

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4164421号  
(P4164421)

(45) 発行日 平成20年10月15日(2008.10.15)

(24) 登録日 平成20年8月1日(2008.8.1)

(51) Int. Cl.	F 1		
<b>G 0 2 B</b> 26/10	<b>(2006.01)</b>	G 0 2 B	26/10 1 0 4 Z
<b>B 4 1 J</b> 2/44	<b>(2006.01)</b>	B 4 1 J	3/00 D
<b>B 8 1 B</b> 3/00	<b>(2006.01)</b>	B 8 1 B	3/00
<b>B 8 1 C</b> 1/00	<b>(2006.01)</b>	B 8 1 C	1/00

請求項の数 9 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2003-301125 (P2003-301125)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成15年8月26日(2003.8.26)	(74) 代理人	100086483 弁理士 加藤 一男
(65) 公開番号	特開2004-110005 (P2004-110005A)	(72) 発明者	廣瀬 太 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
(43) 公開日	平成16年4月8日(2004.4.8)	(72) 発明者	加藤 貴久 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
審査請求日	平成18年8月21日(2006.8.21)	(72) 発明者	島田 康弘 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2002-246008 (P2002-246008)		
(32) 優先日	平成14年8月26日(2002.8.26)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 揺動装置、揺動装置を用いた光偏向器、及び光偏向器を用いた画像表示装置、画像形成装置、並びにその製法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第一の回転軸を中心に揺動する第一の可動板と、前記第一の可動板を揺動可能に支持する第一の弾性支持部と、前記第一の弾性支持部を固定する支持基板と、前記第一の可動板から離間した位置に配置される第一の磁界発生手段と、第二の回転軸を中心に揺動する第二の可動板と、前記第二の可動板を揺動可能に支持し、第一の可動板に固定される第二の弾性支持部とを備える揺動装置であって、

前記第一の可動板に第一のコイルが、前記第二の可動板を周回する様に、設けられ、前記第二の可動板に第二の磁界発生手段が設けられ、

前記第一の可動板上に更に第二のコイルが設置され、前記第一の可動板が第二のコイルの内周部に第一の開口を有し、前記第一の磁界発生手段のN極とS極とが、前記第一の可動板に略垂直な方向に前記第一の可動板から離間した位置に前記第一の開口を挟んで配置されることを特徴とする揺動装置。

【請求項2】

前記第一の弾性支持部は同一軸上に配置され且つ前記第一の可動板の両脇に配置されている一对の弾性支持体であることを特徴とする請求項1に記載の揺動装置。

【請求項3】

前記第二の弾性支持部は同一軸上に配置され且つ前記第二の可動板の両脇に配置されている一对の弾性支持体であることを特徴とする請求項1に記載の揺動装置。

【請求項4】

前記第一のコイルが四角形状に前記第二の可動板を周回していることを特徴とする請求項1に記載の揺動装置。

【請求項5】

前記第一の可動板上に更に前記第二のコイルと第三のコイルとが前記第一の回転軸を挟んで設置され、前記第一の可動板が第三のコイルの内周部に更に第二の開口を有し、更に第三の磁界発生手段のN極とS極とが、前記第一の可動板に略垂直な方向に前記第一の可動板から離間した位置に前記第二の開口を挟んで配置されることを特徴とする請求項1に記載の揺動装置。

【請求項6】

前記第1のコイルに前記第二の可動板のねじれ共振周波数の周波数成分を含む電流を印加し、前記第二のコイルまたは前記第三のコイルに、前記第一の可動板のねじれ共振周波数成分を含む電流を印加することを特徴とする請求項5に記載の揺動装置。

10

【請求項7】

請求項1乃至6の何れかに記載の揺動装置を用いた光偏向器であって、前記第二の可動板には入射光を偏向させる偏向部が設けられていることを特徴とする光偏向器。

【請求項8】

光源と、前記光源から発せられた光を偏向させる請求項7に記載の光偏向器を有することを特徴とする画像表示装置。

【請求項9】

光源と、前記光源から発せられた光を偏向させる請求項7に記載の光偏向器と、前記光偏向器により偏向された光が投影される感光性材料とを有することを特徴とする画像形成装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、揺動装置、揺動装置を用いた光偏向器、及び光偏向器を用いた画像表示装置、画像形成装置、並びにその製法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、半導体プロセスを利用して、シリコン等の基板上に電磁アクチュエータを作製する試みがなされている。電磁アクチュエータを半導体プロセスを用いて作製すると、固定子と可動子と電磁コイルとを一括で作製でき、接合や接着をする工程が不要であり、固定子と可動子と電磁コイルとを高精度にアライメントできる。また、一度に大量に作製可能な為、低コスト化が見込める。

30

【0003】

基板上に作製される電磁アクチュエータの応用例の一つとして光偏向器がある。光偏向器はレーザービームプリンタ等の画像形成装置やヘッドマウントディスプレイ等の画像表示装置や、バーコードリーダ等の画像入力装置に用いられる。1つの光偏向器で2軸の偏向が可能なものも見受けられる。

【0004】

40

基板上に作製される電磁アクチュエータを光偏向器に応用し、2軸に偏向可能なものの例として、図10に示したものがある(特許文献1参照)。図10は、特許文献1に実施例の1つとして記載されている光偏向器を示す上面図である。これは、トーシオンビーム光偏向器であり、レーザー光を2次元走査する偏向器として用いられる。このトーシオンビーム光偏向器は、内側のy軸方向偏向部1003と外側のx軸方向偏向部1004とから構成されている。内側のy軸方向偏向部1003は、溝部1002を有する基板1001と、軸部1005によって揺動可能に支持され表面に硬磁性を示す薄膜が成膜されている可動板1006と、可動板1006を揺動させる一対の薄膜電磁石部1007と、可動板1006上に設けられたミラー1008から構成されている。可動板1006と薄膜電磁石部1007の形成面は厚み方向に僅かにずらしてある。薄膜電磁石部1007にy軸方向偏向部1003の構造的な共振周波数である60kHzの交流を通電すること

50

で生じる磁界と、可動板1006に形成された硬磁性薄膜に生ずる磁界との間に生ずるクーロン力で可動板1006を揺動させ、照射された光をミラー1008により偏向させる。機械的な共振を利用した駆動方法のため、低消費電力を実現することができる。外側のx軸方向偏向部1004は、y軸方向偏向部1003と同様の構造であり、駆動方法も同様である。この光偏向器の駆動周波数は60kHz (y軸)、60Hz (x軸)、可動板1006の変形角度は $\pm 13.67^\circ$  (y方向)である。

#### 【0005】

また、半導体プロセスと永久磁石を用いて電磁アクチュエータの小型化を試み、これを光偏向器に応用したものもある。永久磁石を用いることで比較的容易に磁界を形成でき、可動子の軽量化を図ることで高速動作が期待できる。その一例として、図11に示したものがあ  
 る(特許文献2参照)。図11は、特許文献2に実施例の1つとして記載されている光偏向器を示す上面図である。この光偏向器は、ミラーを有する平板状の可動板が2つのねじりバネにより、基板に対して揺動可能に支持されている。図11において、801はガルバノミラー、802はシリコン基板、803は上側ガラス、804は下側ガラス、805は可動板、806はねじりバネ、807は平面コイル、808は全反射ミラー、809はコンタクトパッド、810A、810B、811A、810Cは永久磁石をそれぞれ示している。前記可動板805には、周縁部に、通電により磁界を発生する駆動用平面コイル807が敷設されており、前記ねじりバネ806の軸方向と平行な前記駆動平面コイルの両側部分のみに静磁界を与えるよう、半導体基板の上下面に、互いに対をなす永久磁石810A、810B; 811A、810Cが上下ガラス基板803、804を介して設置されている。この光偏向器では、駆動用平面コイル807に通電し、平面コイル807を流  
 れる電流と永久磁石810A、810B; 811A、810Cによる磁束密度の方向により、フレミングの左手の法則に従った方向にローレンツ力F(不図示)が働き、可動板805を揺動させるモーメントが発生する。可動板805が揺動すると、ねじりバネ806のバネ剛性により、バネ反力F'(不図示)が発生する。平面コイル807に流す電流を交流として連続的に反復動作すれば、光反射面を有する可動板805が揺動し、これにより反射光が走査される。この特許文献2には、他の実施例として、ガルバノミラー801を全反射ミラー808の代わりに設置して入れ子構造とし、2軸走査を可能にしたものも開示されている。

#### 【0006】

また、電磁アクチュエータではないが、入れ子構造の可動板を用いて、簡単な構成で2軸方向の走査を試みたものもある。ここでは、偏向部を有する可動板の形状を平行四辺形にすることで、一軸回転方向の駆動手段で、二軸方向の走査を可能にする。その一例として、図12に示したものがあ  
 る(特許文献3参照)。図12は、この特許文献3に開示の実施例の1つを示す上面図である。図12中、901は光偏向器、902は第1ネジリばね、903は第2ネジリばね、904は第1可動板、905は第2可動板、906は支持基板、907a、907bは電極、908は固定部をそれぞれ示している。支持基板906に、固定部908と第1ネジリばね902とを介して第1可動板904が支持されている。第1可動板904は、第1ネジリばね902に直交する第2ネジリばね903を介して第2可動板905を支持している。第2可動板905の形状は平行四辺形である。第2可動板905の重心Gは第1回転軸Aと第2回転軸Bとの交点に位置している。また、支持基板906には2つの電極907a、907bが設置され、これらと第1可動板904の裏面との間で、選択的に電圧を印加できる。第2可動板905上にミラー等の偏向部を設  
 置することで光偏向器として機能する。電圧無印加の状態では第1可動板904と第2可動板905は中立位置に位置する。電極907a、907bに交互に電圧を印加すると、第1可動板904の左右端部分に交互に静電力が作用して、第1回転軸Aを中心に揺動する。同時に、第2可動板905は、その質量の非対称性により、第2回転軸Bを中心に回転モーメントが作用し、揺動する。

【特許文献1】特開2000-235152号公報

【特許文献2】特開平7-175005号公報

【特許文献3】特開2001-75042号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 7 】

しかしながら、上述した光偏向器は何れも以下に示すような問題点を有している。

図10に示した特許文献1の光偏向器においては、2軸の回りの高速動作を実現しているが、薄膜電磁石部1007を構成するコアがスパッタで成膜される薄膜であるため、断面積を大きくするには限界がある。そのため、薄膜電磁石部1007に大きな電流を流すと磁束が飽和することは必至であり、変形角度をさらに大きくすることが難しい。また、可動板1006と薄膜電磁石部1007の形成面の厚み方向のずれが僅かであり、この点からも変形角度をさらに大きくすることが難しい。

## 【 0 0 0 8 】

図11に示した特開平7-175005号公報の光偏向器においては、光を走査する際の光の振れ角を大きくしようとすると、上下ガラス基板803、804と可動板805との距離を大きくしなければならない。そのため、永久磁石810A、810B；811A、810Cと駆動用平面コイル807との相対的な距離が大きくなり、そうなると、平面コイル807における磁束密度は小さくなり、駆動に大きな電流を必要とすることになる。

## 【 0 0 0 9 】

図12に示した特開2001-75042号公報の光偏向器においては、偏向部を有する第2可動板905の形状が平行四辺形であるため、レーザ光等の円形状のビームスポットを有する光の偏向を試みると、光が当たる面積以上に第2可動板905を大きくする必要がある。第2可動板905が大きくなると、更なる高速化や小型化を見込むことは難しい。

## 【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、上記従来のものである問題点を解決し、変位が大きく高速動作が可能であり、エネルギー効率が高く、安価に作製でき、2軸に揺動が可能な揺動装置、揺動装置を用いた光偏向器、及び光偏向器を用いた画像表示装置、画像形成装置、並びにその製法を提供することにある。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 1 】

上記課題を解決する本発明の揺動装置は、第一の回転軸を中心に揺動する第一の可動板と、第一の可動板を揺動可能に支持する第一の弾性支持部と、第一の弾性支持部を固定する支持基板と、第一の可動板から離間した位置に配置される第一の磁界発生手段と、第二の回転軸を中心に揺動する第二の可動板と、第二の可動板を揺動可能に支持し、第一の可動板に固定される第二の弾性支持部とを備える揺動装置であって、第一の可動板に第一のコイルが、第二の可動板を周回する様に、設けられ、第二の可動板に第二の磁界発生手段が設けられていることを特徴とする。この構成のように、二つの可動板を入れ子に配置し、さらに、内側の第二の可動板に磁界発生手段を、外側の第一の可動板にコイルを、第一の可動板から離間して磁界発生手段を、それぞれ設置することで、1つのコイルで2軸に揺動が可能であり、非常に簡単な構成のために、小型化が見込め、安価であり得る。また、コイルに流す電流を変化させることにより、可動板の動作を制御できる。また、コイルが第二の可動板を周回することで、効果的に磁束を第二の可動板上の磁界発生手段に作用させられ、エネルギー効率が向上する。更に、可動板の揺動運動を妨げない様な位置関係で支持基板と磁界発生手段を可動板に対して容易に配置できるので、可動体の変位を大きくすることもできる。

## 【 0 0 1 2 】

上記基本構成に基づいて、以下の様な態様が可能である。

前記支持基板上に第一の磁界発生手段が設置される様にできる。このように第一の磁界発生手段を支持基板上に設置することで、デバイス全体の小型化が見込める。

## 【 0 0 1 3 】

前記第一のコイルが四角形状に第二の可動板を周回する様にできる。このようにコイルを四角形状に周回させることで、回転軸を中心に可動板を揺動させる方向の発生力が得やすく、エネルギー効率が向上する。

## 【 0 0 1 4 】

前記第二の磁界発生手段の磁界の方向と第二の回転軸の方向とが互いに直交している様にできる。また、前記第一の磁界発生手段の磁界の方向と第一の回転軸の方向が互いに直交している様にもできる。これらの構成のように、磁界発生手段の磁極と可動板の回転軸との位置関係を工夫することにより、効果的に可動板を回転軸を中心に揺動させる方向の発生力を得ることができ、エネルギー効率が向上する。

【0015】

前記第一のコイルが、第一の磁界発生手段の磁界の方向と略垂直な方向に伸びる導線と第二の磁界発生手段の磁界の方向と略垂直な方向に伸びる導線との少なくとも一方を有する様にできる。この構成のように、磁界発生手段の磁極とコイルの導線との位置関係を工夫することにより、効果的に回転軸を中心に可動板を揺動させる方向の発生力を得ることができ、エネルギー効率が向上する。この典型例が上記四角形状のコイルである。

10

【0016】

前記第一の可動板上に更に第二のコイルが設置され、第一の可動板が第二のコイルの内周部に第一の開口を有し、第一の磁界発生手段のN極とS極とが、第一の可動板に略垂直な方向に第一の可動板から離間した位置に第一の開口を挟んで配置される様にできる。この構成のように磁界発生手段の磁極を配置することにより、磁極と可動板との距離を容易に決定でき、所望される可動板の変位に応じて構造を最適化できる。また、駆動手段にコイルを用いて、ここに流す電流を変化させることにより、可動板の動作を制御できる。更に、可動板が開口を有することにより、磁界発生手段と可動板との干渉が無く、可動板の変位を大きく取れる。

20

【0017】

前記第一の可動板上に更に前記第二のコイルと第三のコイルとが第一の回転軸を挟んで設置され、第一の可動板が第三のコイルの内周部に更に第二の開口を有し、更に第三の磁界発生手段のN極とS極とが、第一の可動板に略垂直な方向に第一の可動板から離間した位置に第二の開口を挟んで配置される様にもできる。この構成のように、第一の可動板上に、第一の回転軸を挟んで複数のコイルを設置することにより、上記第二のコイルを持つ構成と比較して、発生力が大きくでき、可動板の変位を大きく取れる。

【0018】

前記第一のコイルと第二のコイルと第三のコイルとの少なくとも2つが電氣的に直列に接続されている様にできる。このように2つ以上のコイルを電氣的に直列に接続することにより、1つの電流源で2つ以上のコイルを駆動できる。つまり、1つの電流源で可動板を2軸に駆動することが可能になり、非常に簡単な構成となる。

30

【0019】

前記磁石は永久磁石や電磁石を用いることができるが、永久磁石はジュール熱損失が無いためエネルギー効率が向上する。また永久磁石を用いることにより構成を簡単にでき、小型化が可能である。

【0020】

前記第一、第二、第三のコイルに、第一の可動板のねじれ共振周波数と第二の可動板のねじれ共振周波数との一方あるいは両方の周波数成分を含む電流を適宜印加して、それぞれの可動板にねじれ共振運動を起こさせることにより、第一の可動板と第二の可動板との一方あるいは両方の変位角を大きくすることが可能である。

40

【0021】

前記第一の可動板と第一の弾性支持部と第二の可動板と第二の弾性支持部と支持基板との少なくとも2つが、同一部材から形成されている様にできる。この構成のように、例えば、可動板と弾性支持部と支持基板とを同一部材から形成することで、組み立て工程が不要にでき、低コスト化を図れる。また、可動板と支持基板とのアライメントが不要になり、ロット間のばらつきが少なくなる。

【0022】

前記第一の可動板と第一の弾性支持部と第二の可動板と第二の弾性支持部と支持基板との少なくとも1つが、単結晶シリコンよりなる様にできる。この構成のように、例えば、

50

可動板と弾性支持部とに単結晶シリコンを用いることで、弾性支持部の減衰係数が小さくなるため、共振周波数で駆動した場合に大きなQ値を得ることができる。また、金属材料のような繰り返し変形による疲労破壊が起きないので長寿命の光偏向器等を構成可能となる。

【0023】

前記第一のコイルと第二のコイルと第三のコイルとの少なくとも1つが平面コイルよりなる様にできる。コイルはどの様なものでも良いが、平面コイルやこれを積層させたコイルを用いれば、可動板を軽量化、小型化できる。

【0024】

また、上記課題を解決する本発明の光偏向器は、上記揺動装置を用いた光偏向器であって、前記第二の可動板には入射光を偏向させる偏向部が設けられていることを特徴とする。この構成により、非常に小型で安価な2軸に偏向できる光偏向器を提供できる。偏向部は、例えば、ミラー、レンズ、或いは回折格子を有する。偏向部をミラーで構成する場合、作製が容易で、可動部分の質量が小さい光偏向器を提供できる。偏向部をレンズで構成する場合、偏向角の大きい透過型の光偏向器を提供できると共に、光の入射方向に対して光の偏向範囲を光偏向器の反対側に持って来られるので、装置各部の設計配置上の自由度が高まる。また、偏向部を回折格子で構成する場合は、入射光を複数のビームとして偏向することができる。

10

【0025】

また、上記課題を解決する本発明の画像表示装置は、光源と、光源から発せられた光を偏向させる上記の光偏向器と、光偏向器により偏向された光が投影される画像表示面とを有することを特徴とする。光はレンズ、ミラー、回折格子などの光学素子を介して投影される。この構成のように、上記の光偏向器を画像表示装置に応用することで、非常に小型で安価な画像表示装置を提供できる。

20

【0026】

また、上記課題を解決する本発明の画像形成装置は、光源と、光源から発せられた光を偏向させる上記の光偏向器と、光偏向器により偏向された光が投影される感光性材料とを有することを特徴とする。光はレンズ、ミラー、回折格子などの光学素子を介して投影される。この構成のように、上記の光偏向器を画像形成装置に応用することで、非常に小型で安価な画像表示装置を提供できる。

30

【0027】

また、上記課題を解決する本発明の揺動装置または光偏向器を作製する方法では、基板から可動板と弾性支持部と支持基板を形成する工程と、第一の可動板にコイルを形成する工程と、第二の可動板に第二の磁界発生手段を形成する工程と、支持基板に第一の磁界発生手段を形成する工程とを少なくとも有することを特徴とする。更に、可動板に偏向部を形成する工程を有してもよい。これにより、簡単な構造で2軸に偏向が可能な光偏向器等の揺動装置を作製することができる。また、可動板と弾性支持部とを一度に作製することができる。更に、可動板と支持基板とのアライメントが不要であり、組み立て工程が不要であり、低コスト化可能である。

【0028】

上記作製方法において、基板を用いて可動板と弾性支持部と支持基板とを形成する工程は、反応性イオンエッチング、またはアルカリ溶液を用いたエッチングを含んでなされ得る。前者のように、反応性イオンエッチングを行うことで、精度良く、安定して可動板と弾性支持部の形状を形成することができる。後者のように、アルカリ溶液を用いたシリコン結晶面のエッチング速度差による異方性エッチングを行うことで、精度良く、安定して可動板と弾性支持部の形状を形成することができ、また、エッチングレートが反応性イオンエッチングと比較して速いため、時間を短縮でき、コストダウンに繋がる。

40

【0029】

また、前記第二の可動板に第二の磁界発生手段を形成する工程と支持基板に第一の磁界発生手段を形成する工程の少なくとも一方は、メッキによりなされ得る。このように磁界

50

発生手段をメッキで作製することにより、組み立て工程が不要であり、低コストである。また、可動板と支持基板とのアライメントが不要であり、ロット間のばらつきが少なくなる。更に、蒸着やスパッタリングと比較して、厚く、高速に磁界発生手段を形成することもできる。

【発明の効果】

【0030】

本発明の光偏向器などの揺動装置によると、従来の光偏向器に比べて、大ストロークを実現しやすい。また、磁束の漏れの少ない構造が実現でき、エネルギー効率が良い。また、複数の電磁コイルを用いることで、大発生力かつ大変位角ないし偏向角が可能で、高速動作可能で、長寿命で高エネルギー効率の光偏向器などの揺動装置を実現できる。また、本発明の画像表示装置、画像形成装置によると、非常に小型で安価な画像表示装置、画像形成装置を提供できる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下に、本発明の実施の形態を明らかにすべく実施例を図面を参照しながら説明する。

[実施例1]

図1、図2及び図3を用いて本発明の実施例1を説明する。まず、構造について説明する。図1及び図2は本実施例の光偏向器の構成を示し、図1(a)は上面図であり、図1(b)は図1(a)におけるA-A'断面図であり、図2(a)は図1(a)におけるB-B'断面図であり、図2(b)は下面図である。図1及び図2において、101は光偏向器を示しており、寸法は図1(a)に示す通りである。支持基板106は第1ねじりバネ102を介して第1可動板104を揺動可能に支持している。また、第1可動板104は、第1ネジリばね102に直交する第2ネジリばね103を介して第2可動板105を揺動可能に支持している。第2可動板105の大きさは1mmである。支持基板106と第1ネジリばね102と第2ネジリばね103と第1可動板104と第2可動板105は、半導体プロセスにより一体で形成されている。第1ネジリばねも第2ネジリばねもそれぞれ本図では2本設けられている。それぞれ一对のネジリばねは同一軸上に配置されている。またそれぞれ一对のネジリばねはそれぞれが接続している可動板においてその両脇に配置されている。それぞれの可動板は接続しているネジリばねの軸を中心に傾斜して静止、あるいは往復運動することができる。

20

【0032】

第1可動板104上にはコイル107を、第2可動板105上には偏向部108をそれぞれ有することが本実施例の特徴である。コイル107は銅やアルミニウムのように低抵抗な金属で構成され、第1可動板104と第1ねじりバネ102と支持基板106とは、電氣的に絶縁されている。偏向部108はミラー、レンズ、回折格子等の光学素子で構成される。さらに、図2(b)に示すように、支持基板106の裏面には第1永久磁石109a、109bが、第2可動板105の裏面には第2永久磁石110がそれぞれ設置されている。第1永久磁石109a、109bの磁極はN極とS極とが対向していればよく、図2(b)に示す通りでなくてもよい。例えば、1つのU字型の永久磁石を第1永久磁石109a、109bの替わりに設置しても、N極とS極とを対向させることができる。第2永久磁石110の磁極は図2(b)に示す通りであるが、N極とS極とが入れ替わっていてもよい。第1永久磁石109a、109b、第2永久磁石110はサマリウムコバルト、ネオジウム鉄ボロン等の硬磁性体を着磁した材料から構成される。また、第1永久磁石109a、109b、第2永久磁石110は鉄、ニッケル、コバルト又はそれらの合金等の強磁性体から成る磁気ヨークを含んでいてもよい。コイル107には電流源111が電氣的に直列に接続されている。ここでは、第1永久磁石109a、109bと第2永久磁石110とを支持基板106の裏面に、偏向部108を支持基板106の表面にそれぞれ設置しているが、表面でも裏面でもよい。

30

40

【0033】

次に動作について説明する。

先ず、y軸、つまり第2ねじりバネ103を中心に揺動する第2可動板105の動作について説明する。電流源111から矢印の方向にコイル107に電流を流すと、コイル107の上面及び

50

下面にコイル107に流れる電流に対応した磁極（上面がN極、下面がS極）が発生する。発生する磁界Hは、コイル107を流れる電流Iとコイル107の巻数Nとの積に比例する。磁界Hは第2永久磁石110の磁極に作用し、第2可動板105が第2ねじりバネ103を中心に揺動する。発生するトルクTは第2永久磁石110の磁化mと磁界Hの積として表される。従って、発生するトルクTはコイル107を流れる電流Iに比例することが分かる。

【0034】

一方、第2可動板105が揺動することにより第2ねじりバネ103が捩じられ、これによって発生するねじりバネ103のバネ反力F'と第2可動板105の変位角との関係は、

$$=(F' \cdot L) \cdot l / (2 \cdot G \cdot I_p) \quad (1)$$

で与えられる。ここでGは横弾性係数、Lは第2ねじりバネ103の中心軸から力点までの距離、lはねじりバネ部103の長さ、 $I_p$ は断面二次極モーメントである。そして、発生するトルクTと、 $F' \cdot L$ とが釣り合う位置まで第2可動板105が揺動する。従って、第2可動板105の変位角はコイル107に流れる電流Iに比例することが分かる。したがって、コイル107に流す電流を制御することにより、第2可動板105の変位角を制御することができる。

【0035】

次に、x軸、つまり第1ねじりバネ102を中心に揺動する第1可動板104の動作について説明する。第1可動板104の両側に第1ねじりバネ102を挟むようにして設置されている第1永久磁石109a、109bによって、コイル107を横切るような方向に磁界が形成されている。y軸の場合と同様に、電流源111から矢印の方向にコイル107に電流を流すと、コイル107に対してフレミングの左手の法則に従った方向に力が発生する。つまり、第1可動板104の端部に垂直方向の力が発生し、第1ねじりバネ102を中心に第1可動板104が揺動する。発生する力Fは第1永久磁石109a、109bによって形成される磁界Bとコイル107に流れる電流Iの積に比例する。従って、発生するトルクTはコイル107を流れる電流Iに比例することが分かる。得られる変位角はy軸の場合と同様に数式(1)を用いて求められる。

【0036】

以上示したように、コイル107に電流を流すことで、偏向部108を有する第2可動板105を2軸に駆動することができる。駆動方法は、コイル107に電流源111を用いて電流を流すことで、第1可動板104及び第2可動板105を傾けたまま保持したり揺動させたりすることができる。また、第1可動板104と第2可動板105とのそれぞれのねじれ共振周波数が異なるように設計し、第1可動板104または第2可動板105のねじれ共振周波数を有する交流駆動で駆動することにより、一方の軸の変位角を大きくすることができる。さらに第1可動板104と第2可動板105との2つの共振周波数を重畳した電流で駆動することにより、2軸方向とも変位角を大きくすることができる。更に、変位角センサ（不図示）を用いて可動板105の変位角を検知し、電流源111から流す電流を変化させて可動板105の動きを制御することも可能である。

【0037】

次に、図1(a)におけるO-B断面を表す図3を用いて作製プロセスを説明する。但し、プロセスを分かりやすくするために、図3では寸法は誇張して示してある。

まず、図3(a)に示す如く、材料が単結晶シリコンである支持基板106（厚さ：500 $\mu$ m程度）に熱酸化炉等を用いて二酸化シリコン115を1 $\mu$ m程度成膜し、フッ化水素酸等によるウェットエッチング又はフッ素系ガスによる反応性イオンエッチング等を用いてパターンニングする。

【0038】

次に、図3(b)に示す如く、表面の二酸化シリコン115上に電気メッキのシード電極12としてチタンを50程度成膜した後、金、銅等を1000程度、蒸着、スパッタ等で成膜する。その上にフォトレジスト113を60 $\mu$ m程度成膜後、パターンニングし、メッキのマスクとする。ここでは、フォトレジスト113に厚膜に適したフォトレジストであるSU-8(MICROCHEM CORP.製)を用いた。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 9 】

次に、図 3 ( c ) に示す如く、電気銅メッキ又は無電解銅メッキを行い、銅を 50  $\mu$  m 程度成膜し、コイル 107 を形成する。そして、図 3 ( d ) に示す如く、フォトレジスト 113 を加熱した N - メチルピロリドンを用いて除去する。更に、シード電極 112 を反応性イオンエッチング又はイオンミーリングを用いて除去する。

## 【 0 0 4 0 】

次に、図 3 ( e ) に示す如く、裏面にフォトレジスト 114 を 3  $\mu$  m 程度成膜後、パターンニングする。ここでは、フォトレジスト 114 として、膜厚に適したフォトレジストである AZ P4620 (Hoechst 製) を用いた。

## 【 0 0 4 1 】

次に、図 3 ( f ) に示す如く、裏面から、フォトレジスト 114 をエッチングマスクとして、誘導結合プラズマ反応性イオンエッチングにより支持基板 106 を 200  $\mu$  m 程度エッチングし、所望の厚さとする。そして、フォトレジスト 114 を除去する。

## 【 0 0 4 2 】

次に、図 3 ( g ) に示す如く、裏面から、二酸化シリコン 115 をエッチングマスクとして、誘導結合プラズマ反応性イオンエッチングにより支持基板 106 を貫通するまでエッチングする。

## 【 0 0 4 3 】

次に、図 3 ( h ) に示す如く、裏面から、二酸化シリコン 115 をフッ化水素酸等によるウェットエッチング又は反応性イオンエッチングで除去する。更に、偏向部 108、第 1 永久磁石 109a、109b (不図示)、第 2 永久磁石 110 を、メッキ、スパッタ等の手段により成膜する。これらの永久磁石は、所望の大きさの永久磁石を接着する方法や、希土類磁石の粉末をペースト状の接着剤に混ぜたものを塗布して固化する方法によっても形成される。

## 【 0 0 4 4 】

## [ 実施例 2 ]

次に、本発明の実施例 2 について説明する。図 4 及び図 5 は本発明の実施例 2 の光偏向器を説明する図である。図 4 は上面図を、図 5 ( a ) は図 4 における A-A' 断面図を、図 5 ( b ) は図 4 における B-B' 断面図をそれぞれ示している。基本的な構成、駆動方法、作製方法は前述の実施例 1 とほぼ同じである。図 4 及び図 5 において、201 は光偏向器、202 は第 1 ねじりバネ、203 は第 2 ねじりバネ、204 は第 1 可動板、205 は第 2 可動板、206 は支持基板、207a は第 1 コイル、207b は第 2 コイル、208 は偏向部、209a、209b は第 1 永久磁石、210 は第 2 永久磁石、211a、211b は電流源、212 は蓋、213 は支持台をそれぞれ示している。図 4 では、構造が分かりやすいように、第 1 永久磁石 209a と蓋 212 とを描いていない。

## 【 0 0 4 5 】

実施例 2 は、第 1 可動板 204 上の第 2 コイル 207b を垂直方向から挟むようにして、第 1 永久磁石 209a、209b がそれぞれ設置され、それらの対向する磁極が異なっていることを特徴としている。また、第 1 可動板 204 が開口部 204a を有し、第 1 可動板 204 と第 1 永久磁石 209a、209b との機械的な干渉を避けている。第 1 コイル 207a は電流源 211a と、第 2 コイル 207b は電流源 211b とそれぞれ電氣的に接続されている。蓋 212 には開口部 (不図示) が設けられており、ビームの光路として機能する。

## 【 0 0 4 6 】

y 軸周り、つまり第 2 ねじりバネ 203 中心の駆動原理は実施例 1 の y 軸周りに関する場合と同じである。x 軸周り、つまり第 1 ねじりバネ 202 中心の駆動原理も、第 1 永久磁石 209a、209b の配置形態は若干異なるが、実施例 1 の x 軸周りに関する場合と基本的に同様である。すなわち、第 1 永久磁石 209a、209b を図 4 と図 5 に示す様に配置することで、第 1 可動板 204 に第 1 ねじりバネ 202 中心のトルクを得ることができる。第 1 永久磁石については、図 5 ( b ) における第 1 永久磁石 209a、209b が一体となった U 字型の永久磁石 209a、209b を図 5 ( c ) に示すように配置しても良い。この構成により磁極に発生する磁束密度を図 5 ( b ) より大きくすることが可能である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 7 】

電流源211a、211bを用いて、第1コイル207a、第2コイル207bに電流をそれぞれ流すことにより、偏向部208を有する第2可動板205を2軸に揺動することができる。第1コイル207aと第2コイル207bとは電氣的に直列に接続されていてもよく、その場合には電流源211a、211bの何れかが不要となる。

## 【 0 0 4 8 】

以上のように構成された本実施例の光偏向器は、図4及び図5に示すように永久磁石及びコイルを配置することで、簡単な構成で光ビームを2軸に偏向することが可能となる。また、可動板と永久磁石とが機械的に干渉しない様に工夫されているため、可動板の変位角を大きくとることが可能となる。

10

## 【 0 0 4 9 】

## [実施例3]

図6及び図7は本発明の実施例3の光偏向器を説明する図である。図6(a)は上面図を、図6(b)は図6(a)におけるA-A'断面図を、図7(a)は図6(a)におけるB-B'断面図をそれぞれ示している。基本的な構成、駆動方法、作製方法は前述の実施例1とほぼ同じである。図6及び図7において、301は光偏向器、302は第1ねじりバネ、303は第2ねじりバネ、304は第1可動板、305は第2可動板、306は支持基板、307aは第1コイル、307bは第2コイル、307cは第3コイル、308は偏向部、309a、309bは第2永久磁石、310は第1永久磁石、314a、314bは第3永久磁石、311a、311b、311cは電流源、312は蓋、313は支持台をそれぞれ示している。図6(a)では、構造が分かりやすいように、第2永久磁石309aと第3永久磁石314aと蓋312とを描いていない。

20

## 【 0 0 5 0 】

実施例3は、第1可動板304の駆動用に複数の永久磁石(第2永久磁石309a、309b、第3永久磁石314a、314b)が設置されていることを特徴としている。第1可動板304上の第2コイル307bと第3コイル307cとを垂直方向から挟むようにして、第2永久磁石309a、309bと第3永久磁石314a、314bとがそれぞれ設置され、それらの対向する磁極がそれぞれ異なっている。また、第1可動板304が開口部を有し、第2永久磁石309a、309b、第3永久磁石314a、314bとの機械的な干渉を避けている。第1コイル307aは電流源311aと、第2コイル307bは電流源311bと、第3コイル307cは電流源311cとそれぞれ電氣的に接続されている。蓋312には開口部(不図示)が設けられており、光ビームの光路として機能する。

30

## 【 0 0 5 1 】

y軸周り、つまり第2ねじりバネ303中心の駆動原理は実施例2のy軸周りに関する場合と同じである。x軸周り、つまり第1ねじりバネ302中心の駆動原理も実施例2のx軸周りに関する場合と基本的に同様である。すなわち、第2永久磁石309a、309b、第3永久磁石314a、314bを図6及び図7の様に配置することで、第1可動板304に第1ねじりバネ302中心のトルクを得ることができる。第2、第3永久磁石については、図7(a)における第2永久磁石309a、309b及び第3永久磁石314a、314bが一体となったU字型の永久磁石を図7(b)に示すように配置しても良い。

## 【 0 0 5 2 】

電流源311a、311b、311cを用いて、第1コイル307a、第2コイル307b、第3コイル307cに電流をそれぞれ流すことにより、偏向部308を有する第2可動板305を2軸に揺動することができる。第1コイル307aと第2コイル307bと第3コイル307cの何れか2つ以上が電氣的に直列に接続されていてもよく、その場合には電流源311a、311b、311cの何れか1つ以上が不要となる。

40

## 【 0 0 5 3 】

以上のように構成された本実施例の光偏向器は、図6及び図7のように永久磁石及びコイルを配置することで、簡単な構成で2軸に光ビームを偏向することが可能となる。また、可動板と永久磁石とが機械的に干渉しないため、可動板の変位角を大きくとることが可能となる。実施例2と比較して、設置面積は大きいのが、永久磁石とコイルとを1つの軸周りに対して複数組有しているため、発生力が大きくでき、偏向角を大きく取れる。

50

## 【 0 0 5 4 】

## [実施例 4]

図 8 は本発明の光偏向器を用いた光学機器である本発明による画像表示装置の基本的な構成を示す模式図である。図 8 において、501は上記実施例に示された光偏向器であり、本実施例では、水平・垂直方向に入射光をラスタスキャンする光スキャナ装置として作用する。502はレーザ光源であり、503はレンズ或いはレンズ群であり、504は書き込みレンズまたはレンズ群であり、505は投影面（画像表示面）である。2つのレンズ或いはレンズ群503、504の間に、光偏向器501が配置されている。

## 【 0 0 5 5 】

ここにおいて、レーザ光源502から入射されたレーザ光は、光走査のタイミングと関係した所定の強度変調を受けており、光偏向器501により2次元的に走査されることで、投影面505上に画像を形成する。

10

## 【 0 0 5 6 】

## [実施例 5]

図 9 は本発明の光偏向器を用いた光学機器である本発明による画像形成装置の基本的な構成を示す模式図である。図 9 において、601は上記実施例に示された光偏向器における可動子にミラー、レンズ、回折格子等の光学素子を設けて構成されている光偏向器であり、本実施例では入射光を2次元に走査する光スキャナ装置として作用する。602はレーザ光源であり、603はレンズ或いはレンズ群であり、604は書き込みレンズまたはレンズ群であり、606はドラム状感光体（画像表示面）である。2つのレンズ或いはレンズ群603、604の間に、光偏向器601が配置されている。

20

## 【 0 0 5 7 】

ここにおいて、レーザ光源602から入射されたレーザ光は、光走査のタイミングと関係した所定の強度変調を受けており、光偏向器601により2次元的に走査される。走査されたレーザ光は書き込みレンズ604により、感光体606上へ画像を形成する。他方、感光体606は図示しない帯電器により表面が一様に帯電されている。従って、光偏向器601による走査に基づき、感光体606の表面に光がパターン状に入射されることになり、その光入射部分と光非入射部分とで静電潜像が形成される。図示しない現像器により、感光体606の表面の静電潜像に対応したパターンのトナー像が形成され、これを例えば図示しない用紙に転写・定着することで可視画像が形成される。

30

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 5 8 】

【図 1】図 1 は本発明の光偏向器の実施例 1 を説明する図であり、( a ) は上面図、( b ) は ( a ) の A-A' 断面図である。

【図 2】図 2 は本発明の光偏向器の実施例 1 を説明する図であり、( a ) は図 1 ( a ) における B-B' 断面図であり、( b ) は下面図である。

【図 3】図 3 は本発明の実施例 1 の作製プロセスを説明する断面図である。

【図 4】図 4 は本発明の光偏向器の実施例 2 を説明する上面図である。

【図 5】図 5 は本発明の光偏向器の実施例 2 を説明する図であり、( a ) は図 4 における A-A' 断面図であり、( b ) は図 4 における B-B' 断面図であり、( c ) は変形例を示す B-B' 断面図である。

40

【図 6】図 6 は本発明の光偏向器の実施例 3 を説明する図であり、( a ) は上面図、( b ) は ( a ) の A-A' 断面図である。

【図 7】図 7 は本発明の光偏向器の実施例 3 を説明する図であり、( a ) は図 6 ( a ) における B-B' 断面図であり、( c ) は変形例を示す B-B' 断面図である。

【図 8】図 8 は本発明の画像表示装置の実施例を説明する模式図である。

【図 9】図 9 は本発明の画像形成装置の実施例を説明する模式図である。

【図 10】図 10 は第 1 の従来技術を説明する上面図である。

【図 11】図 11 は第 2 の従来技術を説明する上面図である。

【図 12】図 12 は第 3 の従来技術を説明する上面図である。

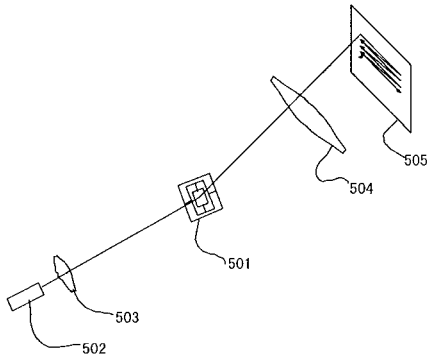
50

## 【符号の説明】

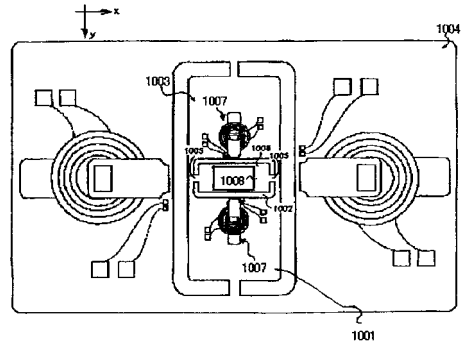
## 【 0 0 5 9 】

101、201、301	： 光偏向器	
102、202、302	： 第 1 ネジリばね	
103、203、303	： 第 2 ネジリばね	
104、204、304	： 第 1 可動板	
105、205、305	： 第 2 可動板	
106、206、306	： 支持基板	
107	： コイル	
108、208、308	： 偏向部	10
109a、109b、209a、209b、310	： 第1永久磁石	
110、210、309a、309 b	： 第 2 永久磁石	
111、211a、211b、311a、311b、311 c	： 電流源	
113、114	： フォトレジスト	
115	： 二酸化シリコン	
204a	： 開口	
207a、307a	： 第 1 コイル	
207b、307b	： 第 2 コイル	
212、312	： 蓋	
213、313	： 支持台	20
307 c	： 第 3 コイル	
314a、314b	： 第 3 永久磁石	
501、601	： 光偏向器	
502、602	： レーザ光源	
503、603	： レンズ或いはレンズ群	
504、604	： 書き込みレンズまたはレンズ群	
505	： 投影面	
606	： 感光体	

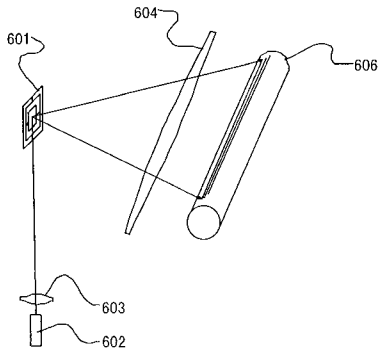
【図 8】



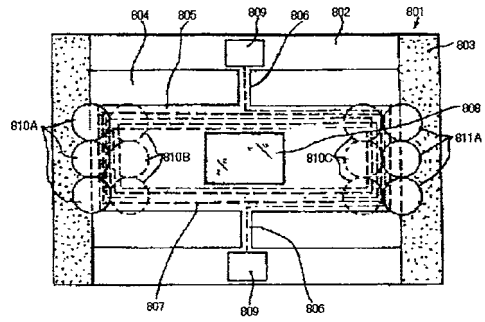
【図 10】



【図 9】

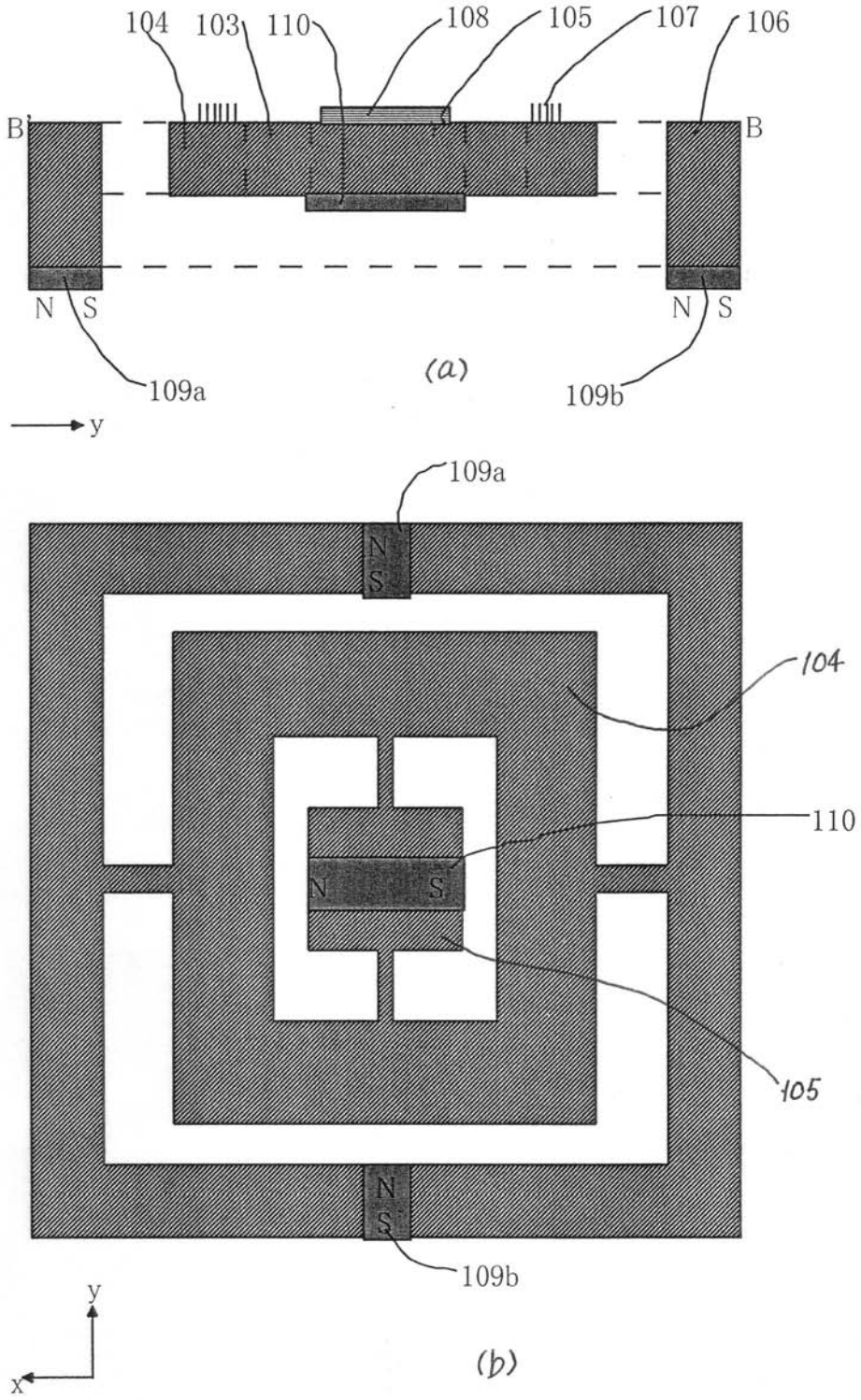


【図 11】

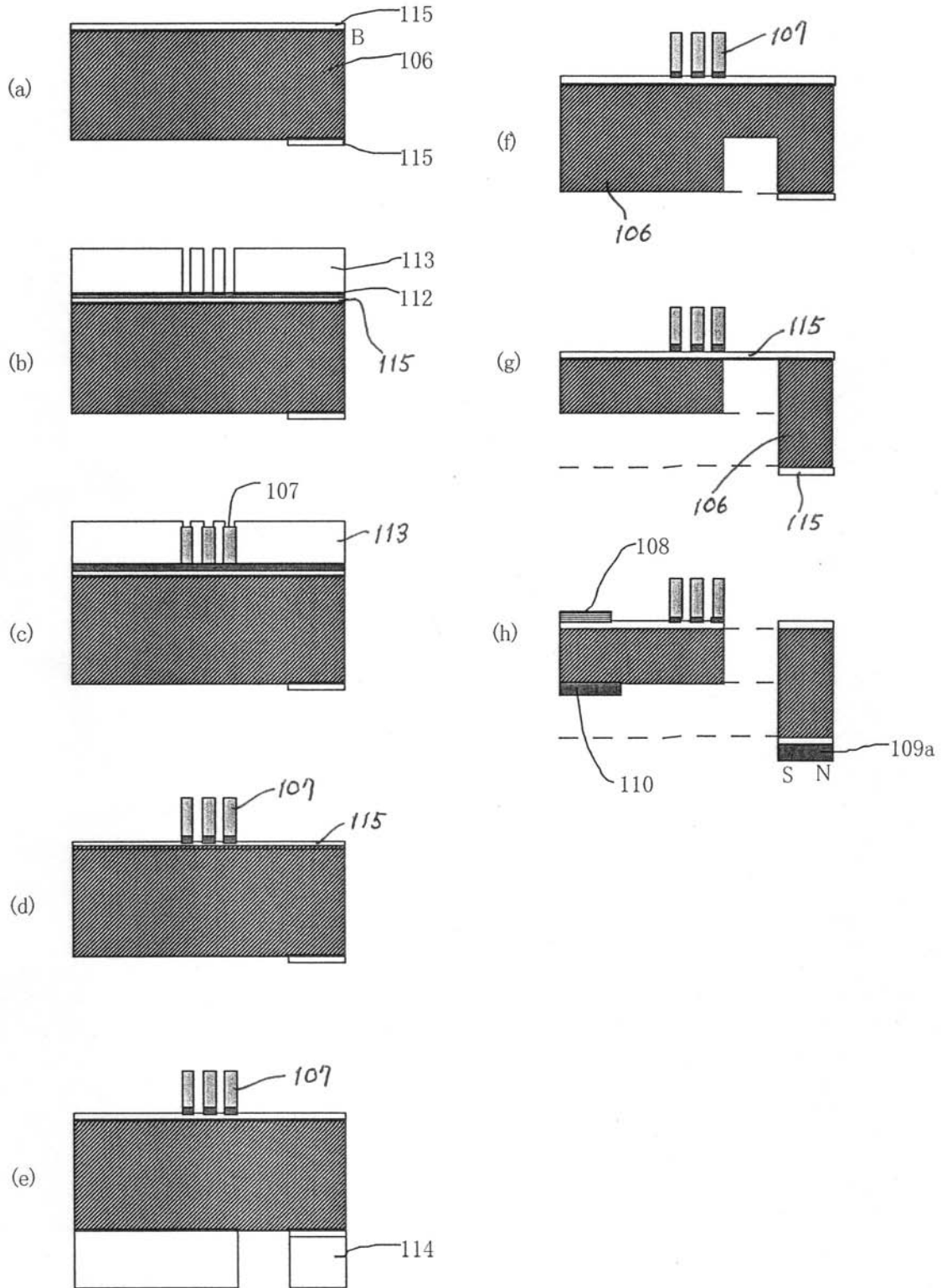




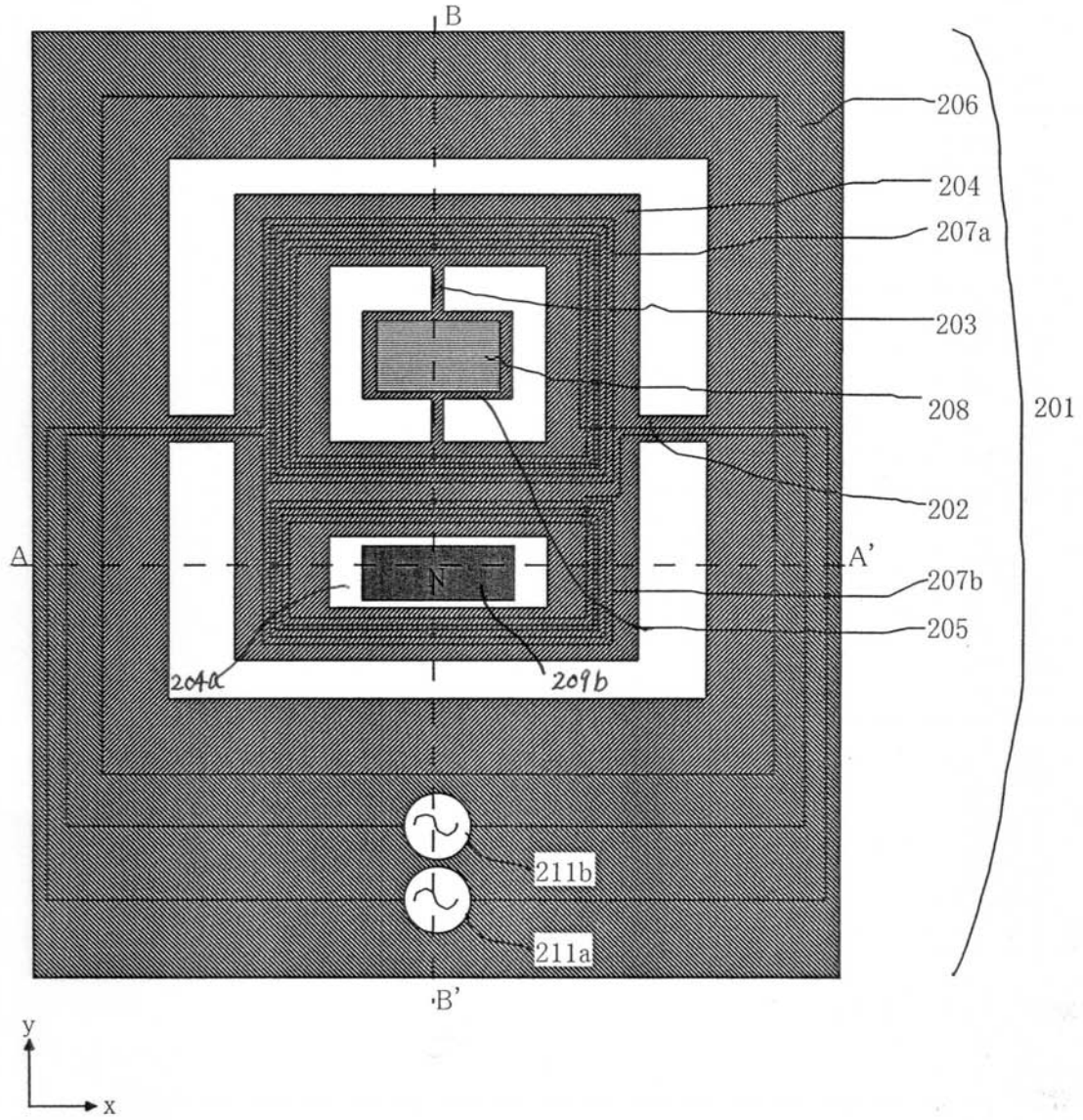
【図2】



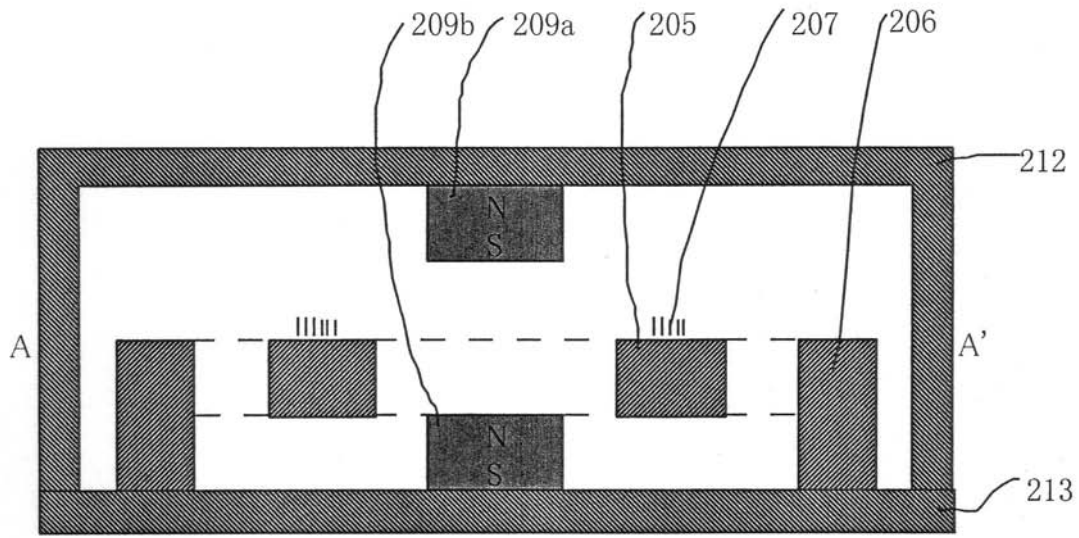
【 図 3 】



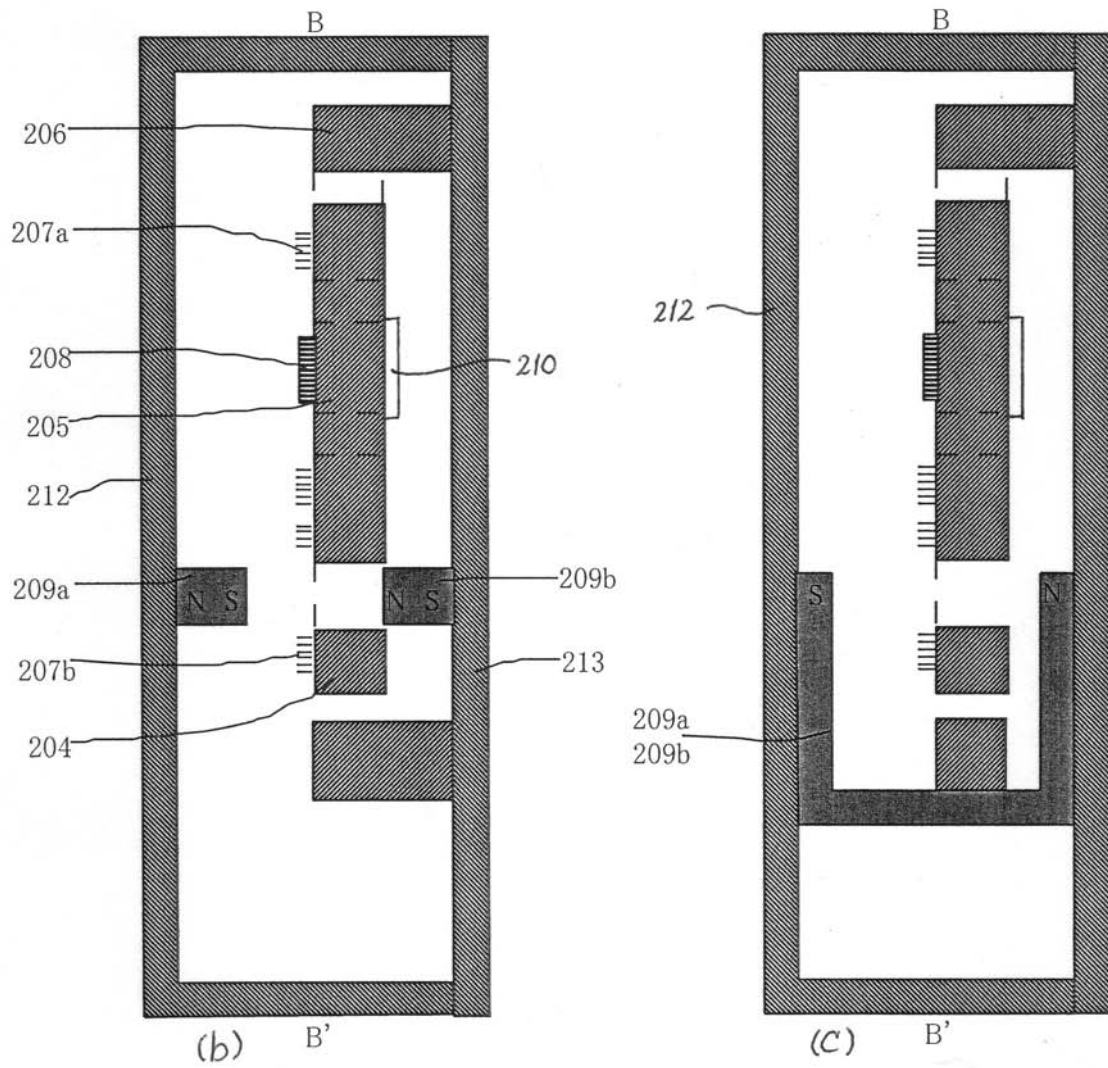
【図4】



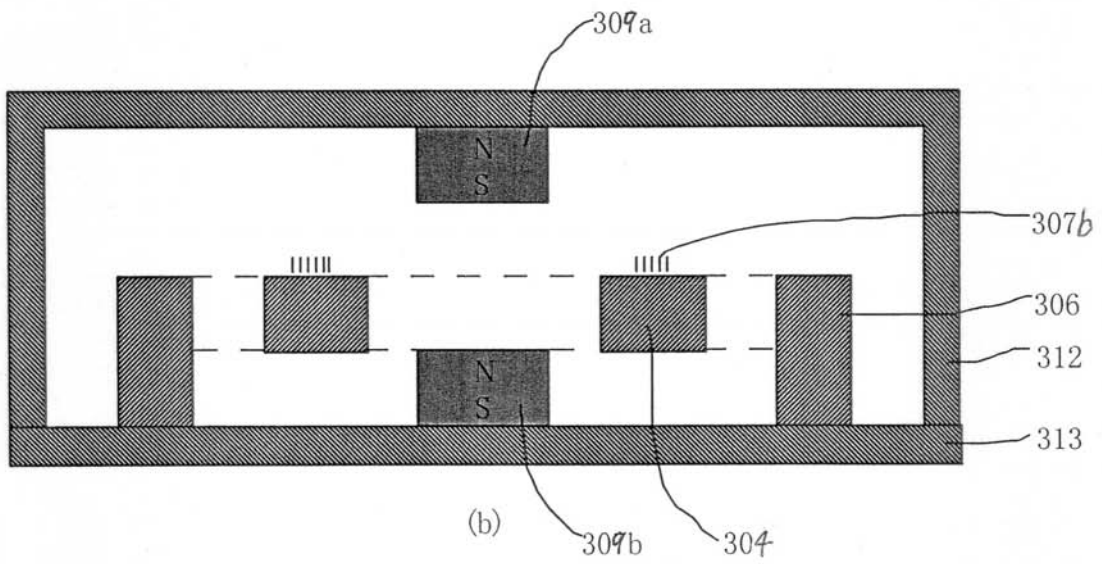
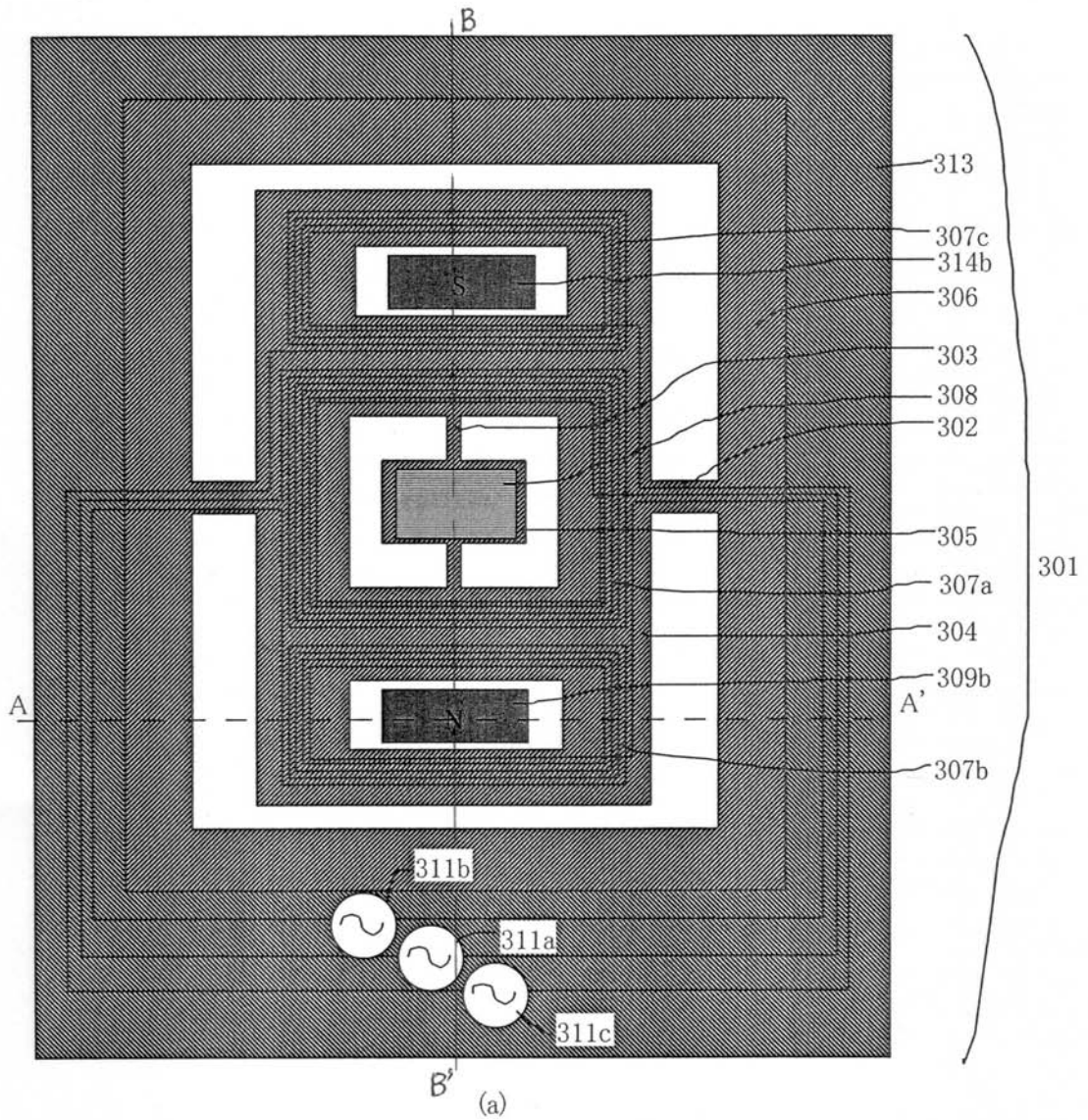
【図5】



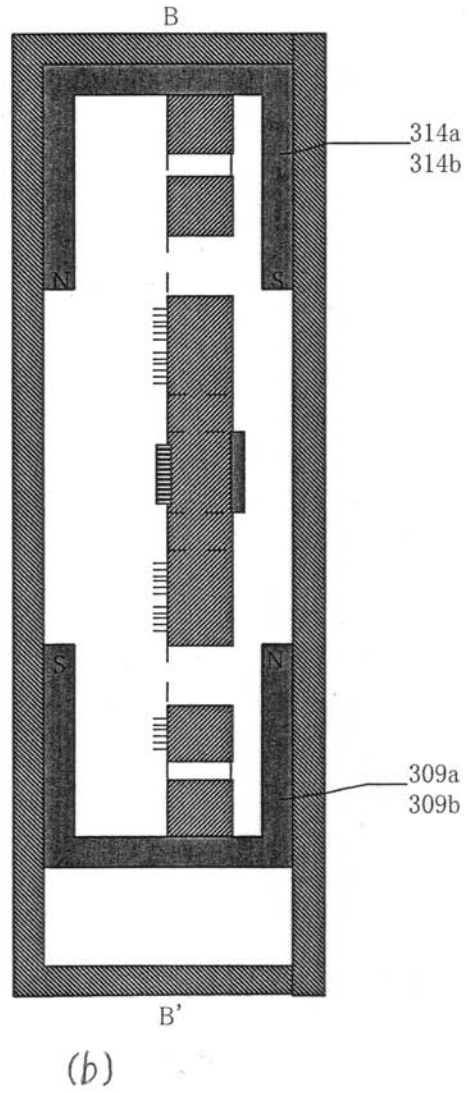
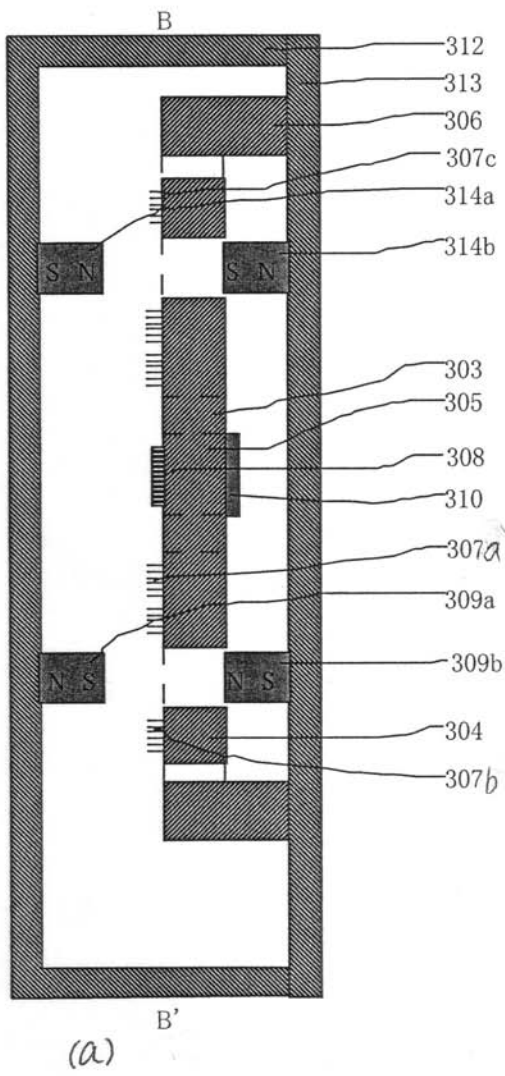
(a)



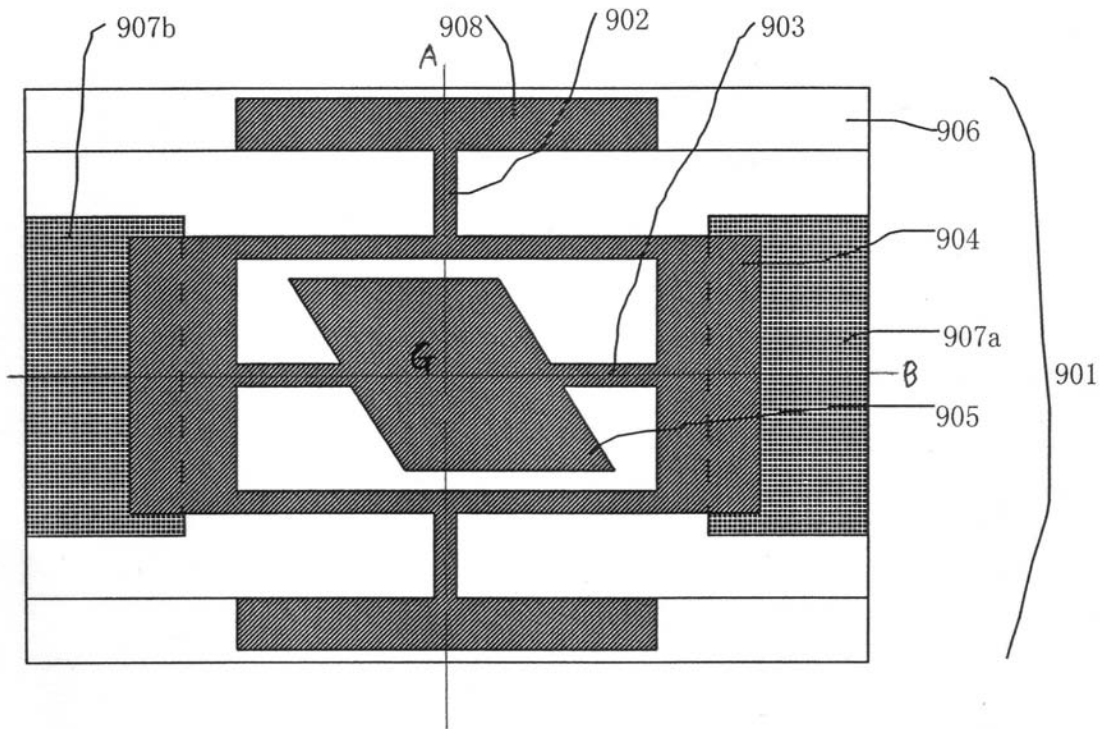
【図6】



【図7】



【図 12】



---

フロントページの続き

審査官 河原 正

- (56)参考文献 特開平08 - 334722 (JP, A)  
特開平11 - 014933 (JP, A)  
特開2002 - 116402 (JP, A)  
特開2002 - 189188 (JP, A)  
特開2001 - 108920 (JP, A)  
特開2002 - 148536 (JP, A)  
特開2001 - 264676 (JP, A)  
特表2003 - 518642 (JP, A)  
特開平09 - 096868 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	26/10
B41J	2/44
B81B	3/00
B81C	1/00