を採用し、100 μm以下の解像度を得るとともにダストフリー化を可能とした。

Fine printed circuit formed on suspension currently become more common in HDD ; Hard Disk Drive. There are various methods of forming the circuit on suspension. The FPC ; Flexible Printed Circuit method , adheres to suspension, has the advantages of lower cost and high transmission rate compared with the others, so HDD made use of this method is suitable for electric household applications. Therefore we developed the FPC, formed on suspension, build-in HDD of Audio Visual appliances, which is expected to rapidly expand the HDD market from now on. For the above mentioned FPC, we employed wet-etching technology which is able to have dust-free and pattern resolution in 100 μm.

1. ま え が き

HDDの小型・高速化にともなって、記録再生ヘッドのリード線は従来のワイヤ接続からサスペンションと一体化したプリント回路(図1)へと進化してきている¹⁾。われわれは、すでにアディティブ法を採用して回路付きサスペンションの開発を行ったが²⁾、サスペンション上に形成した回路と信号処理基板とは中継基板によって接続する構造であった。近年、ますます高速化するHDD転送速度に対応するため、アディティブ法とエッチング技術を組み合わせることによって、中継基板と一体化したロングテールタイプの回路付きサスペンションの開発例も報告されている³⁾。こうした中、ロングテール化が容易なことから、低価格化に有利なFPCとサスペンションを貼りつけて一体化するFPCサスペンションに注目が集まっている。これらは、特にAV機器を始めとする家電製品用途として期待されている。われわれはHDD部品に適合したポリイミドの平滑エッチング技術を用いて、サスペンシ



図1 HDDのサスペンションの外観
Appearances of suspension in hard disk drive

ョン用FPCの開発を行った。

2. HDDサスペンション用FPCの構造と製造方法

各構成層をステンレス箔上に積み上げるセミアディティブ法と異なり、FPC法はフレキシブルプリント基板と

*1 プリント回路開発部

*2 マイクロデバイス開発部

*3 マイクロデバイス開発部グループ長

*4 プリント回路技術部

サスペンションを個別に作製して、最後に貼り合わせる
ことにより回路付きサスペンションを完成する(図2)。
本FPCはヘッドが取り付けられ、ばね性を有するステン
レス箔上に貼付する部分とヘッドを移動させるアームに

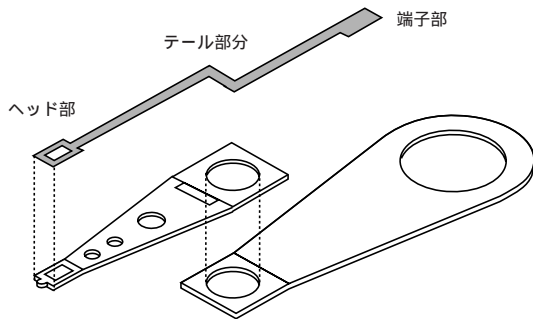


図2 サスペンションの構成
Composition of suspension

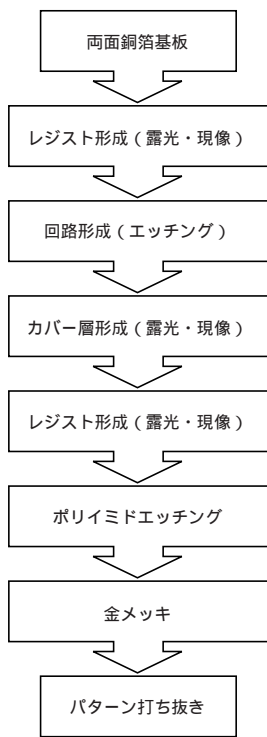


図3 製造プロセス
Process flow of suspension

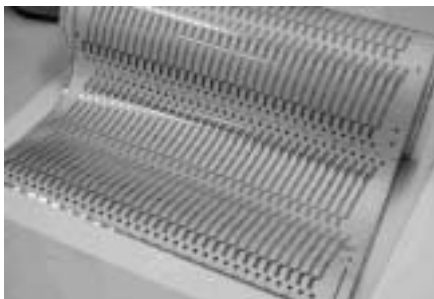


図4 サスペンション用FPCの外観
Appearance of FPC for suspension

沿って延びているテール部分および信号処理基板に接続
する端子部からなる。以下にサスペンション用FPCの製
造工程(図3)を説明する。

まず、銅箔とポリイミドフィルムからなる銅貼り積層
板(Copper Clad Laminate :CCL)を出発材料として
(1)表面の銅箔をエッチングして回路を形成する工程、
(2)回路を保護のためにカバー層を形成する工程、(3)
ポリイミドをエッチングして基材外形を成形する工程、
(4)ヘッドおよび基板と接続するための端子部に金メ
ッキを施す工程、(5)金型で打ち抜いて個片化する工
程、の5工程からなる。FPCの外加工は金型による打ち抜き
やレーザ加工、エッチングなどであるが、本製品の場合、
高精度な加工と清浄度が要求されるためケミカルエッ
チング法を用いた。図4に試作を行ったサスペンション用
FPCの外観を示す。

3. HDDサスペンションの要素技術

3.1 ファイン回路形成

本製品の一例としてポリイミド25 μ m、その両面に銅
層が形成されているCCL(両面CCL)を用いた。この基
板の両面にフィルムレジストをラミネートし、露光・現
像・エッチング・レジスト剥離を行うことにより両面同
時にパターン形成を行った。露光では、高精度の位置合
わせが必要であり、ネガマスクの位置合わせによる両面
露光技術が必要である。また、エッチングでは両面にお
けるエッチング速度のバランスを制御することが重要と
なる。

3.2 カバー層形成

回路形成後の基板の伝送回路となる面に、耐熱性のある
絶縁レジストを印刷またはラミネートによって被覆し
た後、露光・現像することにより、カバー層パターンを
形成する。伝送回路となる面は、微細な回路が形成され
ているため、形成する際に気泡が発生しやすく、絶縁レ
ジストの膜厚、形成条件が重要となる。

3.3 ポリイミドエッチング形成

ポリイミドのパターン形成は、ケミカルエッチング法
(WET処理)を採用した。ポリイミドのエッチングには
酸素プラズマを用いたエッチング(DRY処理)またはヒ
ドラジン系エッチャントを用いたケミカルエッチングが
一般的である⁴⁾。処理コストや生産性を考慮すると後者の

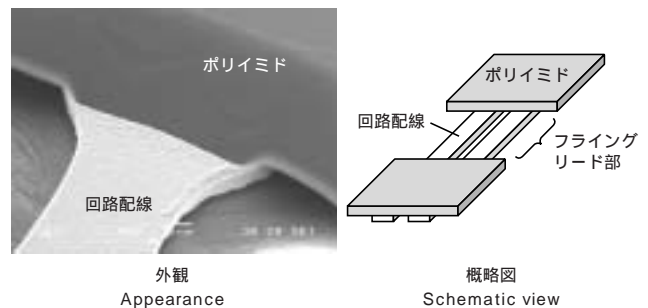


図5 フライングリード部
Flying lead schematic

方が有利であるが、薬液の取扱い安全性や環境負荷の点で問題が多い。そこでわれわれは、安全性の高い種々の非ヒドラジン系のエッチャントについて検討を行い、ポリミドの高精度な微細パターン加工を実現した。これにより、図5に示すような配線裏面への電氣的接続が可能な導体のみによる空中配線（フライングリード）にも対応できた。

3.4 メッキ形成

サスペンション用FPC上のヘッドおよび信号処理と接続するためのパッド表面には、超音波またははんだ接合に適したソフト金メッキが要求される。特にフライングリード部には、回路裏面へのメッキ形成が要求される。CrまたはNi系合金を中間層とするメタライズタイプのCCLの場合、裏面に被覆するメッキの密着性が問題となるが、中間層材料に対応して最適な表面処理を選択することにより、密着性の高いメッキ膜形成が可能となった。

4. 課題と検討結果

4.1 ポリミドエッチング検討

ポリミドの外形加工には、高い寸法精度に加えその加工端からのダスト発生が少ないことが要求される。エッチングには、非ヒドラジン系のアルカリ水溶液がエッチャントとして用いられており、レジストにはエッチャントに対する耐性とスムーズな剥離性が要求される。100 μm以下のパターンを形成できる解像度と上記特性を満足する材料としてアクリル系ドライフィルムレジストを選定し、エッチングに用いた。

ポリミドエッチングに関し、種々のエッチャントを用いた加工検討を行う過程で、パターン形成した端面にケミカルエッチング特有の層状痕が生じることを見出した（図6 (a)~(c)）。ドライエッチングによる加工面には見られなかった現象で、ポリミドフィルムの組織を反映したものと推定される。顕著な端面の層状痕は超音波洗浄により層間の剥離が起こることが確認されており、洗浄やハンドリングの過程で一部が脱落しHDDの故障原因となる可能性がある。

層状痕はエッチングの進行にともなって著しくなるが、エッチャントの温度にも依存することがわかった。図6に液温によるポリミド側面の平滑性の変化を示す。この図からわかるように、65 °Cにおける平滑性が最も優れており、液温が上昇するにしたがって層状痕が増加し、平滑性が悪化することがわかった。65 °Cに満たない液温ではエッチングレートが急激に低下し、パターン加工には適さなかった。

平滑性の判定基準として、超音波洗浄にて表面形状が変化しないこと、ダストが発生しないことを条件とした。65 °Cでエッチングしたサンプルは液相パーティクル（LPC）試験においてもダストが発生しないことを確認した。

4.2 カバー層用絶縁層の検討

カバー層のレジストには、回路への埋め込み性、パ

ターン精度、柔軟性（クラックの有無）に加えて最終的に金型で打ち抜きを行った後の平坦性が要求される。本開発では液状レジスト1種類とフィルムレジスト2種類について評価を行った。表1に示すように、材料の種類により特性に大きな差異が見られ、評価した材料の中で採用した材料は液状タイプのものであった。液状タイプでの形成状態を図7に示す。表面に若干凹凸ができてしまうものの、膜厚はほぼ均一に形成され、解像度も十分に満足できる形成状態であった。

5. 評価結果

5.1 LPC (Liquid Particle Counter) 試験

LPC試験は、ピーカに純水とサスペンションサンプルを入れ超音波装置に1minかけた後、10mlを抽出しその中に含まれる2.0 μm以上の大きさのParticle量を測定した。測定を繰り返した結果、3min後にはParticle量が飽和状態

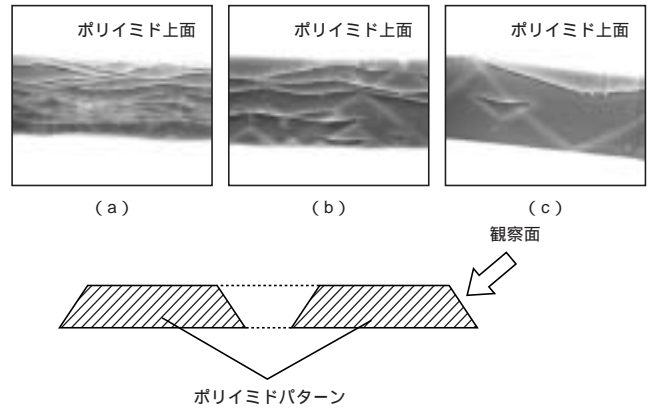


図6 ポリミド形状におよぼすエッチング温度の影響 (a: 75 °C, b: 70 °C, c: 65 °C)

Influence of etching temperature on morphology of polyimide layer

表1 カバー層レジストの評価結果

Comparison of cover layers formed from 3 types of resin

レジスト	材料	埋め込み性	解像度	クラック	反り
A	液状				
B	フィルム				×
C	フィルム		×		

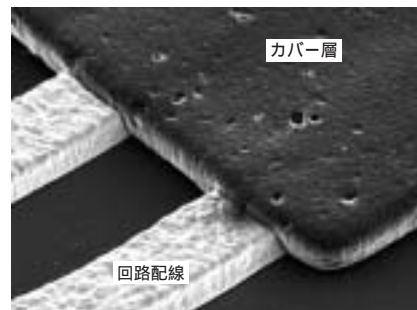


図7 カバー層形成 Formation of cover layer

表2 環境試験の結果
Result of reliability test

試験項目	高温試験	低温試験	高温高湿試験	温度サイクル試験
条件	90 × 24h	- 40 × 24h	85 / 85%Rh × 50h	- 40 × 20min ~ 100 × 20min: 250サイクル
サンプル数	20	20	20	20
反り	なし	なし	なし	なし
回路剥離	なし	なし	なし	なし
メッキ剥離	なし	なし	なし	なし
外観異常	なし	なし	なし	なし

に達し、超音波洗浄は3min程度で十分であることを確認した。

5.2 環境試験

環境試験の代表項目として、高温試験（90 × 24h）、低温試験（- 40 × 24h）、高温高湿試験（85 / 85% × 50h）、温度サイクル試験（- 40 × 20min ~ 100 × 20min: 250サイクル）について調査した。評価基準は試験前後において、サンプルの反り、回路剥離、メッキ部分の剥離やしみの発生など外観上の変化・異常がないこととした。評価結果を表2に示すが、すべての項目において環境試験後の外観変化は見られなかった。

6.むすび

HDDの高速化と低コスト化の両立を狙った回路付きサスペンション用FPCを開発した。われわれは、本製品に対してヘッド周辺に要求される清浄度と低ひずみ（反り）を特に重視している。なぜなら、これらへの要求特性は、HDDの記録密度の向上にともなうヘッド浮上量の極小化を達成するため、今後、ますます厳密な制御が求められるであろう。また、高記録密度化に加えて、転送速度の高速化に対応した低誘電材料とマイクロストリップラインの採用、フリップチップまたはCSP実装などによるサスペンション上へのプリアンプの搭載など、HDDの技術的進展により一層寄与していくつもりである。

参考文献

- 1) 松本博文：日経エレクトロニクス No.713, p.167 1998年4月6日号
- 2) 下村ほか：フジクラ技報99号, 2000年4月
- 3) 宮崎, 高田, 鈴木：FUJITSU Vol.153, No.2, p.145, 2002年2月
- 4) 木島ほか：特許3273825号