

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-501511  
(P2004-501511A)

(43) 公表日 平成16年1月15日(2004.1.15)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>H05K 1/02  
G11B 5/60  
G11B 21/21

F 1

H05K 1/02  
H05K 1/02  
G11B 5/60  
G11B 21/21

テーマコード(参考)

D 5D042  
N 5D059  
P 5E338  
C

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 47 頁)

(21) 出願番号 特願2001-583508 (P2001-583508)  
 (86) (22) 出願日 平成12年10月5日 (2000.10.5)  
 (85) 翻訳文提出日 平成14年11月8日 (2002.11.8)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2000/027495  
 (87) 國際公開番号 WO2001/086641  
 (87) 國際公開日 平成13年11月15日 (2001.11.15)  
 (31) 優先権主張番号 09/567,783  
 (32) 優先日 平成12年5月9日 (2000.5.9)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

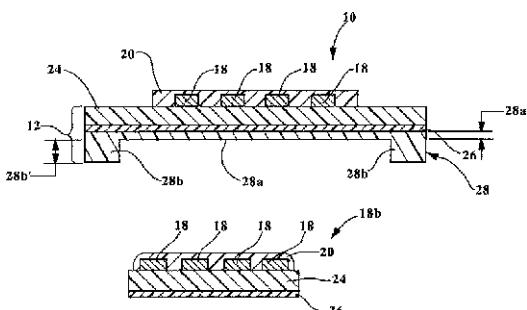
(71) 出願人 599056437  
 スリーエム イノベイティブ プロパティ  
 ズ カンパニー  
 アメリカ合衆国、ミネソタ 55144-  
 1000, セント ポール, スリーエム  
 センター  
 (74) 代理人 100062144  
 弁理士 青山 蕉  
 (74) 代理人 100086405  
 弁理士 河宮 治  
 (74) 代理人 100079245  
 弁理士 伊藤 晃

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 一体のフレキシブル回路を有するハードディスクドライブサスペンション

## (57) 【要約】

ベース部材の第1表面に直接形成される複数のトレースを有する細長いポリマベース部材と、ベース部材の第2表面に形成される基準電圧層とを含むディスクドライブサスペンションアセンブリ。支持部材は、基準電圧層の少なくとも一部分に直接形成される。複数のトレースは基準電圧層の少なくとも一部分に重なる。基準電圧層は、第1導電性材料から形成され、支持部材は第2導電性材料から形成される。第1導電性材料は、第2導電性材料よりも実質的に高い導電率と、第2導電性材料よりも実質的に低い引張強度とを提供する。支持部材は、第1厚さを有するヘッドジンバル部分と、第2厚さを有するロードビーム部分とを含む。第2厚さは第1厚さよりも実質的に厚い。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

回路アセンブリであって、

ベース部材と、

前記ベース部材の第1表面に直接形成される、前記ベース部材の第1端部と第2端部との間に延在する複数のトレースと、

前記ベース部材の第2表面に直接形成される基準電圧層であって、前記複数のトレースが前記基準電圧層の少なくとも一部分に重なる基準電圧層と、

前記基準電圧層の少なくとも一部分に直接形成される支持部材と、を具備し、

前記支持部材が、 $6327\text{ kg/cm}^2$  よりも高い引張強度を有する材料から形成され、  
また接地面が、 $4218\text{ kg/cm}^2$  未満の引張強度を有する材料から形成される、回路アセンブリ。  
10

**【請求項 2】**

前記支持部材が、無電解めっき可能な材料から形成される、請求項1に記載の回路アセンブリ。

**【請求項 3】**

前記無電解めっき可能な材料が、本質的にリンとホウ素とからなる材料の群から選択される合金材料を含むニッケルベースの合金である、請求項2に記載の回路アセンブリ。

**【請求項 4】**

前記基準電圧層が、電気めっき可能な材料から形成される、請求項1に記載の回路アセンブリ。  
20

**【請求項 5】**

前記電気めっき可能な材料が、本質的に銅、スズ、アルミニウムおよび金からなる材料の群から選択される、請求項3に記載の回路アセンブリ。

**【請求項 6】**

前記基準電圧層が、電気めっき可能な第1導電性材料から形成され、また前記支持部材が、無電解めっきされる第2導電性材料から形成され、前記第1導電性材料が、前記第2導電性材料よりも実質的に高い導電率と前記第2導電性材料よりも実質的に低い引張強度とを提供する、請求項1に記載の回路アセンブリ。

**【請求項 7】**

前記支持部材が、第1厚さを有する第1部分と前記第1厚さよりも実質的に厚い第2厚さを有する第2部分とを含む、請求項1に記載の回路アセンブリ。  
30

**【請求項 8】**

前記基準電圧層が、前記ベース部材の第2表面に直接形成される第1導電層と、該第1導電層上に直接形成される第2導電層とを含む、請求項1に記載の回路アセンブリ。

**【請求項 9】**

前記ベース部材が可撓性ポリマ材料から製造される、請求項1に記載の回路アセンブリ。

**【請求項 10】**

前記可撓性ポリマ材料がポリイミドとポリエステルとから選択される、請求項9に記載の回路アセンブリ。  
40

**【請求項 11】**

前記支持部材がロードビーム部分とヘッドジンバル部分とを含み、前記ロードビーム部分が、第1厚さを有するフランジ部分を含み、また前記ジンバル部分が第2厚さを有し、前記第1厚さが前記第2厚さよりも実質的に厚い、請求項1に記載の回路アセンブリ。

**【請求項 12】**

ディスクドライブサスペンションアセンブリであって、

細長いポリマベース部材と、

前記ベース部材の第1表面に直接形成される複数のトレースと、

前記ベース部材の第2表面に直接形成される基準電圧層であって、該基準電圧層が第1導電性材料から形成され、また前記複数のトレースが該基準電圧層の少なくとも一部分に重  
50

なる基準電圧層と、

該基準電圧層の少なくとも一部分に直接形成される支持部材であって、該支持部材が第2導電性材料から形成され、前記第1導電性材料が、前記第2導電性材料よりも実質的に高い導電率と前記第2導電性材料よりも実質的に低い引張強度とを提供し、該支持部材が、第1厚さを有するヘッドジンバル部分と前記第1厚さよりも実質的に厚い第2厚さを有するフランジ部分とを含む支持部材と、を具備するディスクドライブサスペンションアセンブリ。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

発明の分野

10

本明細書に開示された発明は、一般的に、ハードディスクドライブサスペンションに関する。より詳しくは、本発明は、一体のフレキシブル回路と一体の支持部材とを有するハードディスクドライブサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリに関する。

##### 【0002】

発明の背景

ハードディスクドライブ内のサスペンションアセンブリは、ヘッドジンバルアセンブリ(HGA)を含む。HGAは、ジンバルアセンブリ、ヘッドアセンブリおよびインタコネクトアセンブリを含む。ヘッドアセンブリは、一般に、ヘッドと呼ばれる空気軸受スライダに取り付けられた感受性の高い読み取り/書き込みトランステューサを含む。ヘッドアセンブリは、また、データ信号を受信かつ中継するためのインタコネクトアセンブリと相互接続するために構成された電気端子を含む。ヘッドアセンブリは、回転磁気ディスクの表面の情報の読み取りおよび書き込みを可能にする。インタコネクトアセンブリは、ヘッドアセンブリにまたはそれからデータを伝送するためのワイヤまたはトレースのような複数の伝送素子を含む。サスペンションアセンブリは、一般的に、回転ディスクの運動面から一定の距離にヘッドアセンブリを位置決めする。サスペンションアセンブリは、表面の不規則さを含むディスク表面のある高さに、ヘッドアセンブリが「飛ぶ」のを可能にする。

20

##### 【0003】

本明細書で支持部材とも呼ばれる従来の大部分のサスペンションアセンブリは、ロードビームとジンバル部分とを含む。ロードビームは、横方向剛性を提供するように設計された弾性のばね板である。ロードビームは、回転ディスクによって発生される空気流が付与するヘッド上のリフト力に対抗するヘッドアセンブリに、力を印加するように較正される。したがって、ヘッドアセンブリは、ロードビーム力とリフト力との平衡によって確立される高さで、ディスク表面の上方に飛ぶ。

30

##### 【0004】

ジンバル部分はロードビームの端部に隣接して配置され、またロードビームに取り付けられたヘッドアセンブリを有する。ジンバル部分は、回転ディスクの表面の欠陥および歪みの上方の飛びに応答してヘッドアセンブリのロールおよびピッチ撓みを許容する。これらの撓みを許容することによって、ロードビームが僅かな量の屈曲および捻れを呈する場合にも、ジンバル部分は、回転ディスクに対してヘッドアセンブリの適切な配向と距離を維持する際に補助する。

40

##### 【0005】

サスペンションアセンブリは、剛性アームの近位端に、あるいは線形または回転運動アクチュエータに直接取り付けることができる。アクチュエータは、ディスクの半径の任意の位置の上方でHGAを急速に動かしました急速に停止する。径方向のHGAの運動およびディスクの回転は、ヘッドがディスク上のすべての位置に迅速に到達するのを可能にする。しかし、急速なストップアンドゴー運動はHGAに非常に高い応力を及ぼす。

##### 【0006】

理想的なHGAは質量の小さなコンポーネントを具備する。過度の質量によって引き起こされる過度の慣性モーメントは、オーバーシュートエラーを引き起こすことがある。オーバーシュートエラーは、位置決め運動時に、モーメントによって意図する停止点を通過してH

50

G A 全体が運ばれるときに生じる。質量の小さな H G A は移動が容易であり、マルチブルプラッタディスクドライブのパワー節減が得られる。さらに、より軽い重さの H G A は、ディスク表面により近接してヘッドが飛ぶのを許容する。ヘッドアセンブリがディスク表面により近接して飛ぶことができると、より稠密な情報をディスクに記憶することができる。したがって、高性能ディスクドライブには軽量の H G A が望ましい。

#### 【 0 0 0 7 】

ディスクドライブ内の磁場の強度はヘッドの飛翔高さの 2 乗に比例して変化することが知られている。ディスクドライブの製造業者は、0.1  $\mu\text{m}$  である 100 nm 未満の飛びクリアランスを得ようと努力している。比較すると、人間の髪の太さは約 100  $\mu\text{m}$  である。しかし、約 10,000 rpm 以上で回転するスピンドルディスクによる衝撃は、ヘッドとディスクの表面を損傷するがあるので、ヘッドアセンブリはディスクに接触してはならない。

10

#### 【 0 0 0 8 】

増幅および制御回路はデータ信号を処理して、ヘッドアセンブリとの送受信を行う。信号伝送には、ヘッドアセンブリとディスクドライブの関連回路との間に延在する導体が必要である。従来のヘッドアセンブリは、プラスチックシート内にカプセル封止された通常銅製ワイヤである 2 本の導体を有するリードライト回路ループを使用する。一般に磁気抵抗ヘッドアセンブリと呼ばれる新しいタイプの磁気リードライトヘッドは、4 本以上の独立した導体を必要とする。

20

#### 【 0 0 0 9 】

ワイヤ数の増加、ディスクスタック高さの低減、およびサスペンションアセンブリの剛性と質量の低減に対する必要性が高まるにつれ、製造業者は異なるサスペンションの設計方法を考慮することを強いられた。1つの設計方法では、サスペンションアセンブリはステンレス鋼ベースの材料からエッチングされる信号トレースを有し、引き続き絶縁層は信号トレースの上方に形成される。ステンレス鋼ベースの材料はまた、ロードビーム部分とサスペンションのヘッドジンバル部分を形成するためにエッチングされる。このタイプの構造の主な制限は、一体製作工程による過度の降伏率およびステンレス鋼の低い伝導率である。他の設計方法では、従来のフレックス回路は、個別に製作されるサスペンションアセンブリに接着剤を用いて取り付けられる。このタイプの構造に伴う主たる不都合は、フレキシブル回路をサスペンションアセンブリに組み立てるために必要な精密さに関連する費用である。

30

#### 【 0 0 1 0 】

H G A の設計者および製造業者は、設計要件の競争と限界に直面している。動作時、サスペンションアセンブリには、ヘッドアセンブリの正確な位置決めを変える予想できない荷重およびバイアスがないようにすべきである。サスペンションアセンブリは、ディスクの表面形状の変化に瞬時に応答しなければならない。ヘッドの飛翔高さの変更は、データ密度と精度に相当な影響を及ぼし、またヘッドがディスク表面と衝突する場合、ディスク上に記憶されたデータを破壊することもある。

30

#### 【 0 0 1 1 】

ロードビームの剛性と堅さは、断面の厚さに関係して 3 乗増加する。空気流の変化に応答するため、また飛翔ヘッドを適切な向きに保持するために、サスペンションアセンブリは、特にロードビームの敏感な高いばね部分の周囲で非常に薄くかつ可撓性である。インタコネクトアセンブリ導体は、サスペンションアセンブリの性能に大きな影響を及ぼす。導体の剛性のみが、ばね領域の堅牢性と飛翔性能に影響を及ぼす。

40

#### 【 0 0 1 2 】

サスペンションの上部に取り付けられた標準ワイヤ導体は、ロードビームの剛性を 2 倍を超えたものにし、またディスク表面の変化、振動および運動に適応するロードビームの能力を制限することができる。ジンバル領域の導体、サスペンションアセンブリ内の最も薄くまた最も繊細なばねの効果は、さらにより明らかである。さらに、サスペンションアセンブリのロードビームおよびジンバル部分のばね領域の上方に配置された導体は、ばね領

50

域が屈曲する際に可塑的に変形してはならない。可塑的な変形は、ロードビームまたはジンバル部分のそれらの正規ポジションへの戻りを防止し、またサスペンションアセンブリにバイアス負荷を加える。

#### 【0013】

従来のワイヤインタコネクトアセンブリを使用するHGAでは、ヘッドアセンブリへの2～5本のワイヤが手でヘッドに接続される。ワイヤがヘッドアセンブリに接合される間にワイヤを管理するために、取付け具が使用される。ヘッドアセンブリとサスペンションアセンブリとの間にサービスループを形成し、またサスペンションアセンブリ上の所定のワイヤ経路に沿ってワイヤを位置決めするために、ワイヤはピンセットおよび補助工具を用いて手で形成される。ワイヤは、接着剤またはサスペンション内に形成されたワイヤ捕捉特徴部を用いてサスペンションに留められる。

#### 【0014】

サービスループを余りに強く引っ張るか、あるいは余りに緩くするのを避けるために、特別な注意が計られる。堅いサービスループは、望ましくないトルクをヘッドアセンブリに加えて、飛翔高さに関連したエラーを引き起こす。緩んだサービスループは、ワイヤが下に垂れて、隣接したスピンドィスクを擦ることを可能にする。両方の状態はディスクドライブ性能にとって致命的である。

#### 【0015】

ヘッドアセンブリ、インタコネクトアセンブリおよびサスペンションアセンブリを取り扱うプロセスの全体にわたって、ワイヤまたは纖細なロードビームおよびジンバルを損傷する危険がある。製作時に曲げられるロードビームまたはジンバルは、スクラップになる。ヘッドアセンブリはまた、しばしば修復することができず、さらなる金銭的損失をもたらす。

#### 【0016】

従来のワイヤインタコネクトアセンブリと同様に、フレキシブル回路インタコネクトアセンブリは、アンバランスまたは過度の力をサスペンションに付与する可能性がある。また、普通のフレキシブル回路ケース基板の多くは、吸湿性であり、水分と湿度に関係する曲げ特性をもたらす。フレキシブル回路はサスペンションから別個に形成され、引き続き取り付けられるので、精密な製造公差の維持は困難であり、また費用がかかる。

#### 【0017】

したがって、飛翔高さ制御の向上を提供し、ヘッドアセンブリへのまたはそれからの信号伝送の雑音を低減し、また費用効率的に製造できるディスクドライブヘッドサスペンション用の回路アセンブリが必要とされる。

#### 【0018】

##### 発明の概要

したがって、本発明の一実施態様では、回路アセンブリはベース部材と、ベース部材の第1表面に直接形成される複数のトレースとを含む。トレースは、ベース部材の第1端部と第2端部との間に延在する。基準電圧部材は、ベース部材の第2表面に直接形成される。複数のトレースは、基準電圧部材の少なくとも一部分に重なるように位置決めされる。支持部材は、基準電圧部材の少なくとも一部分に直接形成される。

#### 【0019】

支持部材は、基準電圧部材とトレースとによって示される引張強度よりも実質的に高い引張強度を示す材料から形成される。支持部材の好ましい材料は、ニッケルホウ素またはニッケルリンのようなニッケル合金、あるいはめっき可能な任意の適切な材料である。トレースの好ましい材料は、銅、金、パラジウム、スズ、またはめっき可能な任意の適切な材料である。好ましい実施態様では、トレースおよび基準電圧部材は同一の材料から形成される。

#### 【0020】

支持部材は、無電解めっき工程を用いて基準電圧部材上に直接形成されることが好ましい。無電解めっき工程は、自触媒無電解めっき工程であることが好ましい。無電解めっき工

10

20

30

40

50

程の使用は、均一な厚さの支持部材を提供することに貢献し、また好ましい材料から選択した支持部材の製造を可能にする。

【0021】

支持部材は、異なる厚さの領域と、隣接領域から完全に絶縁される領域とを有するように形成し得る。支持部材のロードビーム部分は、支持部材のジンバル部分よりも実質的に厚い厚さを有することが好ましい。支持部材のロードビーム部分は、その間に延在する主要部分を有する離間したフランジ部分を含み得る。支持部材のフランジ部分は、支持部材の主要部分よりも実質的に厚い厚さを有する。

【0022】

本発明による回路アセンブリおよびサスペンションアセンブリは、任意の2つのトレース 10 の間に約200 未満のインピーダンス値を有する。

【0023】

本発明の他の実施態様では、回路アセンブリを製作するための方法は、ベース部材の第1 端部と第2端部との間に延在する複数のトレースをベース部材の第1表面に直接形成するステップと、基準電圧層をベース部材の第2表面に直接形成するステップであって、複数のトレースが基準電圧層の少なくとも一部分に重なる、ステップと、支持部材を基準電圧層の少なくとも一部分に直接形成するステップとを含む。

【0024】

本発明のさらなる実施態様によれば、ディスクドライブサスペンションアセンブリは、ベース部材の第1表面に直接形成される複数のトレースを有する細長いポリマーベース部材と、ベース部材の第2表面に形成される基準電圧部材とを具備する。支持部材は、基準電圧部材の少なくとも一部分に直接形成される。複数のトレースは基準電圧部材の少なくとも一部分に重なる。基準電圧部材は、第1導電性材料から形成され、支持部材は第2導電性材料から形成される。第1導電性材料は、第2導電性材料よりも実質的に高い導電率と、第2導電性材料よりも実質的に低い引張強度とを提供する。支持部材は、第1厚さを有するヘッドジンバル部分と、第2厚さを有するロードビーム部分とを含む。第2厚さは第1厚さよりも実質的に厚い。

【0025】

本明細書で使用する場合、以下の用語は次の意味を有する。

1. 「無電解蒸着」という用語は、材料層が非導電性基板の上に蒸着される方法を指す。
2. 「無電解めっき」という用語は、外部から印加される電流または電圧にさらされことなく、導電性特徴部が基板上にめっきされる方法を指す。
3. 「自触媒無電解めっき」という用語は、次亜リン酸ナトリウムのような化学物質の形態の還元剤が電子を付与する化学還元の制御によって、金属被覆を蒸着する方法を指す。
4. 「ヘッドサスペンションアセンブリ (HGA)」という用語は、ジンバルアセンブリ、ヘッドアセンブリ、およびインタコネクトアセンブリを具備する構造体を指す。
5. 「サスペンションアセンブリ」という用語は、ロードビーム部分およびヘッドジンバル部分を具備する構造体を指す。
6. 「ロードビーム」という用語は、曲げによって誘発される荷重をサスペンションアセンブリの長手方向軸線に対して付与するサスペンションアセンブリの部分を指し、この部分は、長手方向軸線に対して無視し得る捻れ撓みを呈する。
7. 「ジンバル部分」という用語は、スライダのピッチおよびロール運動を許容するサスペンションアセンブリの部分を指す。
8. 「支持部材」という用語は、ロードビームを含む、また選択的にジンバル部分を含む構造部材を指す。
9. 「スライダ」とおよび「ヘッド」という用語は、本明細書において交換可能に使用され、また磁気フォーマット、光学フォーマットまたは他の種類のデータ記憶フォーマットで情報を読み取りおよび書き込むためのユニットを指す。
10. 「基準電圧層」という用語は、隣接した電気特徴部から均等な距離離間された導電性材料を指す。

10

20

30

40

50

## 【0026】

## 図面の詳細な説明

サスペンションアセンブリ10の実施態様が図1～図3に示されている。サスペンションアセンブリ10は、第1端部12aと第2端部12bとを有するロードビーム部分12を含む。ジンバル部分14はロードビーム部分12の第1端部12aに取り付けられる。ジンバル部分14は、その上に装着されたヘッドアセンブリ16を有する。

## 【0027】

複数のトレース18はロードビーム部分12に取り付けられる。トレース18はロードビーム部分12の第1端部12aと第2端部12bとの間に延在する。図2に示すように、トレース18の各々の第1端部18aは、ヘッドアセンブリ16の対応する端子(図示せず)に電気接続される。図1と図4Bに示すように、トレース18の各々の第2端部18bは、ロードビーム部分12の第2端部12bから延在する。トレース18の各々は、ハードディスクドライブの関連コンポーネントに電気接続されるための対応するリード22を含む。

## 【0028】

図1、図2、図4A、図4Bに示すように、トレース18の各々の部分は、写真画像成形可能な非導電性カバーコート材料のような保護層20で覆われる。写真画像成形可能な適切なカバーコート材料の例には、PSR4000シリーズでTaifyoによって、またNPR80シリーズでNippon Polytectによって提供されるエポキシアクリレート調合物、およびProbimideシリーズでArch Chemicalsによって、またPyralinシリーズでDuPontによって提供されるポリイミド調合物が含まれる。保護層20のスクリーン印刷可能な適切なカバーコート材料の例には、部品番号CCR232でAshai Chemicalsによって提供されるエポキシ調合物が含まれる。保護層20は、トレース18の基礎部分の腐食の可能性を低減する。回路製作技術において一般に実施されているように、保護層20によって覆われないトレース18の部分は、トレース上に形成される金またはパラジウムのような耐食性材料のカバーブレート層(図示せず)を典型的に有する。

## 【0029】

図4Aを参照すると、ロードビーム部分12はベース部材24を含む。トレース18はベース部材24の第1側面に直接装着される。トレース18ならびに他のタイプの導電性特徴部は、ベース部材24の上に形成された導電性特徴層から形成される。基準電圧部材26はベース部材24の第2側面に直接装着される。トレース18および基準電圧部材26は、ベース部材24の第1側面および第2側面のそれぞれに直接装着されることが好ましい。表面に直接装着されることは、ベース部材24とトレース18または基準電圧部材26との間に接着剤層のような取付層が使用されないことを意味する。支持部材28は、ベース部材24の第2側面と反対側の基準電圧部材26の表面に装着される。支持部材28は、主要部分28aから延在する離間したフランジ部材28bを有する主要部分28aを含む。フランジ部材は、主要部分28aの厚さ28a'よりも実質的に厚い厚さ28b'を有する。

## 【0030】

典型的に、ベース部材24は、約0.25ミル(6～7ミクロン)～約3.0ミル(75ミクロン)の厚さを有する可撓性ポリマ基板である。サスペンションアセンブリ10の特定の用途および設計によって、ベース部材24の必要な厚さが指定される。ベース部材24の適切な材料には、KAPTON Eの商標名でDuPontによって販売されているようなポリイミドフィルムが含まれる。例えばポリエステル製およびポリプロピレン製のフィルムのような商業的に入手可能な他のタイプの可撓性ポリマフィルムもベース部材24の材料として有用である。

## 【0031】

導電性トレース18および基準電圧部材26は、銅のような導電性材料から製造されることが好ましい。導電性トレース18および基準電圧部材26の好ましい材料は、約421

10

20

30

40

50

8 kg/cm<sup>2</sup> 未満の引張強度と、室温において約 1.7 μ / cm 未満の抵抗とを有する。導電性トレース 18 および基準電圧部材 26 は複数の層の導電性材料を含み得る。例えば、第 1 銅層は、スパッタリングのような蒸着法を用いてベース部材 24 の上に形成可能であり、また第 2 銅層は、電気めっきまたは無電解めっきのようなめっき工程を用いて第 1 銅層に形成し得る。用途に応じて、導電性トレース 18 および基準電圧部材 26 の全体の厚さは、典型的に約 50 マイクロインチ～約 1000 マイクロインチである。サスペンションアセンブリ 10 の特定の用途および設計によって、導電性トレース 18 および基準電圧部材 26 の必要な厚さが指定される。

## 【0032】

支持部材 28 は、トレース 18 および基準電圧部材 26 の材料よりも優れた機械的性質を有する材料から製造されることが好ましい。支持部材 28 の機械的性質は、サスペンションアセンブリ 10 のロードビーム部分 12 の得られる剛性全体を支配する。所定の用途に必要とされる剛性およびばね特性に応じて、支持部材 28 の主要部分 28a の典型的な厚さは約 0.1 ミル～約 1.5 ミルである。支持部材 28 は、その主要部分よりも実質的に厚い 1 つ以上のフランジ部分を含み得る。

## 【0033】

支持部材 28 の好ましい材料は、ニッケル・リン合金およびニッケル・ホウ素合金のようなニッケルベースの合金を含む。好ましいニッケルベースの合金は、約 6327 kg/cm<sup>2</sup> よりも高い引張強度を有する。

## 【0034】

従来の大部分のサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリでは、ステンレス鋼は支持部材の好ましい材料である。しかし、ステンレス鋼は、容易かつ確実にめっきすることができない。したがって、本発明による支持部材 28 は、ニッケルベースの合金のようなめっき可能な材料から製造される。めっき可能であることに加えて、ニッケルベースの合金は、ステンレス鋼に極めて近い材料特性を有する。

## 【0035】

本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリでは、トレース 18 に対する基準電圧部材 26 の形状および構造はインピーダンスレベルの高度の制御を提供する。基準電圧部材 26 が製造される材料は、支持部材 12 および従来のロードビームが製造される材料よりもかなり高い導電率を有する。さらに、トレース 18 および基準電圧部材 26 はベース部材 24 の第 1 表面および第 2 表面のそれぞれに直接形成されるので、以前のタイプの構造と比較した場合、基準電圧部材 26 とトレース 18 との間の距離はより均一である。これらの構造的特徴はインピーダンス性能の強化に貢献する。

## 【0036】

図 4B に示したように、ロードビーム 12 の第 2 端部 12b から延在するトレース 18 の第 2 端部 18b はベース部材 24 の第 1 側面に支承される。基準電圧部材 26 はベース部材 24 の第 2 側面に支承される。保護層 20 はトレース 18 の上方に形成される。ロードビーム 12 の第 2 端部 12b から延在するトレース 18 は最小の程度の剛性を示すことが望ましい。したがって、支持部材 28 はロードビーム 12 の第 2 端部 12b を通過して延在しない。

## 【0037】

次に図 5 と図 6 を参照すると、本発明による回路アセンブリ 110 の実施態様が示されている。回路アセンブリ 110 は、本発明の方法に従って製造される。使用時、回路アセンブリ 110 は、ヘッドアセンブリ 116 とハードディスクドライブ（図示せず）の関連電気構成要素との間の電気的な相互接続を行うための従来のロードビーム（図示せず）上に装着される。さらに、回路アセンブリ 110 は、ジンバルリング機能を提供するためのジンバル部分 114 を含む。回路アセンブリ 110 は、適切な程度の剛性を提供するための支持部材 128 を選択的に含み得る。従来のロードビームに接続して回路アセンブリ 110 を用いる利点は、従来のロードビームのジンバル部分の厚さよりも、ジンバル部分 114 の厚さをかなり小さくできることである。したがって、ヘッドアセンブリ 116 の運動制

10

20

30

40

50

御が改善される。

【0038】

回路アセンブリ110はベース部材124を含む。複数のトレース118はベース部材124の第1側面に直接形成され、また基準電圧部材126はベース部材124の第2側面に直接形成される。保護層120はトレース118の上方に形成される。支持部材128は基準電圧部材126の上に直接形成される。

【0039】

本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造する工程が、図7A～図7Nと図7Pに示されている。図7Aでは、ベース基板200の第1側面200aおよび第2側面200bは、無電解のスパッタリングまたは化学蒸着のような公知の蒸着工程を用いて金属化され、第1導電層202は一般にシード層と呼ばれる。ベース基板200はポリイミドのような可撓性ポリマフィルムであることが好ましい。好ましい実施態様では、第1導電層202の厚さは約200オングストローム～約2000オングストロームであり、また銅のような導電性の高い材料から製造される。

【0040】

図7Bでは、第1導電層202は連続的な導電層を提供し、第2導電層204の蒸着を促進する。一般にフラッシュめっき層と呼ばれる第2導電層204も銅のような導電性の高い材料から製造される。図7Bでは、ベース基板200の第1側面200aの第1および第2導電層202、204は、導電性特徴ベース層207を共同に画定する。ベース基板200の第2側面200bの第1および第2導電層202、204は、基準電圧層209を共同に画定する。

【0041】

第2導電層204は、無電解めっきまたは電気めっき技術のような工程を含む公知のめっき工程を用いて蒸着される。好ましい方法は電気めっきであり、また第2導電層204の典型的なめっきの厚さは約50マイクロインチ～約1000マイクロインチである。

【0042】

第2導電層が銅である場合、銅は硫酸銅および硫酸めっき溶液から電気めっきされる。めっき電流密度は1平方フィート当たり約10～約60アンペアに維持される。

【0043】

導電性特徴ベース層207および基準電圧層209の形成に続き、エッティング工程をそれらの層の上に実行して、フォトトレジスト用途のための表面を調製する。銅の典型的なエッティング溶液には、アンモニウム、過硫酸ナトリウムおよび硫酸過酸化水素が含まれるが、それらに限定されない。

【0044】

次に、図7Cでは、フォトトレジスト層206が導電性特徴ベース層207および基準電圧層209に適用される。好ましい実施態様では、フォトトレジスト層206は、熱および圧力を用いて適用される水溶性の加工可能な乾燥フィルムのポジ作用フォトトレジストである。フォトトレジスト層206の厚さは、典型的に約15マイクロメータ～約50マイクロメータである。フォトトレジスト層206の適切なフォトトレジストには、例えばSF、CF、およびMPのシリーズ名称でMacDermid Incorporatedによって提供されるフォトトレジストが含まれる。特定の例には、MacDermid SF310およびMP413のフォトトレジストが含まれる。

【0045】

図7Dでは、フォトトレジスト層206の積層後、適切なフォトマスク208はフォトトレジスト層206に係合され、次に、フォトトレジスト層206は、所望の画像をフォトトレジスト層206に露出するための適切な光源からのエネルギーに露出される。上に示したフォトトレジスト材料のような写真画像成形可能なフォトトレジストに画像を露出するために、紫外線光源が一般に使用される。フォトマスク208は、フォトトレジスト層206の特定領域へのエネルギーの透過を防止するためのパターン化されたクロムまたはエマルジョン被覆部分を含み、これによって、エネルギーは、非遮断領域のフォトトレジスト層206を通過し、ま

10

20

30

40

50

たそれと反応することができる。様々な構造のフォトマスクは商業的に入手可能である。

#### 【0046】

フォトレジスト層206の露出に続き、エネルギーに露出されないフォトレジスト層206の領域を適切な現像液で現像することができる。水様性のポジ作用フォトレジスト層206が使用される好ましい実施態様では、図7Eにおいて、光源からのエネルギーに露出されていなかつた領域は、現像ステップ中に現像され(除去され)、フォトレジスト層206の所望の回路パターンが得られる。水様性の加工可能なフォトレジストの場合、現像ステップは、所望のパターンがフォトレジスト層206の層に得られるまで、0.5%~1.5%のナトリウムまたは炭酸カリウム溶液のような希釀水溶液をフォトレジストに適用することを含む。現像ステップは、商業的に入手可能な機器および溶液を用いて典型的に実行される。

#### 【0047】

図7Eでは、現像ステップに続き、フォトレジスト層206を通して露出される導電性特徴ベース層207の領域がめっき態勢にある。基準電圧層209の上のめっきを防止するために、保護層210は、基準電圧層209の現像されたフォトレジスト層206の上方に適用される。適切な保護層210の1つの例は、商業的に入手可能な剥離自在な接着剤の層によって位置保持されるポリマーシートである。ポリマーシートおよび接着剤は、めっきの化学的性質に対して抵抗性のある材料から選択される。図7Fでは、保護層210の適用後、導電性特徴ベース層207の露出部分をめっきして、トレース、接合パッド、捕捉パッド、試験パッド等のような複数の導電性特徴部211を製造する。適切なめっき方法は、第2導電層204をめっきするために使用されるのと同一の方法を含む。好ましいめっき方法は電気めっきであり、好ましい材料は銅である。導電性特徴部211の厚さは、典型的に約0.2ミル~約2.0ミルである。

#### 【0048】

図7Gでは、導電性特徴部211のめっきに続き、保護層210が除去され、またポジ作用のフォトレジスト層のような保護層213が導電性特徴部211の上方に適用される。

#### 【0049】

次に、基準電圧層209にエッティング工程を施して酸化を除去する。銅の典型的なエッティング溶液には、アンモニウム、過硫酸ナトリウムおよび硫酸過酸化水素が含まれるが、それらに限定されない。

#### 【0050】

図7Hでは、エッティング工程に続き、支持部材層220が基準電圧層209の上に形成される。支持部材層220は、適切なめっき工程を用いて基準電圧層209の上に形成される。好ましいめっき工程は、無電解の、好ましくは自触媒のめっき工程である。無電解自触媒めっきに関する特定の情報は、ASTM B374に提供されている。好ましいめっき材料は、約5%~約15%のリン成分を有するニッケル-リン合金、および約0.3%~約10%のホウ素成分を有するニッケル-ホウ素合金のようなニッケルベースの合金を含む。

#### 【0051】

典型的な無電解自触媒めっき工程は、約76.7~93.3の温度に維持され、また約4.2~約6.2のpHレベルを有するニッケル-リン合金の溶液を含むめっき浴に、基準電圧層209を露出することを含む。ニッケル濃度は0.05~1オンス/ガロンに維持される。リンは還元剤に含まれ、5.0~7.0重量%の割合でめっき金属に蒸着される。

#### 【0052】

図7Iでは、支持部材層220のめっきに続き、フォトレジスト層206と213が、前述のフォトレジストストリッピング法を用いて除去される。次に、対応するフォトレジスト層の下に隠された導電性特徴ベース層207および基準電圧層209の部分が、上述のエッティング工程のような適切なエッティング工程を用いて除去される。導電性特徴ベース層207および基準電圧層209の事前に隠された部分をエッティングすることによって、導

10

20

30

40

50

電性特徴部は互いに電気絶縁される。

【0053】

優れた性能特性を達成するために、サスペンションアセンブリまたは回路アセンブリは、追加の捻れ剛性、またはベース基板200を通して延在するアパーチャを必要とすることがある。図7J～図7Nと図7Pは、支持部材層220の選択された部分に追加の厚さを加えるための、およびベース基板200を通してアパーチャを形成するための適切な工程ステップを示している。

【0054】

図7Jに示したように、フォトレジスト層222は導電性特徴部211および支持部材層220の上方に形成される。好ましい実施態様では、フォトレジスト層222は、図7Cについて上述したフォトレジスト層206と同一の材料から製造される。次に、図7Kに示したように、フォトレジスト層222は、図7Dと図7Eについて上述したのと同一の露出および現像方法を用いて露出かつ現像される。導電性特徴部211に隣接したフォトレジスト層222は、層全体が現像ステップ後に残るようにあふれ露出される。支持部材層220に隣接したフォトレジスト層222は、支持部材220に整列されるエネルギー遮断部分224aを含むフォトマスク224を通して露出される。図7Lでは、対応するフォトレジスト層222の露出および現像後にフォトレジスト層222の残りの露出部分が支持部材層220の一部のみを覆うように、エネルギー遮断部分224aは構成される。

【0055】

次に、図7Mに示したように、支持部材層220に追加のめっき工程が施される。追加のめっき工程は、支持部材層220の事前にめっきされた部分に形成される隆起部分220aを形成する。図7Mのめっき工程は、図7Hについて上述したのと同一のめっき工程であることが好ましい。図7Nでは、めっき工程に続き、フォトレジスト層222が除去される。

【0056】

次に、図7Nでは、ベース基板200を通したアパーチャ226が、多様な異なる方法を用いてベース基板内に形成される。適切な形成方法は、機械的打抜き、レーザ融蝕、レーザドリル加工、および化学的蝕刻を含む。好ましい実施態様では、ベース基板200はポリイミドフィルムであり、またアパーチャ226は、適切な化学的蝕刻加工を用いて形成される。化学的蝕刻加工は、約50～約120の温度で水酸化カリウム(KOH)のような濃縮されたベース溶液に、ポリイミドベース基板200を露出することを含む。そのようにして、ベース溶液に露出されたベース基板200の部分がエッチングされ、アパーチャ226を形成する。

【0057】

最後に、図7Pに示したように、カバーブレート層228を導電性特徴部211の上に形成して、耐食性および接合強度のような性能特性の強化を提供する。カバーブレート層228の適切な材料には、金、パラジウム、スズおよびニッケルが含まれる。カバーブレート層228を蒸着するための複数の方法が関連技術で知られている。

【0058】

本発明によるハードディスクドライブサスペンションアセンブリは、3つの方法でサスペンション剛性の制御を改善する。第1に、めっきサスペンションの厚さは現在のサスペンションよりもはるかに小さい。ステンレス鋼の支持部材を有する従来のサスペンションは、現在の転造および型押し技術を用いて約1ミル～約0.5ミルの最小の厚さ限界に達し始める。第2に、本発明による支持部材の厚さを調整して、例えめっき浴内のアセンブリのドエル時間を制御することによって、いくつかの特定の設計要件を達成できる。第3に、特定のめっき工程を通して支持部材の局所的な剛性を調整できる。

【0059】

ヘッド飛翔特性の改善は、精密な局所的な剛性および捻れ特性を獲得する際に、設計自由度をより大きくすることによって達成される。従来のロードビームは、ステンレス鋼材料の連続部片から形成される。このタイプの構造では、絶縁アイランドまたは多数の材料厚

10

20

30

40

50

さが許容されない。本発明によるめっきサスペンションのベース部材では、支持部材がアイランドを含むことが可能である。この追加の設計特性によって、サスペンションアセンブリの全体的および局所的な剛性および捻れ特性の調整が可能となる。サスペンションアセンブリの捻れおよび剛性特性を精密に制御する能力は、きわめて重要である。このような制御によって、ヘッドが、より早くかつ制御性を高めてディスクの表面プロファイルの変化に応答することが可能である。この制御を改良することによって、ヘッドがディスクに接触する可能性を増すことなく、ディスクにより近接してヘッドアセンブリを配置することができる。ディスクにより近接してヘッドアセンブリを飛ばすことによって、ディスク上に記憶される情報量を増加することができる。

#### 【 0 0 6 0 】

従来の多くのサスペンションアセンブリは、エポキシのような接着剤を用いてロードビームに取り付けられる個別製作のフレキシブル回路を含む。現在、このタイプの製造方法は手で行われている。したがって、この方法は労働集約的であり、大きな加工変化に対して敏感である。本発明によるサスペンションアセンブリは製造時間および加工変化をかなり低減する。

#### 【 0 0 6 1 】

また、本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリは、製造性の改善をもたらす。基準電圧層および導電性特徴層は加工中のウェブの安定性を向上し、ウェブの加工をより容易にする。さらに、支持部材の厚さは従来のサスペンションアセンブリと比べて低減できるので、加工のためにポリマーベース基板の厚さを最適化できる。本発明によるサスペンションアセンブリは、熱膨張係数（CTE）のミスマッチに対抗する構造を有し、応力によって誘発されるカーリングを低減する。

#### 【 0 0 6 2 】

ハードドライブのデータ伝送速度が増大するにつれ、サスペンションアセンブリおよび関連回路アセンブリは、インピーダンス特性の高度の制御を提供する必要がある。現在のサスペンションアセンブリは、トレースと基準電圧部材との間の距離の大きな可変性の故に、限定されたインピーダンス制御のみを提供する。従来のステンレス鋼ロードビームを基準電圧層として使用するサスペンションアセンブリでは、インピーダンス特性は、ステンレス鋼の低い導電率によっても悪影響を受ける。個別製作のフレキシブル回路をサスペンションアセンブリに使用して、ヘッドアセンブリを関連電子コンポーネントに電気接続すると、フレキシブル回路と基準電圧部材との間の間隔の変化は、インピーダンス特性に悪影響を及ぼす。

#### 【 0 0 6 3 】

基準電圧層とトレースとを本発明のベース基板上に直接形成することによって、トレースと基準電圧層との間の間隔は精密に制御される。同様に、本発明による好ましい実施態様では、基準電圧層は、導電性の高い材料から製造され、また支持部材は、重要な機械的性質を提供する材料から製造される。これらの設計特性は、本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリのインピーダンス性能を著しく改善する。

#### 【 0 0 6 4 】

したがって、添付された特許請求の範囲は、広範にかつ本明細書に開示された実施態様と説明の範囲に合致した方法で解釈されることが適切である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】ディスクドライブサスペンションアセンブリの実施態様を示した斜視図である。

【図2】図1のディスクドライブサスペンションアセンブリのヘッドジンバル部分を示した斜視図である。

【図3】図2のヘッドジンバル部分の異なる斜視図である。

【図4A】図1のライン4A-4Aに沿った断面図である。

【図4B】図1のライン4B-4Bに沿った断面図である。

【図5】従来のディスクドライブロードビームと共に使用するためのディスクドライブ回路アセンブリを示した斜視図である。

10

20

30

40

50

【図6】図5のライン6-6に沿った断面図である。

【図7A】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。

【図7B】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。

【図7C】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。

【図7D】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。

【図7E】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。 10

【図7F】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。

【図7G】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。

【図7H】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。

【図7I】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。

【図7J】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。 20

【図7K】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。

【図7L】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。

【図7M】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。

【図7N】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。

【図7P】本発明によるサスペンションアセンブリおよび回路アセンブリを製造するためのステップ毎の工程の実施態様を示した連続図面である。 30

## 【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
15 November 2001 (15.11.2001)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 01/86641 A1

(51) International Patent Classification: G11B 5/48

(81) Designated States (national): AB, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BH, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GL, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NJ, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SL, SR, SL, SI, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(21) International Application Number: PCT/US00/27495

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CL, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IL, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BJ, BJ, CG, CI, CM, GA, GN, GV, MR, NE, SN, TD, TG).

(22) International Filing Date: 5 October 2000 (05.10.2000)

(23) International Application Date: 9 May 2000 (09.05.2000) US

(24) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(28) Priority Data: 09/567,783 9 May 2000 (09.05.2000) US

(29) Publication Date: 15 November 2001 (15.11.2001)

(30) Applicant: 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY (US/US), 3M Center, Post Office Box 33427, Saint Paul, MN 55134-3427 (US).

(31) Inventors: BREITTER, Nathan P., 6801 River Place

Boulevard, Austin, TX 78726 9000 (US), DUNN, Christopher G., 6801 River Place Boulevard, Austin, TX 78726 9000 (US).

(32) Assignee: 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY (US/US), 3M Center, Post Office Box 33427, Saint Paul, MN 55134-3427 (US).

(33) Agent: FONSECA, Darla P. et al., Office of Intellectual

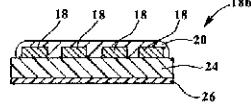
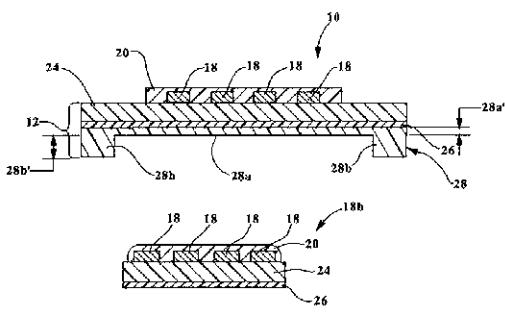
(34) Title: HARD DISK DRIVE SUSPENSION WITH INTEGRAL FLEXIBLE CIRCUIT

(35) Publication Date: 15 November 2001 (15.11.2001)

(36) Publication Number: WO 01/86641 A1



WO 01/86641 A1



(57) **Abstract:** A disk drive suspension assembly including an elongated polymeric base member having a plurality of traces formed directly on a first surface thereof and a reference voltage layer formed on a second surface thereof. A support member is formed directly on at least a portion of the reference voltage layer. The plurality of traces overlay at least a portion of the reference voltage layer. The reference voltage layer is formed from a first electrically conductive material and the support member is formed from a second electrically conductive material. The first electrically conductive material providing substantially greater electrical conductivity and substantially less tensile strength than the second electrically conductive material. The support member includes a lead gimbal portion having a first thickness and a lead beam portion having a second thickness. The second thickness is substantially greater than the first thickness.

WO 01/86641

PCT/US00/27495

HARD DISK DRIVE SUSPENSION WITH INTEGRAL FLEXIBLE CIRCUITField of the Invention

The invention disclosed herein relates generally to hard disk drive suspensions. More specifically, the invention relates to hard disk drive suspension assemblies and circuit assemblies with an integral flexible circuit and integral support member.

Background of the Invention

Suspension assemblies in hard disk drives include a head gimbal assembly (HGA). The HGA includes a gimbal assembly, a head assembly, and an interconnect assembly. The head assembly includes a highly sensitive read/write transducer, commonly referred to as a head, attached to an air bearing slider. The head assembly also includes electrical terminals configured for interconnection to the interconnect assembly for receiving and relaying data signals. The head assembly facilitates reading and writing of information on a surface of a rotating magnetic disk. The interconnect assembly includes a plurality of transmission elements, such as wires or traces, for transmitting data to and from the head assembly. The suspension assembly positions the head assembly at a generally constant distance away from the moving surface of the rotating disk. The suspension assembly permits the head assembly to "fly" at a height above the surface of the disk, including surface irregularities.

Most conventional suspension assemblies, also referred to herein as a support member, include a load beam and a gimbal portion. The load beam is a resilient spring plate designed to provide lateral stiffness. The load beam is calibrated to apply a force on the head assembly that counteracts a lift force on the head that is provided by the air stream generated by the rotating disk. Accordingly, the head assembly flies above the surface of the disk at a height established by the equilibrium of the load beam force and the lift force.

The gimbal portion is positioned adjacent to an end of the load beam and has the head assembly attached thereto. The gimbal portion permits roll and pitch deflections of the head assembly in response to flying over surface imperfections and warping of the rotating disk. By permitting these deflections, the gimbal portion aids in maintaining the proper orientation and distance of the head assembly relative to the

WD 0186641

PCT/US00/27495

rotating disk, even when the load beam exhibits a slight amount of flexing and twisting.

The suspension assembly can be attached at its proximal end to a rigid arm or directly to a linear or rotary motion actuator. The actuator rapidly moves and then

- 5 abruptly stops the HGA over any position on a radius of the disk. The radial HGA movement and the rotation of the disk allow the head to quickly reach every location above the disk. However, the rapid stop and go movement causes very high stresses on the HGA.

An ideal HGA comprises components low in mass. Excessive inertial  
10 momentum caused by excessive mass can cause overshoot errors. Overshoot errors occur when momentum carries the whole HGA past the intended stopping point during positioning movement. Low-in-mass HGA's are easier to move, resulting in power savings in multiple platter disk drives. Furthermore, lighter weight HGA's permit the head to be flown closer to the surface of the disk. The closer the head  
15 assembly can fly to the surface of the disk, the more densely information can be stored on the disk. Accordingly, a lightweight HGA is desirable in high performance disk drives.

It is known that the strength of a magnetic field in a disk drive varies proportionally to the square of the fly height of the head. Manufacturers of disk  
20 drives strive to reach flying clearances less than 100 nanometers, which is 0.1 micrometers. For comparison, a human hair is about 100 micrometers thick. However, the head assembly must not touch the disk, since the impact with the spinning disk, which rotates at about 10,000 rpm or faster, can damage the head and the surface of the disk.

25 Amplifying and control circuits process, send and receive the data signals to and from the head assembly. Signal transmission requires conductors to extend between the head assembly and the related circuitry of the disk drive. Traditional head assemblies use a read-write circuit loop with two conductors, usually copper wires encapsulated in plastic sheeting. Newer types of magnetic read-write heads,  
30 commonly referred to as magneto-resistance head assemblies, require four or more independent conductors.

The increasing need for more wires, lower disk stack height and less stiffness and mass of the suspension assembly has forced the manufacturers to consider

WO 01/86641

PCT/US00/27495

different suspension design approaches. In one design approach, a suspension assembly has signal traces that are etched from a stainless steel based material and an insulating layer is subsequently formed over the signal traces. The stainless steel base material is also etched to form the load beam portion and head gimbal portion of the suspension. A key limitation of this type of construction is excessive yield rates due to the integrated fabrication process and poor conductivity of stainless steel. In another design approach, a conventional flex circuit is attached to a separately fabricated suspension assembly using an adhesive. A key drawback with this type of construction is the cost associated with the precision required for assembling the flexible circuit to the suspension assembly.

Designers and manufacturers of EGA's face competing and limiting design considerations. During operation, the suspension assembly should be free of unpredictable loads and biases which alter the exact positioning of the head assembly. The suspension assembly should respond instantaneously to variations in the surface topology of a disk. Alterations to the flying height of the head can significantly affect data density and accuracy and even destroy data stored on the disk if the head collides with the surface of the disk.

The rigidity and stiffness of a load beam increase in relation to the cross-sectional thickness by the third power. To respond to air stream changes and to hold the flying head at the appropriate orientation, suspension assemblies are very thin and flexible, especially around a sensitive spring portion of the load beam. Interconnect assembly conductors have a large effect on the performance of the suspension assembly. Conductor stiffness alone greatly affects the rigidity of the spring regions and flight performance.

A standard wire conductor attached atop the suspension can more than double the stiffness of a load beam and significantly limit the ability of the load beam to adjust to variations in the surface of the disk, vibrations, and movement. The effect of the conductors on a gimbal region, the thinnest and most delicate spring in the suspension assembly, is even more pronounced. Furthermore, conductors placed over spring regions of the load beam and gimbal portion of the suspension assembly must not plastically deform when the spring regions flex. Plastic deformation prevents the return of the load beam or gimbal portion to its normal position and applies a biased load on the suspension assembly.

WO 01/86641

PCT/US00/27495

In HGA's that use conventional wire interconnect assemblies, two to five lengths of wire to the head assembly are manually connected to the head. Fixtures are used to manage the wires while they are being bonded to the head assembly. The lengths of wire are manually shaped using tweezers and tooling assistance to form a service loop between the head assembly and the suspension assembly and to position the wire along a predetermined wire path on the suspension assembly. The wires are tucked to the suspension using an adhesive or wire capture features formed into the suspension.

Special care is taken to avoid pulling the service loop too tight or leaving it too loose. A tight service loop places an unwanted torque on the head assembly causing errors associated with the fly height. A loose service loop allows the wire to sag down and scrape the adjacent spinning disk. Both conditions are catastrophic to disk drive performance.

Throughout the process of handling the head assembly, interconnect assembly and the suspension assembly, there is a risk of damaging the wires or the delicate load beam and gimbal. Load beams or gimbals accidentally bent during the manufacturing operations are scrapped. Often the head assembly also cannot be recovered, adding additional financial losses.

Similar to conventional wire interconnect assemblies, flexible circuit interconnect assemblies may inadvertently impart unbalanced or excessive forces on the suspension. Many common flexible circuit case substrates are also hydroscopic, resulting in flexural characteristics that are dependent on moisture content and humidity. Because the flexible circuits are formed separately from the suspension and subsequently attached, precision manufacturing tolerances are difficult and costly to maintain.

Therefore, what is needed is a circuit assembly for a disk drive head suspension that provides improved fly height control, that reduces noise in signal transmission to and from the head assembly, and that can be cost effectively manufactured.

30 Summary of the Invention

Accordingly, in one embodiment of the present invention, a circuit assembly includes a base member and a plurality of traces formed directly on a first surface of

WO 01/86641

PCT/US00/27495

the base member. The traces extend between a first end and a second end of the base member. A reference voltage member is formed directly on a second surface of the base member. The plurality of traces is positioned to overlay at least a portion of the reference voltage member. A support member is formed directly on at least a portion 5 of the reference voltage member.

The support member is formed from a material exhibiting a tensile strength substantially greater than the tensile strength exhibited by the reference voltage member and the traces. A preferred material for the support member is a nickel alloy such as nickel boron or nickel-phosphorus or any suitable plateable material. A 10 preferred material for the traces is copper, gold, palladium, tin, or any suitable plateable. In a preferred embodiment, the traces and the reference voltage member are formed of the same material.

The support member is preferably formed directly on the reference voltage member using an electroless plating process. The electroless plating process is 15 preferably an autocatalytic electroless plating process. The use of an electroless plating process contributes to providing a support member with uniform thickness and allows the support member to be made from a preferred selection of materials.

The support member may be formed to have regions of different thickness as well as regions that are completely isolated from adjacent regions thereof. A load 20 beam portion of the support member preferably has a thickness substantially greater than a gimbal portion thereof. The load beam portion of the support member may include spaced-apart flange portions having a main portion extending therebetween. The flange portion of the support member has a thickness substantially greater than the main portion of the support member.

25 Circuit assemblies and suspension assemblies according to the present invention exhibit an impedance value of less than about 200 ohms between any two traces.

In another embodiment of the present invention, a process for making a circuit assembly includes the steps of forming a plurality of traces directly on a first surface 30 of a base member, wherein the traces extend between a first end and a second end of the base member, forming a reference voltage layer directly on a second surface of the base member, wherein the plurality of traces overlay at least a portion of the reference

WO 01/86641

PCT/US00/27495

voltage layer, and forming a support member directly on at least a portion of the reference voltage layer.

- In a further embodiment of the present invention, a disk drive suspension assembly includes an elongated polymeric base member having a plurality of traces formed directly on a first surface thereof and a reference voltage member formed on a second surface thereof. A support member is formed directly on at least a portion of the reference voltage member. The plurality of traces overlay at least a portion of the reference voltage member. The reference voltage member is formed from a first electrically conductive material and the support member is formed from a second electrically conductive material. The first electrically conductive material provides substantially greater electrical conductivity and substantially lower tensile strength than the second electrically conductive material. The support member includes a head gimbal portion having a first thickness and a load beam portion having a second thickness. The second thickness is substantially greater than the first thickness.
- 15 The following terms have the following meanings when used herein:
1. The term "electroless deposition" refers to processes in which a layer of material is deposited onto a non-conductive substrate.
  2. The term "electroless plating" refers to processes in which conductive features on a substrate are plated without being subjected to an externally applied current or voltage.
  3. The term "autocatalytic electroless plating" refers to a process of depositing a metallic coating by a controlled chemical reduction where a reducing agent in the form of a chemical, such as sodium hypophosphite, provides the electrons.
- 25 4. The term "head suspension assembly (HGA)" refers to a structure including a gimbal assembly, a head assembly, and an interconnect assembly.
5. The term "suspension assembly" refers to a structure including a load beam portion and a head gimbal portion.
6. The term "load beam" refers to a portion of the suspension assembly that provides a flexural-induced loading relative to a longitudinal axis thereof and that exhibits negligible torsional deflection relative to the longitudinal axis.
- 30 7. The term "gimbal portion" refers to a portion of the suspension assembly that permits pitch and roll movement of the slider.

WO 01/86641

PCT/US00/27495

8. The term "support member" refers to a structural member including the load beam and optionally including a gimbal portion.
9. The terms "slider" and "head" are used interchangeably herein and refer to a unit for reading and writing information in a magnetic format, optical format or other type of data storage format.
- 5 10. The term "reference voltage layer" refers to a layer of electrically conductive material that is spaced away from an adjacent electrical feature by a uniform distance.

Brief Description of the Drawings

- 10 Figure 1 is a perspective view illustrating an embodiment of a disk drive suspension assembly.
- Figure 2 is a perspective view illustrating a head gimbal portion of the disk drive suspension assembly of Figure 1.
- 15 Figure 3 is a different perspective view of the head gimbal portion of Figure 2.
- Figure 4A is a cross-sectional view taken along the line 4A-4A in Figure 1.
- Figure 4B is a cross-sectional view taken along the line 4B-4B in Figure 1.
- Figure 5 is a perspective view illustrating a disk drive circuit assembly for use with a conventional disk drive load beam.
- Figure 6 is a cross-sectional view taken along the line 6-6 in Figure 5.
- 20 Figures 7A-7N and 7P are serial views illustrating an embodiment of a step-by-step process for fabricating a suspension assembly and a circuit assembly according to the present invention.

Detailed Description of the Drawings

- An embodiment of a suspension assembly 10 is illustrated in Figures 1-3. The 25 suspension assembly 10 includes a load beam portion 12 having a first end 12a and a second end 12b. A gimbal portion 14 is attached to the first end 12a of the load beam portion 12. The gimbal portion 14 has a head assembly 16 mounted thereon.
- A plurality of traces 18 is attached to the load beam portion 12. The traces 18 extend between the first end 12a and the second end 12b of the load beam portion 12.
- 30 A first end 18a, Figure 2, of each one of the traces 18 is electrically connected to corresponding terminals (not shown) of the head assembly 16. A second end 18b, Figures 1 and 4B, of each one of the traces 18 extends from the second end 12b of the

WO 01/86641

PCT/US00/27495

load beam portion 12. Each one of the traces 18 includes a corresponding lead 22 for being electrically connected to a related component of a hard disk drive.

A portion of each one of the traces 18 is covered with a protective layer 20, Figures 1, 2, 4A and 4B, such as a non-conductive photoimageable covercoat material. Examples of suitable photoimageable covercoat materials include epoxy acrylate formulations offered by Taiyo under the PSR4000 series and by Nippon Polytech under the NPR30 series, and polyimide formulations offered by Arch Chemicals under the Proimid series and by DuPont under the Pyralin Series. An example of a suitable screen printable covercoat material for the protective layer 20 includes an epoxy formulation offered by Asahi Chemicals under the part number CCR232. The protective layer 20 reduces the potential for corrosion of the underlying portions of the traces 18. As is commonly practiced in art of circuit-making, the portions of the traces 18 that are not covered by the protective layer 20 typically have a coverplate layer (not shown) of corrosion-resistant material such as gold or palladium formed thereon.

Referring to Figure 4A, the load beam portion 12 includes a base member 24. The traces 18 are mounted directly on a first side of the base member 24. The traces 18 as well as other types of conductive features are formed from a conductive feature layer formed on the base member 24. A reference voltage member 26 is mounted directly on a second side of the base member 24. The traces 18 and the reference voltage member 26 are preferably mounted directly on the respective first and second sides of the base member 24. By being mounted directly on a surface, it is meant that an attachment layer such as a layer of adhesive is not used between the base member 24 and the traces 18 or the reference voltage member 26. A support member 28 is mounted on a surface of the reference voltage member 26 opposite the second side of the base member 24. The support member 28 includes a main portion 28a having spaced apart flange members 28b extending therefrom. The flange members have a thickness 28b' that is substantially greater than a thickness 28a' of the main portion 28a.

The base member 24 is typically a flexible polymeric substrate having a thickness of from about 0.25 mils (6.7 microns) to about 3.0 mils (75 microns). The specific application and design of the suspension assembly 10 will dictate the required thickness of the base member 24. Suitable materials for the base member 24 include a

WD 01/86641

PCT/US00/27495

polyimide film such as that sold by DuPont under the tradename KAPTON E. Other types of commercially available flexible polymeric films, such as, for example, films made of polyester and polypropylene, may also be useful as materials for the base member 24.

- 5 The conductive traces 18 and the reference voltage member 26 are preferably made of a conductive material such as copper. Preferred materials for the conductive traces 18 and the reference voltage member 26 have a tensile strength of less than about 4218 kg/cm<sup>2</sup> and a resistance of less than about 1.7  $\mu\Omega$ /cm. at room temperature. The conductive traces 18 and the reference voltage member 26 may include a
- 10 plurality of layers of the conductive material. For example, a first layer of copper may be formed on the base member 24 using a deposition method, such as sputtering, and a second layer of copper may be formed on the first layer of copper using a plating process, such as electroplating or electroless plating. Depending on the application, the overall thickness of the conductive traces 18 and the reference voltage
- 15 member 26 is typically from about 50 micro inches to about 1000 micro inches. The specific application and design of the suspension assembly 10 will dictate the required thickness of the conductive traces 18 and the reference voltage member 26.

- The support member 28 is preferably made of a material having mechanical properties superior to the material of the traces 18 and reference voltage member 26.
- 20 The mechanical properties of the support member 28 dominate the resulting overall stiffness of the load beam portion 12 of the suspension assembly 10. Depending on the stiffness and spring properties required in a given application, the typical thickness of main portion 28a of the support member 28 is from about 0.1 mils to about 1.5 mils. The support member 28 may include one or more flanged portions
- 25 that are substantially thicker than the main portion thereof.

Preferred materials for the support member 28 include nickel-based alloys, such as nickel-phosphorus alloys and nickel-boron alloys. Preferred nickel-based alloys have a tensile strength of greater than about 6327 kg/cm<sup>2</sup>.

- In most conventional suspension assemblies and circuit assemblies, stainless steel is the preferred material for the support member. However, stainless steel cannot be readily and reliably plated. Accordingly, support members 28 according to the present invention are made of plateable materials such as nickel based alloys. In

WD 01/86641

PCT/US00/27495

addition to being plateable, nickel-based alloys have material characteristics very similar to stainless steel.

In suspension assemblies and circuit assemblies according to the present invention, the configuration and construction of the reference voltage member 26 relative to the traces 18 provide a highly controlled impedance level. The material that the reference voltage member 26 is made from has significantly higher electrical conductivity than that of the materials from which the support member 12 and conventional load beams are made. Furthermore, because the traces 18 and the reference voltage member 26 are formed directly on the respective first and second surfaces of the base member 24, the distance between the reference voltage member 26 and the traces 18 is more uniform when compared to previous types of constructions. These structural features contribute to enhanced impedance performance.

As illustrated in Figure 4B, the second end 18b of the traces 18 that extend from the second end 12b of the load beam 12 are carried on the first side of the base member 24. The reference voltage member 26 is carried on the second side of the base member 24. The protective layer 20 is formed over the traces 18. It is desirable that the traces 18 extending from the second end 12b of the load beam 12 exhibit a minimal degree of stiffness. Accordingly, the support member 28 does not extend past the second end 12b of the load beam 12.

Referring now to Figures 5 and 6, an embodiment of a circuit assembly 110 according to the present invention is illustrated. The circuit assembly 110 is made according to processes of the present invention. In use, the circuit assembly 110 is mounted on a conventional load beam (not shown) for providing electrical interconnection between a head assembly 116 and the associated electrical components of a hard disk drive (not shown). Additionally, the circuit assembly 110 includes a gimbal portion 114 for providing gimballing functional. The circuit assembly 110 may optionally include a support member 128 for providing a suitable degree of stiffness. An advantage of using the circuit assembly 110 in conjunction with a conventional load beam is that the thickness of the gimbal portion 114 can be significantly less than the thickness of a gimbal portion of a conventional load beam. Accordingly, control of the movement of the head assembly 116 is improved.

WO 01/86641

PCT/US00/27495

The circuit assembly 110 includes a base member 124. A plurality of traces 118 are formed directly on a first side of the base member 124 and a reference voltage member 126 is formed directly on a second side of the base member 124. A protective layer 120 is formed over the traces 118. The support member 128 is 5 formed directly on the reference voltage member 126.

A process for making suspension assemblies and circuit assemblies according to the present invention is illustrated in Figures 7A-7N and 7P. A first side 200a and a second side 200b of a base substrate 200 are metallized using a known deposition process, such as electroless, sputtering or chemical vapor deposition, with a first 10 conductive layer 202, commonly referred to as a seed layer, Figure 7A. The base substrate 200 is preferably a flexible polymeric film such as polyimide. In a preferred embodiment, the first conductive layer 202 has a thickness of between about 200 angstroms and about 2000 angstroms and is made from a highly conductive material such as copper.

15 The first conductive layer 202 provides a continuous conductive layer to facilitate deposition of a second conductive 204, Figure 7B. The second conductive layer 204, commonly referred to as a flash plated layer, is also made of a highly conductive material such as copper. The first and second conductive layers 202, 204 on the first side 200a of the base substrate 200 jointly define a conductive feature base 20 207, Figure 7B. The first and second conductive layers 202, 204 on the second side 200b of the base substrate 200 jointly define a reference voltage layer 209.

The second conductive layer 204 is deposited using a known plating process, including processes such as electroless plating or electroplating techniques. A preferred method is electroplating and a typical plated thickness of the second 25 conductive layer 204 is between about 50 micro inches and about 1000 micro inches.

In instances where the second conductive layer is copper, copper is electroplated from a copper sulfate & sulfuric acid plating solution. The plating current density is maintained between about 10 and about 60 amps per square foot.

Following the formation of the conductive feature base layer 207 and the 30 reference voltage layer 209, an etching process is performed thereon to prepare the surfaces thereof for application of a photoresist. Typical etching solutions for copper include, but are not limited to, ammonium, sodium persulfate and hydrogen peroxide sulfuric.

WO 01/86641

PCT/US00/27495

A photoresist layer 206 is then applied to the conductive feature base layer 207 and to the reference voltage layer 209, Figure 7C. In a preferred embodiment, the photoresist layer 206 is an aqueous processible, dry-film, positive-acting photoresist applied using heat and pressure. The thickness of the photoresist 206 is typically 5 between about 15 micrometers and about 50 micrometers. Suitable photoresists for the photoresist layer 206 include, for example, photoresists offered by MacDermid Incorporated under the series designations SF, CF, and MP. Specific examples include MacDermid SF310 and MP413 photoresists.

After lamination of the photoresist 206, suitable photomasks 208 are engaged 10 against the photoresist layers 206 and the photoresist layers 206 are then exposed to energy from a suitable source for exposing a desired image in the photoresist layer 206, Figure 7D. An ultraviolet light source is commonly used for exposing images in photoimageable photoresists, such as those photoresist materials identified above. The photomasks 208 include patterned chrome or emulsion coated portions for 15 preventing the transmission of energy to specific areas of the photoresist layer 206, allowing energy to pass through and react with the photoresist layer 206 in unblocked areas. Photomasks of various constructions are commercially available.

Following exposure of the photoresist layer 206, areas of the photoresist layer 206 that are not exposed to energy can be developed in a suitable developing solution. 20 In a preferred embodiment where an aqueous positive-acting photoresist layer 206 is used, the areas not having been exposed to energy from the light source are developed out (removed) during the developing step, resulting in a desired circuit pattern in the photoresist layer 206, Figure 7E. In the case of aqueous processible photoresists, the developing step includes applying a dilute aqueous solution, such as a 0.5% - 1.5% 25 sodium or potassium carbonate solution, to the photoresist until the desired patterns are obtained in the layers of photoresist layers 206. The developing step is typically performed using commercially available equipment and solutions.

Following the developing step, areas of the conductive feature base layer 207 that are exposed through the photoresist layer 206 are ready for plating, Figure 7E. 30 To prevent plating on the reference voltage layer 209, a protective layer 210, is applied over the developed photoresist layer 206 on the reference voltage layer 209. One example of a suitable protective layer 210 is a polymeric sheet held in place by a layer of commercially available, releasable adhesive. The polymeric sheet and

WO 01/86641

PCT/US00/27495

adhesive are selected from materials that are resistant to the plating chemistry. After the protective layer 210 has been applied, exposed portions of the conductive feature base layer 207 are plated, Figure 7F, to produce a plurality of conductive features 211 such as traces, bonding pads, capture pads, test pads, etc. Suitable plating methods 5 include the same method used to plate the second conductive layer 204. A preferred method for plating is electroplating and a preferred material is copper. The thickness of the conductive features 211 is typically between about 0.2 mils and about 2.0 mils.

Following plating of the conductive features 211, Figure 7G, the protective layer 210 is removed and a protective layer 213, such as a positive acting photoresist 10 layer, is applied over the conductive features 211.

Next, the reference voltage layer 209 is subjected to an etching process to remove any oxidation. Typical etching solutions for copper include, but are not limited to, ammonium, sodium persulfate and hydrogen peroxide sulfuric.

Following the etching process, Figure 7H, a support member layer 220 is 15 formed on the reference voltage layer 209. The support member layer 220 is formed on the reference voltage layer 209 using a suitable plating process. A preferred plating process is an electroless, preferably autocatalytic, plating process. Specific information relating to electroless autocatalytic plating is provided in ASTM B374. Preferred plating materials include nickel-based alloys such as a nickel-phosphorus 20 alloy having a phosphorus content of from about 5% to about 15% and a nickel-boron alloy having a boron content of from about 0.3% to about 10%.

A typical electroless autocatalytic plating process includes exposing the reference voltage layer 209 to a plating bath comprising a nickel-phosphorus alloy solution maintained at a temperature of between about 76.7°C and 93.3°C and having 25 a pH level of between about 4.2 and about 6.2. The nickel concentration is maintained between .05 and 1 oz/gal of nickel concentration. The phosphorous is include with a reducing agent and deposits in the plated metal at a rate of 5.0 to 7.0 wgt%.

Following plating of the support member layer 220, Figure 7I, the photoresist 30 layers 206 and 213 are removed using the previously mentioned photoresist stripping method. Then, the portions of the conductive feature base layer 207 and reference voltage layer 209 that were concealed under the corresponding photoresist layer are removed using a suitable etching process, such as the etching processes described

WO 01/86641

PCT/US00/27495

above. By etching previously concealed portions of the conductive feature base layer 207 and reference voltage layer 209, the conductive features become electrically isolated from each other.

In order to achieve superior performance characteristics, a suspension assembly or a circuit assembly may require additional torsional rigidity or apertures extending through the base substrate 200. Figures 7J-7N & 7P illustrate suitable process steps for adding additional thickness to selected portion of the support member layer 220 and for forming apertures through the base substrate 200.

As illustrated in Figure 7J, a photoresist layer 222 is formed over the conductive features 211 and the support member layer 220. In a preferred embodiment, the photoresist layer 222 is made from the same material as the photoresist layer 206, described above in reference to Figure 7C. Next, as illustrated in Figure 7K, the photoresist layer 222 is exposed and developed using the same exposure and develop methods described above in reference to Figures 7D and 7E. The photoresist layer 222 adjacent to the conductive features 211 is flood exposed such that it remains in its entirety after the developing step. The photoresist layer 222 adjacent to the support member layer 220 is exposed through a photomask 224 that includes energy blocking portions 224a that are aligned with the support members 220. The energy blocking portions 224a are configured such that after exposure and developing of the corresponding photoresist layer 222, the remaining exposed portions of the photoresist layer 222 cover only a portion of the support member layer 220, Figure 7L.

Next, as illustrated in Figure 7M, the support member layer 220 is subjected to an additional plating process. The additional plating process produces raised portions 220a formed on the previously plated portions of the support member layer 220. The plating process of Figure 7M is preferably the same plating process as described above in reference to Figure 7H. Following the plating process, Figure 7N, the photoresist layers 222 are removed.

Next, apertures 226 through the base substrate 200, Figure 7N, are formed therein using a variety of different methods. Suitable methods for forming include mechanical punching, laser ablation, laser drilling, and chemical milling. In a preferred embodiment, the base substrate 200 is a polyimide film and the apertures 226 are formed using a suitable chemical milling process. The chemical milling

WO 01/86641

PCT/US00/27495

process includes exposing the polyimide base substrate 200 to a concentrated base solution such as potassium hydroxide (KOH) at a temperature of from about 50°C to about 120°C. In doing so, portions of the base substrate 200 exposed to the base solution are etched, producing the apertures 226.

5        Lastly, as illustrated in Figure 7P, a coverplate layer 228 is formed on the conductive features 211 to provide enhanced performance characteristics such as corrosion resistance and bond strength. Suitable materials for the coverplate layer 228 include gold, palladium, tin and nickel. Several methods are known in the art for depositing the coverplate layer 228.

10       A hard disk drive suspension assembly according to the present invention improves control of the suspension stiffness in three ways. First, the thickness of a plated suspension is much less than current suspensions. Conventional suspensions having a stainless steel support member start to reach a minimum thickness limit at approximately 1 mil to about 0.5 mil using current rolling and stamping techniques.

15       Second, the thickness of support members according to the present invention can be tailored to achieve a number of specific design requirements, such as by controlling the dwell time of the assembly in the plating bath. Third, regional stiffness of the support member can be tailored through the specific plating process.

16       Improved head fly characteristics are achieved through greater design freedom in attaining precise regional stiffness and torsion characteristics. Conventional load beams are formed from a continuous piece of stainless steel material. This type of construction does not permit isolated islands or multiple material thickness. With a plated suspension according to the present invention, the base member allows the support member to include islands. This additional design characteristic allows the 20 overall and regional stiffness and torsional characteristics of the suspension assemblies to be tailored. The ability to precisely control the torsion and stiffness characteristics of a suspension assembly is essential. Such control allows the head to respond faster and in a more controlled manner to changes in the surface profile of the disk. By improving this control, the head assembly can be positioned closer to the 25 disk without increasing the potential of the head contacting the disk. By flying the head assembly closer to the disk, the quantity of information stored on a disk can be increased.

WO 01/86641

PCT/US00/27495

Many conventional suspension assemblies include a separately fabricated flexible circuit that is attached to a load beam using an adhesive such as an epoxy. This type of fabrication technique is currently done by hand. Accordingly, it is labor intensive and susceptible to significant process variations. Suspension assemblies 5 according to the present invention significantly reduce fabrication time and process variation.

Suspension assemblies and circuit assemblies according to the present invention also exhibit improved manufacturability. The reference voltage layer and conductive feature layer increase the stability of the web during processing, making 10 the web easier to process. Furthermore, because the thickness of the support member can be reduced over conventional suspension assemblies, the thickness of the polymeric base substrate can be optimized for processing. Suspension assemblies according to the present invention have a construction that counteracts coefficient of thermal expansion (CTE) mismatches, reducing stress-induced curling.

15 As the data transmission rates in hard drives increase, suspension assemblies and related circuit assemblies will need to provide highly controlled impedance characteristics. Current suspension assemblies provide only limited impedance control due to significant variability in the distance between the traces and reference voltage member. In suspension assemblies that use a conventional stainless steel load 20 beam as a reference voltage layer, impedance characteristics are also adversely affected by the poor conductivity of stainless steel. When a separately fabricated flexible circuit is used in a suspension assembly to electrically connect the head assembly to the related electronic components, variations in the spacing between the 25 flexible circuit and the reference voltage member adversely affect impedance characteristics.

By forming the reference voltage layer and the traces directly on the base substrate in the present invention, the spacing between the traces and the reference voltage layer is precisely controlled. Also, in preferred embodiments according to the 30 present invention, the reference voltage layer is made from a highly conductive material and the support member is made from a material providing essential mechanical properties. These design characteristics significantly improve the impedance performance of suspension assemblies and circuit assemblies according to the present invention.

WO 01/86641

PCT/US00/27495

Accordingly, it is appropriate that the appended claims be construed broadly and in a manner consistent with the scope of the embodiments and descriptions disclosed herein.

WO 01/86641

PCT/US00/27495

What is claimed is:

1. A circuit assembly, comprising:
  - a base member;
  - a plurality of traces formed directly on a first surface of the base member, the traces extending between a first end and a second end of the base member;
  - 5 a reference voltage layer formed directly on a second surface of the base member, the plurality of traces overlaying at least a portion of the reference voltage layer; and
  - 10 a support member formed directly on at least a portion of the reference voltage layer,wherein the support member is formed from a material having a tensile strength of greater than 6327 kg/cm<sup>2</sup> and wherein the ground plane is formed from a material having a tensile strength of less than 4218 kg/cm<sup>2</sup>.
- 15 2. The circuit assembly of claim 1 wherein the support member is formed from an electrolessly plateable material.
3. The circuit assembly of claim 2 wherein the electrolessly plateable material is a nickel-based alloy including an alloy material selected from a group of materials consisting essentially of phosphorous and boron.
- 20 4. The circuit assembly of claim 3 wherein the reference voltage layer is formed from an electro-plateable material.
5. The circuit assembly of claim 1 wherein the reference voltage layer is formed from a first electrically conductive electroplateable material and the support member is formed from a second electrically conductive electrolessly plated material wherein the first electrically conductive material provides substantially greater

WO 01/86641

PCT/US00/27495

electrical conductivity and substantially less tensile strength than the second electrically conductive material.

6. The circuit assembly of claim 1 wherein the support member includes a first portion having a first thickness and a second portion having a second thickness,  
5 the second thickness being substantially greater than the first thickness.

7. The circuit assembly of claim 1 wherein the reference voltage layer includes a first conductive layer formed directly on the second surface of the base member and a second conductive layer formed directly on the first conductive layer.

8. The circuit assembly of claim 1 wherein the base member is made of a  
10 flexible polymeric material.

9. The circuit assembly of claim 13 wherein the flexible polymeric material is selected from polyimide and polyester.

10. The circuit assembly of claim 1 wherein the support member includes a load beam portion and a head gimbal portion wherein the load beam portion  
15 includes flange portions having a first thickness and the gimbal portion has a second thickness, the first thickness being substantially greater than the second thickness.

11. A disk drive suspension assembly, comprising:  
an elongated polymeric base member;  
a plurality of traces formed directly on a first surface of the base  
20 member;  
a reference voltage layer formed directly on a second surface of the base member, the reference voltage layer formed from a first electrically conductive material and the plurality of traces overlaying at least a portion of the reference voltage layer; and  
25 a support member formed directly on at least a portion of the reference voltage layer, the support member formed from a second electrically conductive material, the first electrically conductive material providing substantially greater electrical conductivity and substantially lower tensile strength than the second electrically conductive material, the support member

WO 01/86641

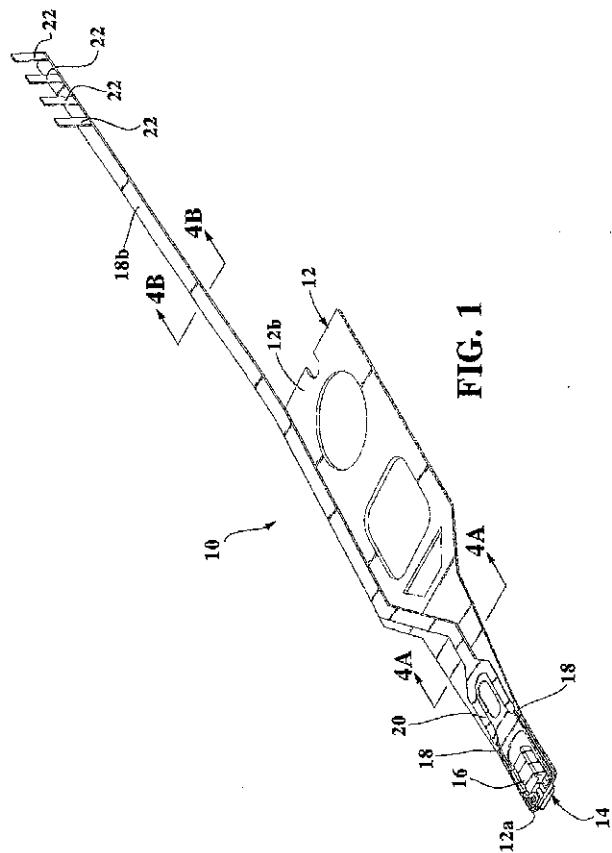
PCT/US00/27495

including a head gimbal portion having a first thickness and a flange portion having a second thickness, the second thickness being substantially greater than the first thickness.

WO 01/86641

PCT/US00/27495

1/9



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 01/86641

PC-T/USII0/27495

2/9

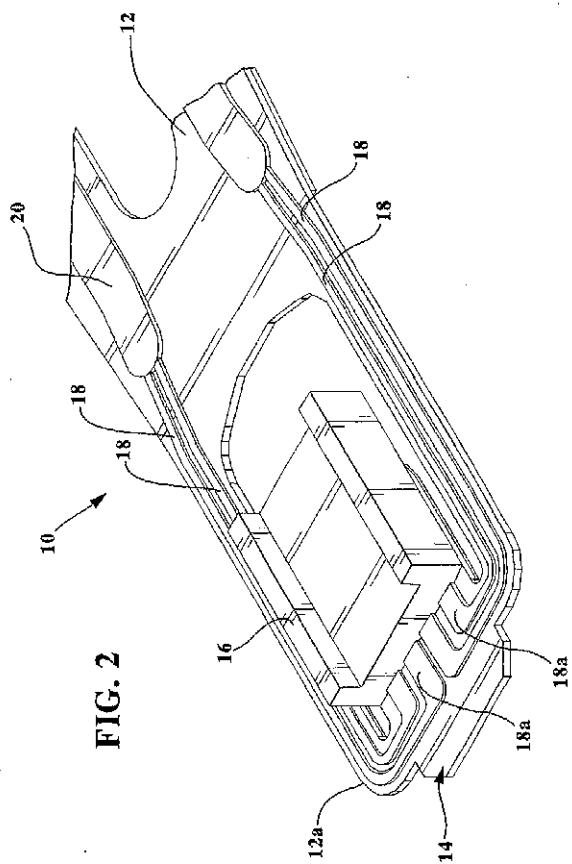


FIG. 2

**SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)**

3/9

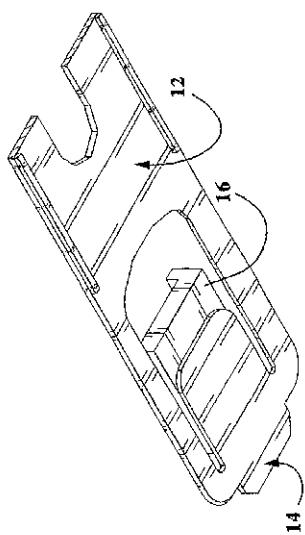
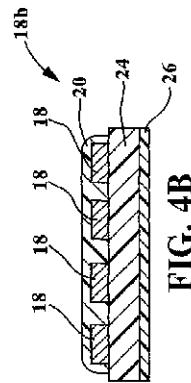
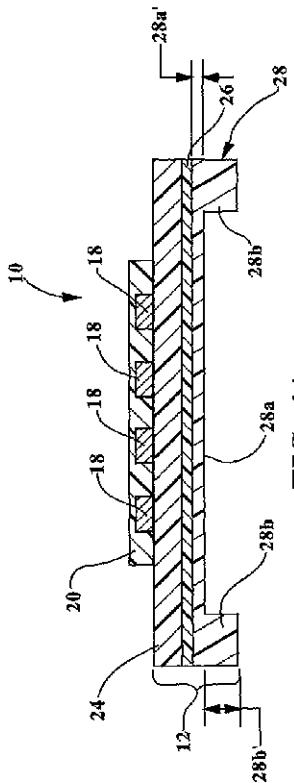


FIG. 3

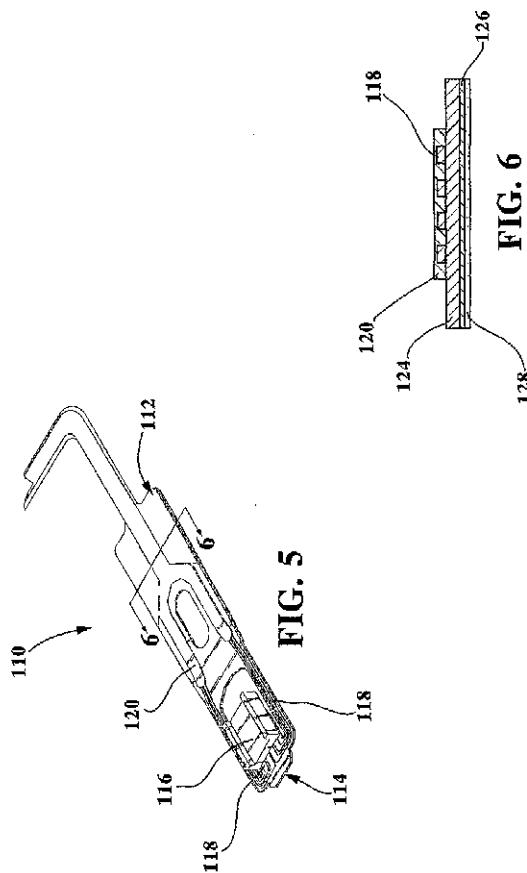
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

4/9



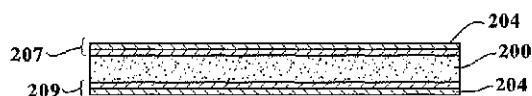
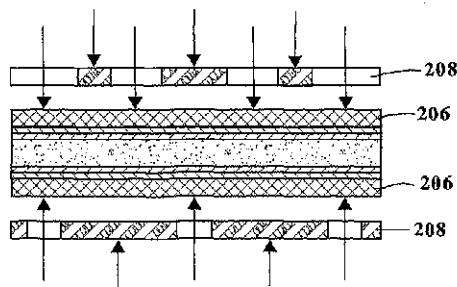
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

5/9



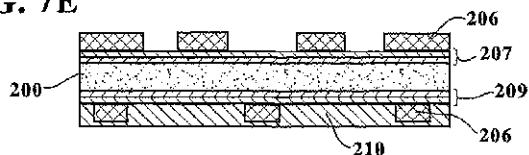
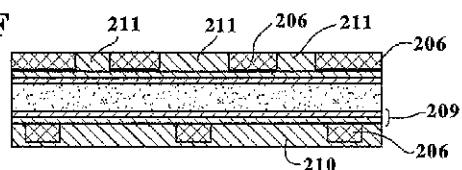
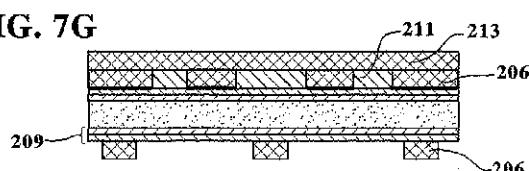
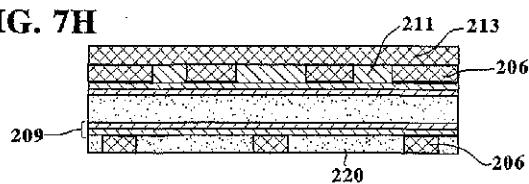
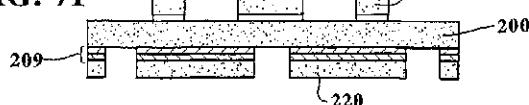
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

6/9

**FIG. 7A****FIG. 7B****FIG. 7C****FIG. 7D**

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

7/9

**FIG. 7E****FIG. 7F****FIG. 7G****FIG. 7H****FIG. 7I**

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

8/9

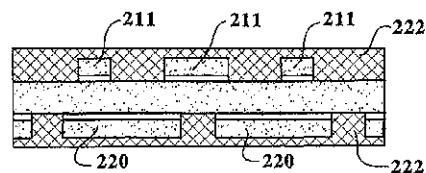


FIG. 7J

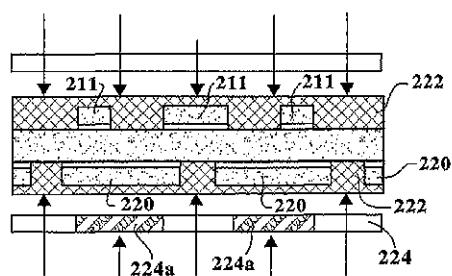


FIG. 7K

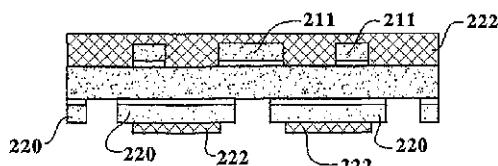
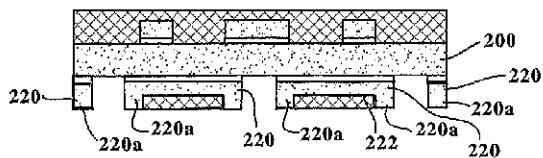
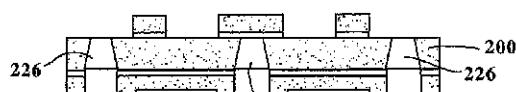
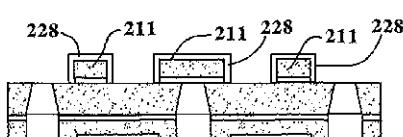


FIG. 7L

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

9/9

**FIG. 7M****FIG. 7N****FIG. 7P**

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Int. Search Application No. PCT/US 00/27495
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G11B5/48		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G11B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 98 14937 A (QUANTUM CORP) 9 April 1998 (1998-04-09) page 9, line 13 -page 10, line 16 page 13, paragraph 2 -page 14, paragraph 3	1,11
A	WO 98 34219 A (QUANTUM CORP) 6 August 1998 (1998-08-06) page 9, line 13 -page 10, line 30	1,11
A	US 5 717 547 A (YOUNG JAMES A) 10 February 1998 (1998-02-10) column 6, line 13 -column 10, line 14	1,11
A	US 5 491 597 A (BENNIN JEFFRY S ET AL) 13 February 1996 (1996-02-13) column 8, line 54 -column 11, line 32 ---	1,11 -/-
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box G.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
Special categories of cited documents:		
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		
*B* earlier document but published on or after the International filing date		
*C* document which may throw doubts on priority (claims) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (not specified)		
*D* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
*E* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
*F* later document published after the international filing date or prior to date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention		
*G* document of particular relevance; the claimed invention cannot be understood without it; the document is cited to involve an inventive step when the document is taken alone		
*H* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.		
*I* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the International search	Date of mailing of the International search report	
9 February 2001	16/02/2001	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5016 Patentam 2 NL-2280 RD The Hague Tel: (+31-70) 340-2340, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Ressenaar, J-P	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1999)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Int'l Application No. PCT/US 00/27495
C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 737 152 A (BALAKRISHNAN ARUN) 7 April 1998 (1998-04-07) column 10, line 35 - line 62	1,11
A	US 5 796 552 A (AKIN JR WILLIAM R ET AL) 18 August 1998 (1998-08-18) column 5, line 60 -column 6, line 49	1,11
A	US 5 812 344 A (BALAKRISHNAN ARUN) 22 September 1998 (1998-09-22) column 7, line 28 -column 9, line 18	1,11
A	US 5 870 258 A (HSIA YIAO-TEE ET AL) 9 February 1999 (1999-02-09) column 4, line 13 -column 6, line 54	1,11
A	US 5 996 328 A (BALAKRISHNAN ARUN) 30 November 1999 (1999-11-30) column 9, line 15 -column 10, line 57	1,11

Form PCT/ISA/210 (postissuance of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT			Int'l Application No PCT/US 00/27495	
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family members(s)	Publication date	
WO 9814937	A 09-04-1998	AU 474297 A	24-04-1998	
WO 9834219	A 06-08-1998	US 5796552 A AU 5827698 A EP 0919053 A JP 2000513861 T	18-08-1998 25-08-1998 02-06-1999 17-10-2000	
US 5717547	A 10-02-1998	AU 3759197 A CA 2216338 A EP 0834866 A JP 10124837 A SG 53071 A	09-04-1998 03-04-1998 08-04-1998 15-05-1998 28-09-1998	
US 5491597	A 13-02-1996	JP 2955830 B JP 7296536 A US 5839193 A US 5598307 A US 5645735 A US 5844751 A US 5864445 A	04-10-1999 10-11-1995 24-11-1998 28-01-1997 08-07-1997 01-12-1998 26-01-1999	
US 5737152	A 07-04-1998	AU 3839497 A CA 2217083 A EP 0834867 A JP 10125023 A SG 53080 A US 5995328 A US 5796552 A US 6097566 A US 5760995 A	09-04-1998 03-04-1998 08-04-1998 15-05-1998 28-09-1998 30-11-1999 18-08-1998 01-08-2000 02-06-1998	
US 5796552	A 18-08-1998	US 5737152 A AU 5827698 A EP 0919053 A JP 2000513861 T WO 9834219 A AU 3839497 A CA 2217083 A EP 0834867 A JP 10125023 A SG 53080 A US 5995328 A	07-04-1998 25-08-1998 02-06-1999 17-10-2000 06-08-1998 09-04-1998 03-04-1998 08-04-1998 15-05-1998 28-09-1998 30-11-1999	
US 5812344	A 22-09-1998	EP 0878791 A JP 11053726 A	18-11-1998 26-02-1999	
US 5870258	A 09-02-1999	EP 0789351 A JP 9219071 A	13-08-1997 19-08-1997	
US 5995328	A 30-11-1999	US 5737152 A AU 3839497 A CA 2217083 A EP 0834867 A JP 10125023 A SG 53080 A US 5796552 A	07-04-1998 09-04-1998 03-04-1998 08-04-1998 15-05-1998 28-09-1998 18-08-1998	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZW

(72)発明者 ネイサン・ピー・クルーター

アメリカ合衆国 7 8 7 2 6 - 9 0 0 0 テキサス州オースティン、リバー・プレイス・ブルバード  
6 8 0 1 番

(72)発明者 クリストファー・ジー・ダン

アメリカ合衆国 7 8 7 2 6 - 9 0 0 0 テキサス州オースティン、リバー・プレイス・ブルバード  
6 8 0 1 番

F ターム(参考) 5D042 NA02 PA01 TA07

5D059 AA01 BA01 CA01 CA08 DA33 DA36 EA08  
5E338 AA02 AA05 AA12 AA16 BB51 BB72 CC01 CC06 CD07 CD12  
CD23 EE26