

ハードディスク用配線付きサスペンションブランクスの開発

電子部 尾前 宏, 伊藤博雅, 西元研了*, 濱石和人*, 小野輝生**, 上田 享**

Development of TheSuspension Blanks with Traces WhichhasElectricCircuits asSignal Lines inside

HiroshiONOMAE,HiromasaITO,KenryoNISHIMOTO,Kazuto HAMAISHI,TeruonoONOand SusumuUEDA

コンピュータ等の記録媒体であるハードディスクにおいて、磁気ヘッドからの記録信号用に使われる配線を、写真製版技術及びメッキ薄膜技術を応用して絶縁層や電気回路を形成したハードディスク用配線付きサスペンションブランクスを開発した。また要素技術としてポリイミド絶縁層と銅信号部を転写、積層する技術、ポリイミド絶縁層加工技術、電気特性及び物性の測定、評価技術を確立した。

1. 緒 言

従来のハードディスクでは磁気ヘッドからの記録信号用に線径28 μm のワイヤー線を手でハンダ付けしているが、大記録容量に対応した小型磁気ヘッドへの移行が始まり、人手での組立作業は極めて困難な状況になりつつある。

本研究では、ワイヤー線に代わり、磁気ヘッドの保持部であるステンレス製のサポート基板（以降、サスペンションブランクスと呼ぶ）上に、写真製版技術及びメッキ薄膜技術を応用して絶縁層や電気回路を形成したハードディスク用配線付きサスペンションブランクスを開発することにした。本開発により磁気ヘッドの配線作業を自動化することが可能になるとともに、小型磁気ヘッドへの移行の流れに対応でき、市場の要求に応えられることから、ハードディスクメーカー等からも本製品の早期実現を強く要望されている。

開発するに当たり、(1)ポリイミド絶縁層と銅信号部を転写、積層する技術、(2)ポリイミド絶縁層加工技術、(3)配線付きサスペンションブランクの電気特性及び物性の測定、評価技術を確立するための実験を行ったので報告する。

なお、本研究は、平成10年度ベンチャー企業育成型地域コンソーシアム（中小企業創造基盤型）事業として行ったものである。

2. 実験内容

2.1 ポリイミド絶縁層と銅信号部を転写、積層する技術について

2.1.1 銅配線メッキ加工条件

本開発品の特徴として、配線をメッキにて形成し、配線を絶縁層に埋め込む構造を有している。

電気的な信号を送る際に使用される配線は、配線厚みの

違いがあると電気特性等の問題が発生すると予想される。

配線の厚み、すなわちメッキ厚みの均一化は、本開発品の特性に直接かかわることであり、ポリイミド絶縁層と信号線部を転写、積層する技術の確立において重要なことである。そこで本研究では、使用するメッキ装置において、メッキパラツキの確認を行い、配線パターンに最適なメッキ条件を見つけるため、下記の条件について検討した。

- (1) 電流密度変更
- (2) 捨てメッキエリアの配置
- (3) 遮蔽板設置の有無
- (4) 超音波攪拌使用の有無

2.1.2 ポリイミド絶縁層と銅信号部の積層技術

ポリイミド絶縁層に信号線を埋め込む際に真空プレスにより加熱加圧処理を行うが、サスペンションブランクスとポリイミドの熱膨張率の違いや、気泡の発生により、ポリイミドが剥離する場合がある。そこで、下記の項目に関する検討を行った。

- (1) ワニスコーティングマシンの選定
- (2) プレス条件の設定
- (3) 実材料でのコーティング及びプレステスト

2.1.3 ポリイミド絶縁層加工のプラズマメタルマスク微細加工技術の確立

ポリイミド絶縁層加工技術の確立において、プラズマを用いてポリイミドをエッチングする際のガスの種類・圧力等のパラメータを操作することにより40 μm のポリイミド厚みに対して10 μm 以下のテーパ形状で仕上げるのが市場のニーズに対する加工精度である。このプラズマエッチングパラメータの操作に加えて、メタルマスクを精度良くポリイミド上に形成しなければポリイミドの微細加工は実現できない。そこで、高精度のメタルマスクパターンニング技術を確立するための実験を行った。

* 素材開発部, ** (株) 測上ミクロ

2.2 ポリイミド絶縁層加工技術について

各種薄膜の加工には、加工精度と歩留の観点からドライエッチング法(本加工技術はRIE方式)が一般的に有利とされており、絶縁膜の加工にはウェットエッチング法よりも本法が広く採用されている。このドライエッチング法を用いてポリイミド絶縁層の加工技術を確立する。ここで、ステンレス箔上に形成されたポリイミド絶縁層(厚み: 40 μm)を10 μm 以下のテーパ形状でエッチング加工する技術を確立するため、下記の事項について検討した。

- (1) 感光性ドライフィルムレジストの選定
- (2) エッチング液(エッチャント)の検討

2.3 電気特性及び物性の測定, 評価技術について

2.3.1 電気特性の測定, 評価

開発するサスペンションブラックスの電気配線は、非常に微細(線幅70 μm , 線間200 μm)なため、裸眼及び、手作業でのプロービングは、きわめて困難である。そこで、まず最初に、微小パターンへ測定端子を接続するための試験環境について検討した。その上で、高周波におけるインピーダンス特性の評価を行うとともに、約300mm \times 260mmのステンレスシート上に5段 \times 60個のサスペンションブラックスを一度に製造するため、シート上の各場所における電気特性のバラツキについても評価した。

2.3.2 ステンレス箔とポリイミドの接着力, 熱膨張率の測定評価

ポリイミド絶縁層に発生する可能性のある欠陥として、界面では剥離、接着不良、層内部では硬化不良、ポイド、マイクロポイド、クラックなどが想定される。これらの欠陥は接着力を低下させる要因となるので、接着強さの試験はポリイミド絶縁層の性能(材料特性と形成方法の良否)を評価する上で重要である。

また、ポリイミドのIC絶縁膜などとしての電子材料用途では熱応力によるクラックの発生や基材との剥離についても評価する必要がある。

そこで、下記の項目に関する検討を行った。

- (1) ステンレス箔とポリイミド絶縁層との接着力の評価方法及び測定治具の検討
- (2) 接着力の測定評価
- (3) ステンレス箔とポリイミド絶縁層の熱膨張率の評価方法及び測定治具の検討
- (4) 熱膨張率の測定評価

3. 結果及び考察

3.1 ポリイミド絶縁層と銅信号部を転写, 積層する技術について

3.1.1 銅配線メッキ加工条件

各条件におけるメッキ厚みバラツキの推移を図1に示す。

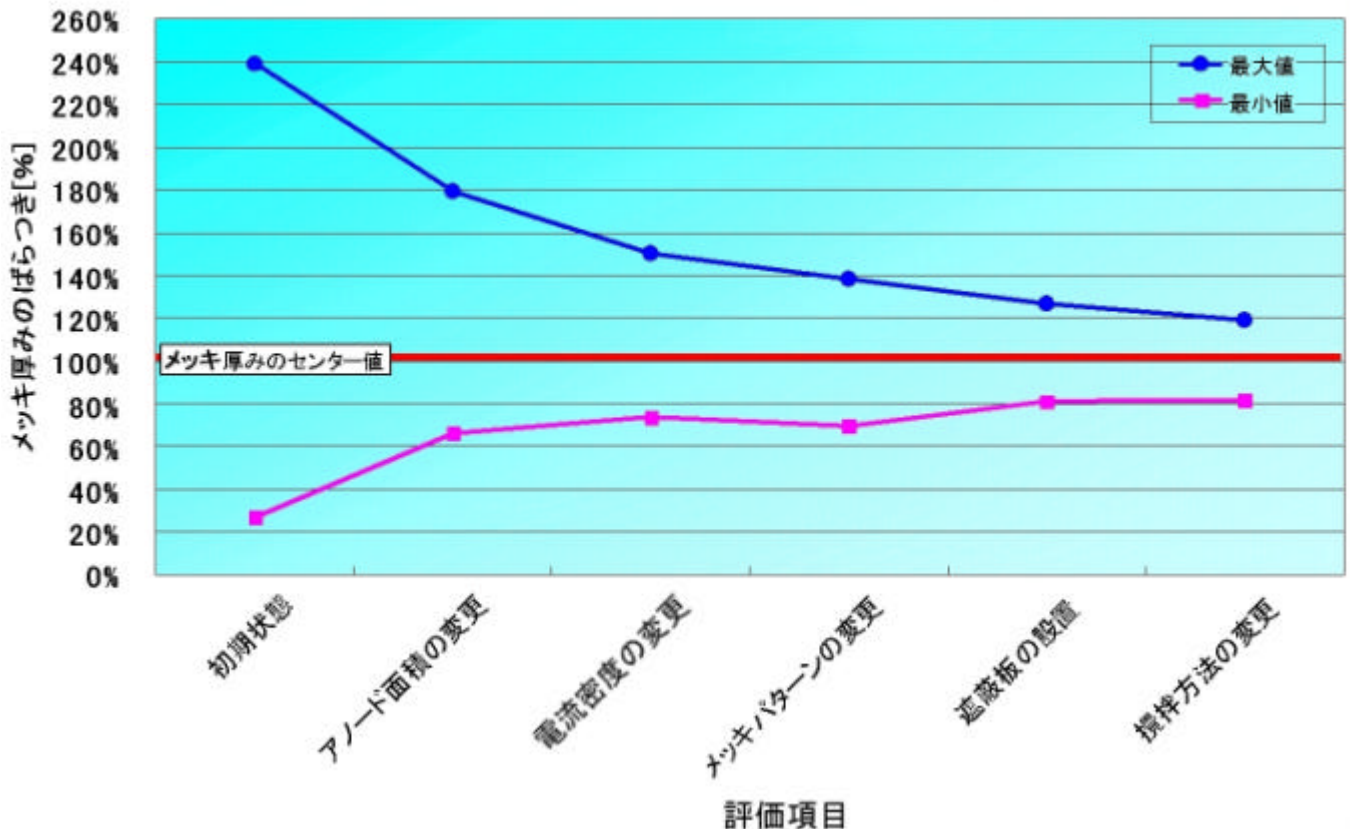


図1 メッキ厚みバラツキ低減の推移

この結果、下記のことが分かった。

- (1) 電気回路のパターンメッキ時に、電流密度を下げることで、均一なメッキができる。
- (2) 製品側に流れる電気の分布を制御する捨てメッキエリアを、パターン中に施すことにより、更に均一なメッキができる。
- (3) 陽極と陰極の間に遮蔽板を設けることにより、メッキ厚み分布を制御できる。
- (4) エア攪拌にかえて、超音波攪拌を行うことによりメッキ厚みのバラツキを抑えることができる。

3.1.2 ポリイミド絶縁層と銅信号部の積層技術
各条件によるプレス評価結果を表1に示す。

表1 プレス評価結果

方法	状況				評価
	界面の剥離		PIの変異	SUSの変形	
	SUS/PI間	PI/PI間			
1.ワニス一括法	全面にあり	なし	なし	あり	×
2.ワニス多層法	局部的にあり	なし	なし	なし	×
3.重複プレス法	局部的にわずかにあり	なし	あり	なし	×
4.ワニス+シート法1	なし	あり	なし	なし	×
5.ワニス+シート法2	なし	なし	なし	なし	

ポリイミドの前駆体であるポリアミック酸を、数回に分けて塗布すると、図2に示すような密着不良の原因となる段差の発生が少なくなることが分かった。さらにワニス塗布とポリアミック酸シートの併用により、より段差の少ない絶縁層が得られることが分かった。

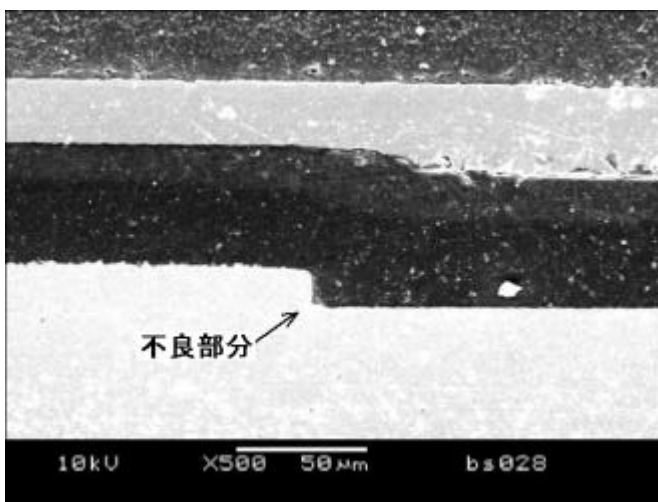


図2 ポリイミドとステンレス箔の密着不良

また、ステンレス箔と接着する直前に、素材を充分乾燥することで、密着不良を解消できることが分かった。

これらの検討結果から、図3に示すように良好な接着が

可能な積層技術を確立することができた。

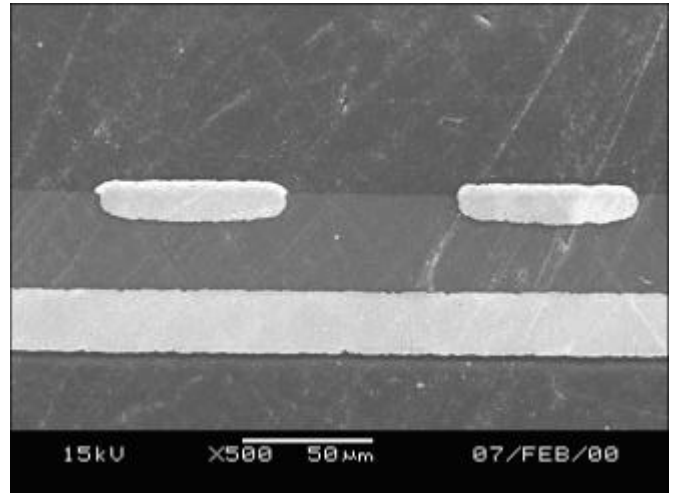


図3 接着良好断面図

3.1.3 ポリイミド絶縁層加工のプラズマメタルマスク微細加工技術の確立

液種を違えた場合のNiマスクの寸法バラツキの結果について表2に示す。

表2 Niマスクの寸法バラツキ

液種	評価項目	Etching異常	Etching端面の直線性	テーパ-量	液ライフ	オーバー-Etching
塩化第二鉄溶液						×
塩化第二銅溶液			×	×		
鉍酸・過酸化水素混合溶液		×	×		×	
添加剤を含む鉍酸・過酸化水素混合溶液						

添加剤を含む鉍酸・過酸化水素混合溶液にてニッケル/銅バリア層をエッチングすることで銅のオーバーエッチングのないメタルマスクをポリイミド上に形成することができた。また、ニッケルに対して密着が得られる感光性ドライフィルムレジストを選定したことにより十分なウェットエッチング耐性が実現され、そのエッチング端面には直線性が得られた。

更に、液中スプレーによるエッチング方式を採用したことにより、ニッケル表面のスマット発生が抑制され、メタルマスクの寸法バラツキを極めて小さなものとすることができた。

これをポリイミド加工のプラズマメタルマスクとして用いることにより、40µmのポリイミド厚みに対して10µm以下のテーパ形状で加工するという本研究テーマの目標が達成された。また、ポリイミド絶縁層のプラズマ加工において、ガス種の選定・ガス流量・ガス比率・プロセス圧力などを変更することにより更にポリイミドのテーパ量を

軽減させ微細に加工できる可能性が得られた。

3.2 ポリイミド絶縁層加工技術について

プラズマ加工条件について、初期の加工条件を表3に、形状を図4に示す。

RIEにおけるポリイミドのエッチング現象を良く理解し、ガス種の選定、ガス流量、ガス比率、プロセス圧力等のパラメーターを適切に設定した。さらに、メタルマスクのエッチングについても銅のオーバーエッチングを少なくすることに、ポリイミド絶縁層の厚み40μmに対して、5μm程度のテーパーにて加工することが可能となった。また、シート内におけるエッチングのバラツキも、上記改善により大幅に減少した。以上の点を改善して得られた最適な加工条件を表4に、形状を図5に示す。

表3 初期プラズマ条件

	プロセス圧力	RF POWER	ガス流量比		
			ガスA	ガスB	ガスC
STEP1	P ₁	R ₁	1	1	8.5
STEP2	P ₁	R ₂	1	1	8.5
STEP3	P ₁	R ₃	1	1	8.5

R₁ > R₂ > R₃

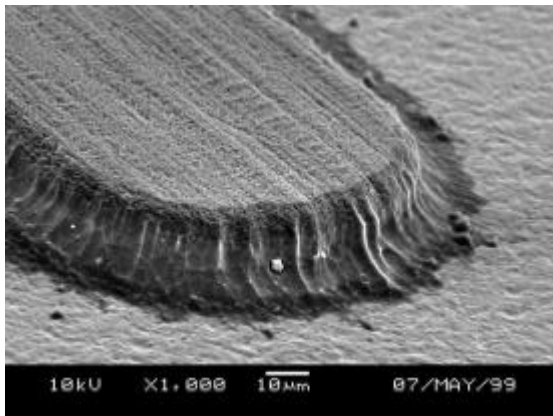


図4 初期状態でのエッチング形状

表4 最適プラズマ条件

	プロセス圧力	RF POWER	ガス流量比		
			ガスA	ガスB	ガスC
STEP1	P ₁	R ₁ '	1	2	22
STEP2	P ₁	R ₂ '	1	2	22
STEP3	P ₁	R ₃ '	1	2	22

R₁' > R₂' > R₃'

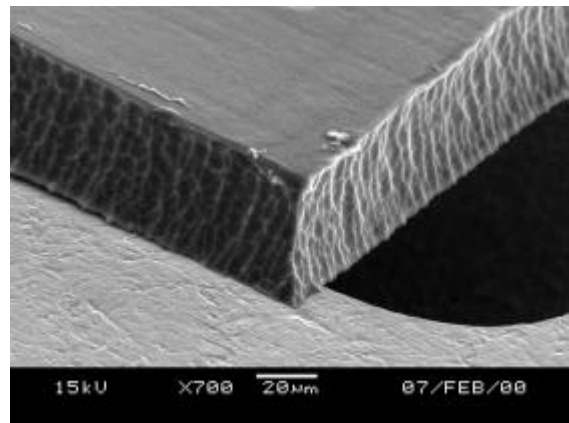


図5 最適条件でのプラズマ形状

3.3 電気特性及び物性の測定、評価技術について

3.3.1 電気特性の測定、評価

構築した電気特性評価環境を図6に示す。サスペンションプランクスの電気配線については、磁気ヘッドを取り付けるための4つのパッドについて、WRITE用2ピン、READ用2ピン間で行う。このピン間は200μmなので、これに合った市販のマイクロプローブを購入するとともに、移動精度8μmまでの微細な位置制御が可能なXYZステージを試作した。また、位置合わせや、実験記録用の写真撮影を行うため、50倍～1000倍まで5段階ほど切り替え可能な光学顕微鏡装置（既存品）を組み合わせた。

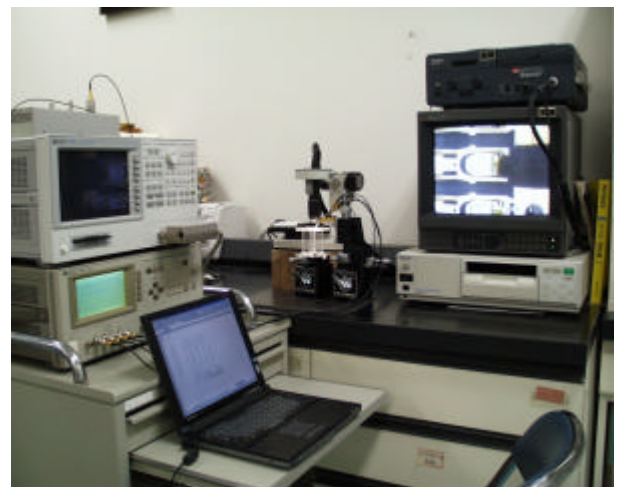


図6 試験環境

また、測上マイクロのエッチングに関する技術シーズを用い、マイクロプローブの試作を行い、市販のプローブと同等の測定が可能か評価した。試作したプローブの構造を図7に、先端部分の写真を図8に示す。なお、評価サンプルには、図9に示すサンプルを用い、終端短絡状態での抵抗値(Rp)と終端開放状態での容量値(Cp)について評価した。

その結果、抵抗値については、試作品の方が約1%高く、容量値については、市販品の方が約14%程高いことが分かった。容量値については、プローブの配線構造等を再検討する必要があると思われるが、抵抗値測定については、現

状でも、市販とほぼ同等の測定値が得られることが分かった。

値としては、1MHzで約4、10MHzで約6、100MHzで約50、140MHzで約60、180MHzで約80、200MHzで約100、240MHzで108 という結果であった。

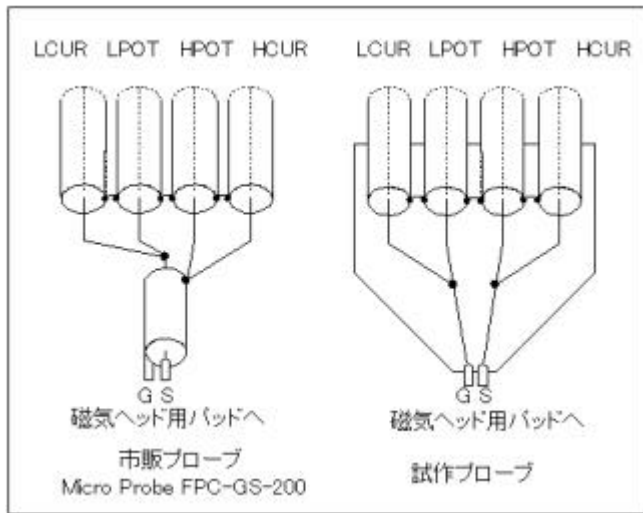


図7 四端子対測定法

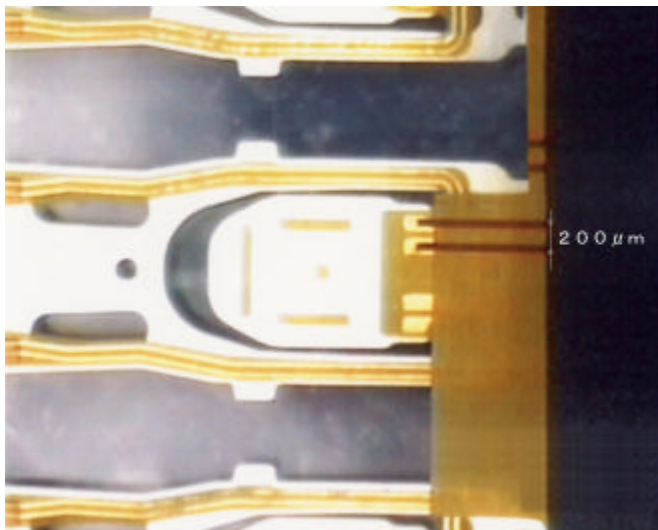


図8 試作プローブ先端部

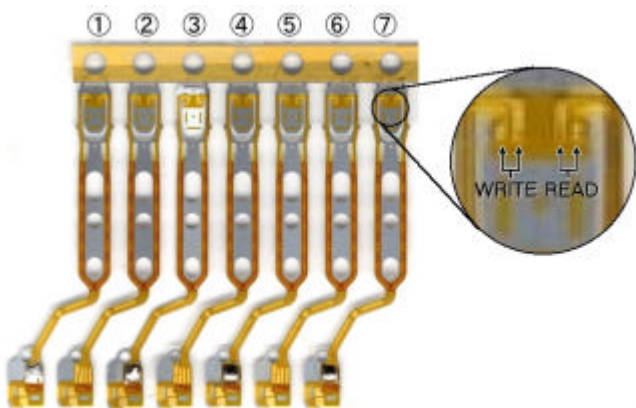


図9 評価サンプル

V/I法によるインピーダンス測定の結果を図10に示す。

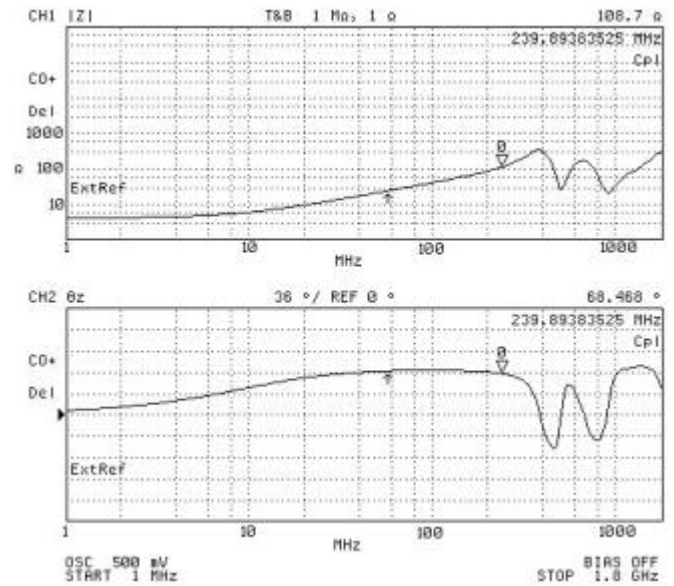


図10 測定結果

また、シート上における電気特性（抵抗値）の傾向については、図11に示すように、シートの上中下、左右中央の計9カ所について、各6ピースについて、磁気ヘッド用パッドのWRITE用2ピン間、READ用2ピン間（以後、W2P、R2Pと表記）について、1MHzにおける抵抗値を測定し、6ピースの平均値をとったものである。

サンプルシート と における平均抵抗値は、シートとシート において、約2.5倍の違いが見られた。これは、製造工程におけるエッチングの度合いによるものと考えられる。

また、各シートにおける抵抗値のバラツキ傾向としては、横方向については、シート、シートとも、シートの右側に行くほど抵抗値が高い(最大と最小の差が1.7倍程度)。縦方向では、中央部の抵抗値が高いことが分かる(最大と最小の差が1.5倍程度)。このことから、同じシート内でも、エッチングの進行状況にむらがあることが分かる。

なお、シート内における抵抗値のバラツキ傾向は、いずれのシートでもほぼ類似しており、製造工程におけるエッチング条件等ヘフィードバックし、品質の安定化に役立った。また、電気特性による、断線やショート等の不良品選別が可能となった。

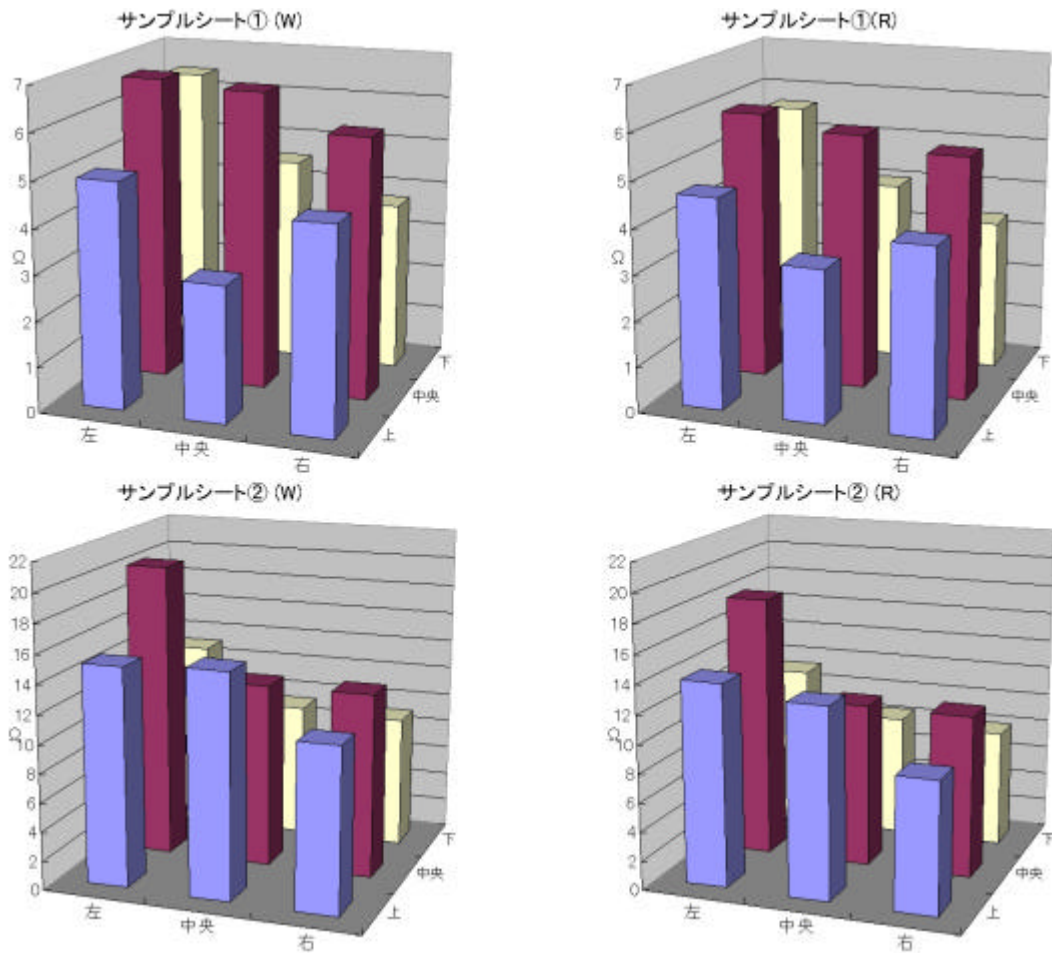


図11 抵抗値の傾向

3.3.2 ステンレス箔とポリイミドの接着力，熱膨張率の測定評価

積層板のポリイミド - 銅箔及びポリイミド - ステンレス箔の接着力を評価するため，既存の試験規格を参考にして試験方法の検討とその条件設定を行った。引張試験機の外観を図12に，試験片の形状を図13に示す。

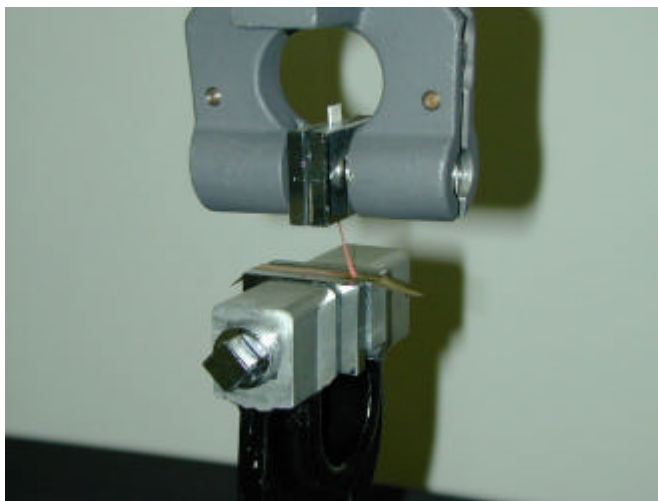


図12 引張試験機の外観

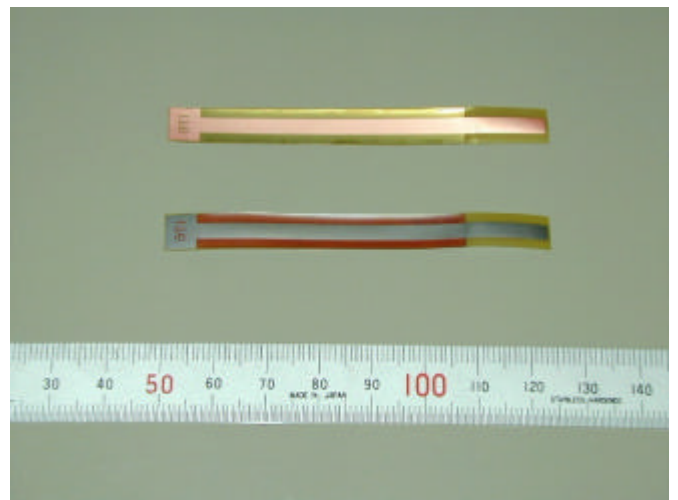


図13 試験片

この試験機を用いて90°ピール試験を行い，接着力を評価した。ステンレス箔の接着剥離強さを図14に，銅箔の接着剥離強さを図15に示す。銅箔側の接着剥離強度に積層板の面内でのバラツキが見られたが，縦方向，横方向での接着剥離強さに有意な差は見られず，サスペンションブラックスとして十分な実用性能を有していることがわかった。

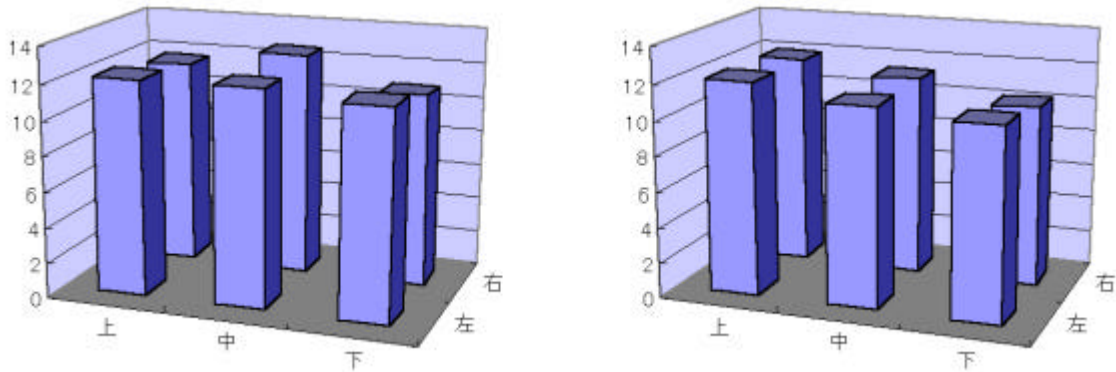


図14 ステンレス箱の接着剥離強さ(左：横方向，右：縦方向)(単位：N/cm)

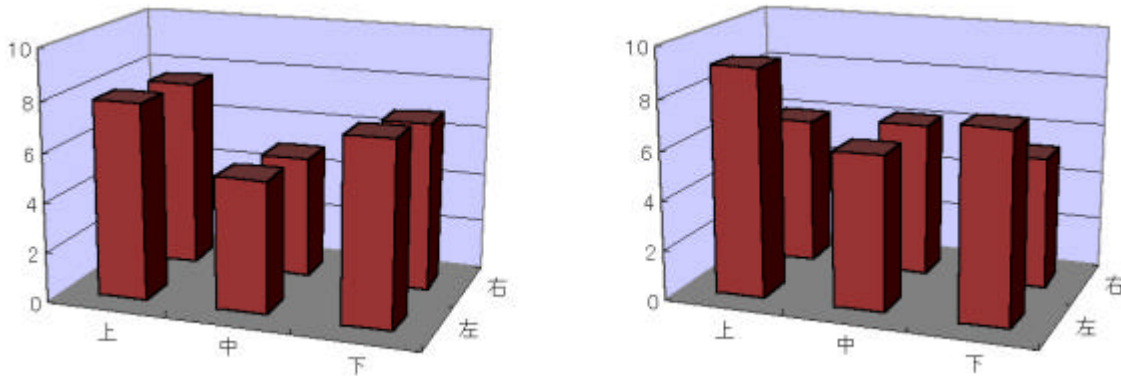


図15 銅箔の接着剥離強さ(左：横方向，右：縦方向)(単位：N/cm)

積層板に使用するポリイミド樹脂の熱応力によるクラックの発生や基材との剥離を防ぐため、一般に基板と熱膨張率のマッチングした樹脂が選定される。そこで、図16に示すような熱分析装置(TMA)を用いて測定条件の検討を行い、ステンレス箔とポリイミドのTMA曲線から熱膨張率を測定した。この際、試験片の装着は図17のようにし、図18のような引張モード治具を使用した。

その結果、使用した熱可塑性ポリイミドの平均線膨張率(30 ~ 60)は、基板としたステンレス箔の約6倍であり、これは一般の非熱可塑性ポリイミドに比べても大きな値であった。

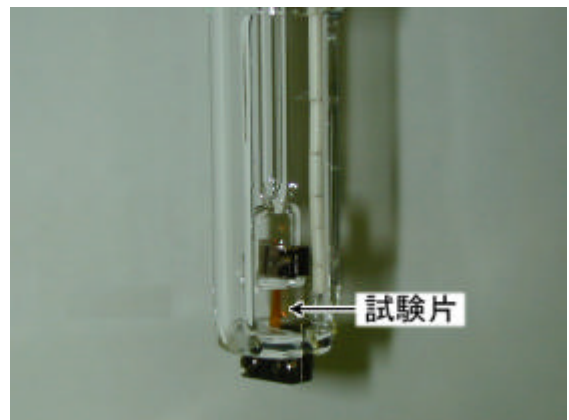


図17 試験片装着部分



図16 熱分析装置



図18 引張モード治具

しかし、弾性率は非熱可塑性ポリイミドの半分程度であり、比較的柔軟であるため、より接着界面での応力分散、変形追従性、変形によるエネルギーの吸収に優れていると考えられ、熱応力によるクラックの発生や剥離が起こる可能性は小さいものと予想される。

ステンレス箔の熱膨張率曲線と、ポリイミドの熱膨張率曲線の一例について図19、図20に示す。

製品の耐久性評価のため、さらに熱サイクル試験等でクラックや剥離の発生の有無を確認する必要があると思われる。

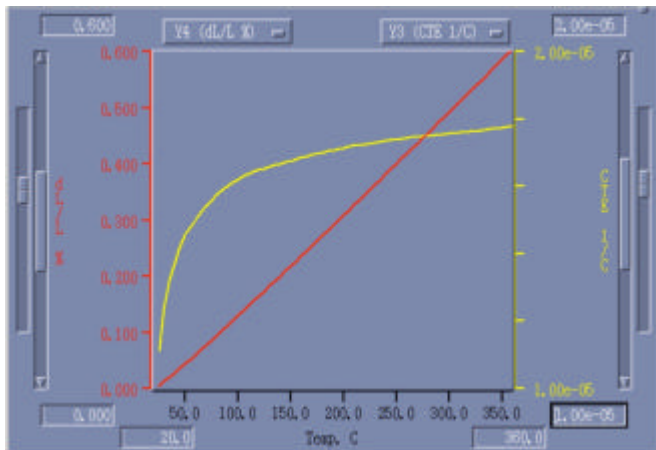


図19 ステンレス箔の熱膨張率曲線

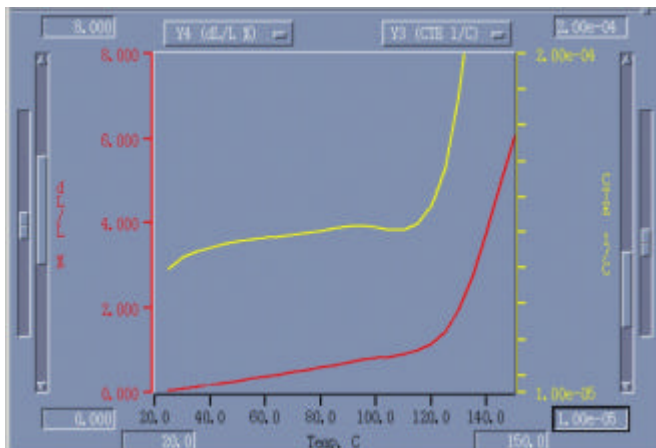


図20 ポリイミドの熱膨張率曲線

4. 結 言

本研究の成果概要を下記に示す。

- (1) ポリイミド絶縁層と銅信号部を転写，積層する技術の確立
 - ・電気回路において，メッキ厚みのバラツキを±20%程度に制御することが可能となった。
 - ・ステンレス箔とポリイミドとの密着不良の原因を究明して良好な密着が可能な積層技術を確立できた。
- (2) ポリイミド絶縁層加工技術の確立

- ・ステンレス箔上に形成されたポリイミド絶縁層の厚み40 μm に対して，5 μm 程度のテーパーにて加工できた。(目標値10 μm 以下)
- (3) 配線付きサスペンションプランクスの電気特性及び物性の測定，評価
 - ・200 μm ピッチの微小パターンへのプロービングが可能となった。
 - ・微小プローブを試作し，市販品と同等の性能を有することを確認した。
 - ・20Hz～1.8GHzの周波数帯域でのインピーダンス特性を評価可能となった。
 - ・測定結果を基に，メッキ品質のバラツキの傾向を分析し，製造工程へのフィードバックが可能となった。
 - ・接着力評価のための測定治具及び評価方法を確立した。
 - ・熱膨張率測定の測定条件を設定できた。
 - ・剥離接着強さと熱膨張率を測定し，金属と樹脂絶縁層の剥離防止を目標とした密着性に優れた樹脂の選択及び加工条件の検討を行えた。

謝 辞

研究を進めるに当たり，有益な助言を賜りました東京大学の久保俊文氏，日本電気株式会社の柳原臣吾氏，日本精工株式会社の斉田雅裕氏，鹿児島大学の長澤庸二氏に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1)平成10年度地域コンソーシアム研究開発事業「ハードディスク用配線付きサスペンションプランクス開発プロジェクト」成果報告書，(2000)