



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 11 2006 001 670 T5 2008.05.15

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2007/001681**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2006 001 670.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2006/019502**
(86) PCT-Anmeldetag: **19.05.2006**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **04.01.2007**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **15.05.2008**

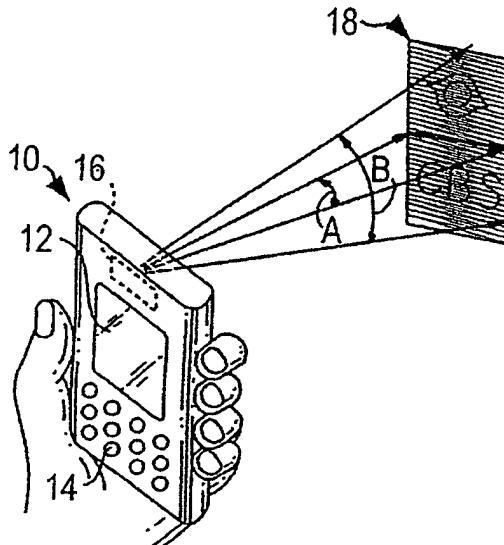
(51) Int Cl.⁸: **B41J 15/14 (2006.01)**
B41J 27/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
11/165,737 24.06.2005 US
(71) Anmelder:
Symbol Technologies, Inc., Holtsville, N.Y., US

(74) Vertreter:
**WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München**
(72) Erfinder:
**Wittenberg, Carl, Water Mill, N.Y., US; Yavid,
Dmitry, Stony Brook, N.Y., US**

(54) Bezeichnung: **Anordnung für und Verfahren zum Verringern der Bildverzerrung aufgrund elektrischer Interferenz**

(57) Hauptanspruch: Eine Anordnung zur Verringerung der Bildverzerrung in einem projizierten Bild, die Folgendes aufweist:
a) eine Lichtquelle zum Erzeugen eines Lichtstrahls;
b) ein Paar oszillierbarer Scanspiegel;
c) eine Antriebsanordnung zum Oszillieren der Scanspiegel um zueinander orthogonale Achsen, um ein Rastermuster von Scanlinien auf einer Projektionsoberfläche zu bilden, wobei jede Scanlinie eine Anzahl von Pixeln besitzt, wobei die Antriebsanordnung einen Antrieb umfasst, der mit einer Antriebsfrequenz zum Bewegen von einem der Scanspiegel in einer Umfangsrichtung um eine der Achsen mit einer im Wesentlichen konstanten Antriebsgeschwindigkeit betätigbar ist, wobei der eine Scanspiegel mit einer Resonanzfrequenz in einer entgegengesetzten Umfangsrichtung um die eine Achse mit einer Rückstellgeschwindigkeit rückführbar ist, die größer als die Antriebsgeschwindigkeit ist;
d) eine Steuervorrichtung um zu bewirken, dass ausgewählte Pixeln in den Scanlinien durch den Laserstrahl beleuchtet und sichtbar gemacht werden, um das Bild auf der Projektionsoberfläche zu bilden; und
e) Mittel zum Anpassen der...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf eine Anordnung für und ein Verfahren zum Verringern der Bildverzerrung aufgrund elektrischer Interferenz, insbesondere zur Verwendung in einem Farbbildprojektionssystem, das betriebsbereit ist, um ein zweidimensionales Bild in Farbe zu projizieren, während ein geringer Leistungsverbrauch, eine hohe Auflösung, eine kompakte Miniaturgröße, ein leiser Betrieb und eine minimale Vibration aufrechterhalten werden.

[0002] Es ist im Allgemeinen bekannt, ein zweidimensionales Bild auf einem Bildschirm basierend auf einem Paar von Scanspiegeln zu projizieren, die durch entsprechende Antriebe in zueinander orthogonalen Richtungen oszillieren, um einen Laserstrahl über ein Rastermuster hinweg zu scannen. Die bekannten Bildprojektionanordnungen projizieren jedoch das Bild mit begrenzter Auflösung, typischerweise mit weniger als einem Viertel der VGA-Qualität (VGA = Video-Graphics-Array) von 640×480 Pixeln, verbrauchen eine relativ große Menge an elektrischer Leistung und sind relativ schwergewichtig und belegen ein relativ großes Volumen, wodurch sie unpraktisch für die Verwendung in handgehaltenen, batteriebetriebenen Miniaturanwendungen gemacht werden. Das Bild leidet außerdem unter elektrischer Interferenz.

[0003] Der Antrieb für einen der Scanspiegel umfasst beispielsweise einen Permanentmagnet, der gemeinsam mit dem Spiegel bewegbar ist. Der Magnet und der Spiegel sind auf einem Biegeelement angebracht, das die Oszillation um eine Achse ermöglicht. Eine elektromagnetische Spule wird durch ein periodisches Antriebssignal mit einer Antriebsfrequenz erregt und erzeugt ein elektromagnetisches Feld, welches mit dem permanenten Feld des Magneten interagiert, um das Biegeelement zu biegen und um zu bewirken, dass der Magnet und seinerseits der Scanspiegel sich in einer Richtung um die Achse mit einer konstanten Antriebsgeschwindigkeit bewegen. Der Scanspiegel ist mit einer Resonanzfrequenz in einer entgegengesetzten Richtung um die Achse mit einer Rückstellgeschwindigkeit, die größer als die Antriebsgeschwindigkeit ist, selbstrückstellend.

[0004] Obwohl für seine vorgesehenen Zwecke zufriedenstellend, ist der oben beschriebene, elektromagnetische Antrieb für das Projizieren eines unverzerrten Bilds nicht ideal. Die Antriebsfrequenz des Antriebssignals und/oder eine Wechselstromversorgungsleitungs frequenz zur Erregung des Antriebs und/oder Oberschwingungen (Harmonische) der Antriebsfrequenz und die Leitungs frequenz können elektrisch mit der Resonanzfrequenz und miteinander interferieren, wodurch die konstante Antriebsge-

schwindigkeit korrumpt wird und wodurch die Bildverzerrung entsteht.

[0005] Demgemäß ist es ein allgemeines Ziel dieser Erfindung, eine Anordnung für und ein Verfahren zum Verringern der Bildverzerrung vorzusehen, insbesondere zur Verwendung in einem Bildprojektionssystem, das ein scharfes und klares, zweidimensionales Farbbild über einen ausgedehnten Bereich von Entfernungen von dem System hinweg projiziert.

[0006] Ein weiteres Ziel dieser Erfindung ist es, die elektrische Interferenz zwischen der Antriebsfrequenz und der Resonanzfrequenz eines Antriebs zu verringern, der in einem derartigen System verwendet wird.

[0007] Noch ein weiteres Ziel dieser Erfindung ist es, die elektrische Interferenz zwischen der Versorgungsleitungs frequenz und der Resonanzfrequenz eines Antriebs zu verringern, der in derartigen Systemen verwendet wird.

[0008] Ein zusätzliches Ziel ist es, eine kompakte, leichtgewichtige, energieeffiziente, und tragbare Miniaturfarbbildprojektionsanordnung vorzusehen, die in zahlreichen Instrumenten unterschiedlicher Formfaktoren, insbesondere tragbaren bzw. handgehaltenen Instrumenten, nützlich ist.

[0009] In Übereinstimmung mit diesen Zielen und anderen, die im Folgenden offensichtlich werden, besteht ein Merkmal dieser Erfindung kurz gesagt in einer Anordnung für und ein Verfahren zum Verringern der Bildverzerrung in einem projizierten Bild durch Minimieren der elektrischen Interferenz, wie unten detailliert beschrieben.

[0010] Eine Lichtquelle, beispielsweise ein einzelner Laser, ist betriebsbereit, um einen Laserstrahl zu erzeugen, um ein monochromatisches Bild zu erzeugen. Für ein Farbbild umfasst die Lichtquelle eine Vielzahl von Lasern unterschiedlicher Wellenlängen (rot, blau und grün), die als ein zusammengesetzter Strahl angeordnet sind.

[0011] Eine Antriebsanordnung ist betriebsbereit, um ein Paar von Scanspiegeln um zueinander orthogonale Achsen zu oszillieren, um ein Rastermuster von Scanlinien auf einer Projektionsoberfläche zu bilden, wie beispielsweise einem Bildschirm, wobei jede Scanlinie eine Anzahl von Pixeln besitzt. Die Antriebsanordnung umfasst einen Antrieb, der manchmal hierin als ein Y-Antrieb bezeichnet wird, der mit einer Antriebsfrequenz betätigbar ist, um einen der Scanspiegel zu bewegen, die hierin manchmal als Y-Spiegel bezeichnet werden, und zwar in einer Umfangsrichtung um eine der Achsen mit einer im Wesentlichen konstanten Antriebsgeschwindigkeit. Der Y-Spiegel ist mit einer Resonanzfrequenz in einer

entgegengesetzten Umfangsrichtung um die eine Achse mit einer Rückstellgeschwindigkeit selbstrückstellend, die größer als die Antriebsgeschwindigkeit ist.

[0012] Eine Steuervorrichtung, vorzugsweise ein programmierter Mikroprozessor, ist betriebsbereit, um zu bewirken, dass ausgewählte Pixel in den Scanlinien durch den Laserstrahl beleuchtet und sichtbar gemacht werden, um das Bild auf der Projektionsoberfläche zu bilden. Das Bild ist zweidimensional, und der Y-Antrieb ist verantwortlich für das „Zeichnen“ des Bilds mit der Antriebsfrequenz, d.h. der Videorahmenrate, zwischen einer oberen Scanlinie und einer unteren Scanlinie des Rastermusters. Genauer gesagt, treibt wie oben beschrieben der Y-Antrieb den Y-Spiegel mit einer im Wesentlichen konstanten Antriebsgeschwindigkeit von der oberen Scanlinie zu der unteren Scanlinie an, und daraufhin kehrt der Y-Spiegel selbst von der unteren Scanlinie zu der oberen Scanlinie mit einer schnelleren Rückstellgeschwindigkeit zurück, die manchmal als die Zeilensprunggeschwindigkeit bezeichnet wird.

[0013] Wenn eine Oberschwingung der Antriebsfrequenz (typischerweise ist eine Videorahmenrate von 60 Hz oder 85 Hz üblich, aber andere Rahmenraten in der gewöhnlichen Verwendung sind 56 Hz, 72 Hz und 75 Hz) und/oder wenn eine Oberschwingung der Wechselstromversorgungsleitungs frequenz (typischerweise 50 Hz oder 60 Hz), die verwendet wird, um den Y-Antrieb zu erregen, eng mit der Resonanzfrequenz des Y-Spiegels übereinstimmt, dann besteht eine Wahrscheinlichkeit der elektrischen Interferenz, in der eine sinusförmige Störgröße auf die im Wesentlichen konstante Antriebsgeschwindigkeit des Y-Spiegels überlagert wird, was zu einer unerwünschten Bildverzerrung führt. Gemäß dieser Erfindung wird die Resonanzfrequenz des Y-Spiegels angepasst, um nicht harmonisch in Beziehung zu den Antriebs- und Leitungs frequenzen zu sein. Die Resonanzfrequenz wird so ausgewählt, dass sie kein ganzzahliges Vielfaches der Antriebs- und Leitungs frequenzen ist. Die Resonanzfrequenz sollte so hoch wie möglich, um eine rasche Rückkehr sicherzustellen, aber so niedrig wie möglich sein, um einen minimalen Energieverbrauch sicherzustellen.

[0014] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Y-Antrieb ein elektromagnetischer Antrieb mit einem gespannten Biegeelement, das auf einer Halterung angebracht ist. Das Biegeelement wird durch Magnetfeldinteraktion gebogen. Ein Permanentmagnet ist auf dem Biegeelement angebracht, und eine elektromagnetische Spule ist auf der Halterung angebracht. Ansprechend auf ein periodisches Antriebssignal, das an die Spule angelegt wird, wird ein periodisches, elektromagnetisches Feld erzeugt, das mit einem permanenten Magnetfeld des Magneten interagiert.

[0015] Der Magnet und der Scanspiegel sind vorzugsweise auf einem Trageteil des Biegeelements zwischen den Torsionsteilen angebracht. Das Biegeelement besitzt Endteile, die entlang der Achse voneinander beabstandet sind. Einer der Endteile ist auf der Halterung verankert. Der andere der Endteile sieht das Mittel zur Spannung des Biegeelements in einen Spannungszustand vor. Vorzugsweise ist eine elastische Lasche in dem anderen Endteil gebildet. Diese Lasche drückt elastisch gegen die Halterung und drückt die Endteile axial weg von einander in den Spannungszustand.

[0016] Im Betrieb wird der Magnet durch die oben beschriebene Magnetfeldinteraktion oszilliert. Dies bewirkt, dass der Trageteil des Biegeelements und der Scanspiegel sich in einer Umfangsrichtung bewegen, wodurch sich die Torsionsteile in einer Umfangsrichtung verdrehen. Die in den verdrehten Torsionsteilen gespeicherte Energie wird dann freigesetzt, wodurch sich die Torsionsteile in der entgegengesetzten Umfangsrichtung entwinden bzw. aufdrehen. Das Biegeelement wird konstant durch die Lasche während dieser Verdrehungsbewegungen gespannt, wodurch sichergestellt wird, dass keine erratischen, ungewollten Biegeelementbewegungen auftreten. Vibrationsdämpfer können verwendet werden, um unerwünschte Vibrationen abzuschwächen.

[0017] In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die Resonanzfrequenz angepasst um in nicht harmonischer Beziehung zu den Antriebs- und Leitungs frequenzen zu stehen, und zwar durch Steuern der Querausdehnung jedes Torsionsteils. Beispielsweise wird die Dicke der Querausdehnung derart gewählt, dass die Resonanzfrequenz des Y-Spiegels kein ganzzahliges Vielfaches der Antriebs- oder Leitungs frequenzen ist. Die Dicke der Querausdehnung wird vorzugsweise durch chemisches Ätzen gesteuert, um einen hohen Grad an Genauigkeit zu erreichen. Die Resonanzfrequenz kann ebenfalls durch Anpassen der Masse des Y-Spiegels, die Masse des Permanentmagneten, oder das für das Biegeelement verwendete Material gesteuert werden. Es ist jedoch bevorzugt, die Masse des Y-Spiegels und des Magneten, ebenso wie das Biegeelementmaterial gleich zu halten, und nur die Dicke der Torsionsteile zu steuern.

[0018] [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht eines handgehaltenen Instruments, das ein unverzerrtes Bild bei einem Arbeitsabstand von diesem projiziert;

[0019] [Fig. 2](#) ist eine vergrößerte, perspektivische Überkopfansicht einer Bildprojektionsanordnung zur Installation in dem Instrument der [Fig. 1](#):

[0020] [Fig. 3](#) ist eine Draufsicht der Anordnung der [Fig. 2](#):

[0021] [Fig. 4](#) ist eine perspektivische Vorderansicht eines Trägheitsantriebs zur Verwendung in der Anordnung der [Fig. 2](#);

[0022] [Fig. 5](#) ist eine perspektivische Rückansicht des Trägheitsantriebs der [Fig. 4](#);

[0023] [Fig. 6](#) ist eine perspektivische Ansicht einer praktischen Implementierung der Anordnung der [Fig. 2](#);

[0024] [Fig. 7](#) ist eine Elektroschemablockdiagramm, das den Betrieb der Anordnung der [Fig. 2](#) darstellt;

[0025] [Fig. 8](#) ist eine Explosionsansicht eines kompakten Antriebs gemäß dieser Erfindung, wie er in dem System der [Fig. 6](#) verwendet wird;

[0026] [Fig. 9](#) ist eine zusammengesetzte Ansicht des Antriebs der [Fig. 8](#);

[0027] [Fig. 10](#) ist eine vergrößerte Schnittansicht, die entlang der Linie 10-10 der [Fig. 9](#) genommen ist;

[0028] [Fig. 11](#) ist ein Diagramm, das die Geschwindigkeit versus der Zeit für den Antrieb der [Fig. 8](#) unter Bedingungen keiner elektrischen Interferenz zeigt;

[0029] [Fig. 12](#) ist ein Diagramm analog zu [Fig. 11](#), das aber die Effekte der elektrischen Interferenz zeigt;

[0030] [Fig. 13](#) ist eine Antriebsschaltung für das Anstreben des Antriebs der [Fig. 8](#); und

[0031] [Fig. 14](#) ist eine weitere Antriebsschaltung für das Antreiben des Antriebs der [Fig. 8](#).

[0032] Das Bezugszeichen **10** in [Fig. 1](#) bezeichnet im Allgemeinen ein handgehaltenes Instrument, beispielsweise einen PDA, in dem eine leichtgewichtige, kompakte Bildprojektionsanordnung **20**, wie in [Fig. 2](#) gezeigt, angebracht und betriebsbereit ist, um ein zweidimensionales Farbbild mit einer variablen Distanz von dem Instrument zu projizieren. Als Beispiel ist ein Bild **18** innerhalb eines Arbeitsbereichs von Entfernungen relativ zu dem Instrument **10** gelegen.

[0033] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, erstreckt sich das Bild **18** über einen optischen, horizontalen Scanwinkel A, der sich entlang der horizontalen Richtung erstreckt, und über einen optischen, vertikalen Scanwinkel B, der sich entlang der vertikalen Richtung des Bilds erstreckt. Wie unten beschrieben, besteht das Bild aus beleuchteten und unbeleuchteten Pixeln auf einem Rastermuster von Scanlinien, über die ein Scanner in der Anordnung **20** hinwegstreicht.

[0034] Die Parallelepiped-Form des Instruments **10**

stellt nur einen Formfaktor eines Gehäuses dar, in welchem die Anordnung **20** implementiert sein kann. Das Instrument kann als ein Füller bzw. Stift, ein Mobiltelefon, eine Muschelschale oder eine Armbanduhr geformt sein, wie beispielsweise in der U.S. Patentanmeldung Serien-Nr. 10/090,653, eingereicht am 4. März 2002, gezeigt, die der gleichen Anmelderin wie die vorliegende Anmeldung zugewiesen ist und hierin durch Bezugnahme enthalten ist.

[0035] In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel misst die Anordnung weniger als ungefähr 30 Kubikzentimeter im Volumen. Diese kompakte Miniaturgröße ermöglicht es, dass die Anordnung **20** in den Gehäusen vieler unterschiedlicher Formen, groß oder klein, tragbar oder stationär, einschließlich einigen angebracht wird, die eine On-board-Anzeige **12**, eine Tastatur **14** und ein Fenster **16** umfassen, durch welches das Bild projiziert wird.

[0036] Bezug nehmend auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) umfasst die Anordnung **20** einen Halbleiterlaser **22**, der bei Erregung einen hellen, roten Laserstrahl von ungefähr 635–655 Nanometern emittiert. Die Linse **24** ist eine biasphärisch konvexe Linse mit einer positiven Brennweite und die betriebsbereit ist, um nahezu die gesamte Energie in dem roten Strahl zu sammeln und einen beugungsbegrenzten Strahl zu erzeugen. Die Linse **26** ist eine konkave Linse mit einer negativen Brennweite. Die Linsen **24**, **26** werden durch nicht dargestellte, entsprechende Linsenhaltevorrichtungen getrennt auf einer Tragevorrichtung (aus Klarheitsgründen nicht in [Fig. 2](#) dargestellt) innerhalb des Instruments **10** gehalten. Die Linsen **24**, **26** formen das Profil des roten Strahls über die Arbeitsentfernung hinweg.

[0037] Ein weiterer Halbleiterlaser **28** ist auf der Tragevorrichtung angebracht und emittiert bei Erregung einen beugungsbegrenzten blauen Laserstrahl von ungefähr 475–505 Nanometern. Eine weitere biasphärisch konvexe Linse **30** und eine konkave Linse **32** werden eingesetzt, um das Profil des blauen Strahls in einer zu den Linsen **24**, **26** analogen Art und Weise zu formen.

[0038] Ein Grünlaserstrahl mit einer Wellenlänge in der Größenordnung von 530 Nanometern wird nicht durch einen Halbleiterlaser erzeugt, sondern stattdessen durch ein grünes Modul **34** mit einer gepumpten YAG-Kristalllaserdioden im Infrarotbereich, deren Ausgestrahl 1060 Nanometer beträgt. Ein nicht-linearer Frequenzdopplungskristall ist in dem Infrarotlaserhohlraum zwischen den beiden Laserspiegeln enthalten. Da die Infrarotlaserleistung innerhalb des Hohlraums viel größer als die Leistung die außerhalb des Hohlraums gekoppelt ist, erzeugt der Frequenzdoppler effizienter das Doppelfrequenzgrünlicht innerhalb des Hohlraums. Der Ausgabespiegel des Lasers reflektiert die 1060 nm Infrarotstrahlung und ist

durchlässig gegenüber dem gedoppelten 530 nm Grünlasерstrahl. Da der korrekte Betrieb des Festkörperlasers und des Frequenzdopplers eine präzise Zeitsteuerung erfordern, wird eine Halbleitervorrichtung verwendet, die sich auf den Peltier-Effekt stützt, um die Temperatur des Grünlasermoduls zu steuern. Die thermoelektrische Kühlvorrichtung kann die Vorrichtung entweder erwärmen oder abkühlen, und zwar abhängig von der Polarität des angelegten Stroms. Ein Thermistor ist Teil des Grünlasermoduls, um seine Temperatur zu überwachen. Die Ausgabe von dem Thermistor wird in die Steuervorrichtung eingespeist, welche den Steuerstrom an die thermo-elektrische Kühlvorrichtung demgemäß anpasst.

[0039] Wie unten beschrieben, werden die Laser im Betrieb mit Frequenzen in der Größenordnung von 100 MHz pulsiert. Die roten und blauen Halbleiterlaser **22, 28** können mit derart hohen Frequenzen pulsiert werden, die gegenwärtig verfügbaren grünen Festkörperlaser können dies jedoch nicht. Als eine Folge davon wird der grüne Laserstrahl, der aus dem grünen Modul **34** austritt, mit einem akustooptischen Modulator (AOM) **36** pulsiert, der eine akustische, stehende Welle innerhalb eines Kristalls zur Beugung des grünen Strahls erzeugt. Der AOM **36** erzeugt jedoch einen nicht beugenden Strahl **38** nullter Ordnung und einen pulsierten, gebeugten Strahl **40** erster Ordnung. Die Strahlen **38, 40** divergieren voneinander und um sie zu trennen, um den unerwünschten Strahl **38** nullter Ordnung zu beseitigen, werden die Strahlen **38, 40** entlang eines langen, gefalteten Pfads mit einem Faltspiegel **42** geführt. Alternativ kann der AOM entweder außerhalb oder innerhalb des grünen Lasermoduls verwendet werden, um den grünen Laserstrahl zu pulsieren. Andere mögliche Wege, den grünen Laserstrahl zu modulieren, umfassen die Elektroabsorptionsmodulation oder den Mach-Zender-Interferometer. Der AOM ist schematisch in [Fig. 2](#) gezeigt.

[0040] Die Strahlen **38, 40** werden durch die positiven und negativen Linsen **44, 46** geführt. Es wird jedoch zugelassen, dass nur der gebeugte grüne Strahl **40** auf den Faltspiegel **48** auftrifft und von diesem reflektiert wird. Der nicht gebeugte Strahl **38** wird durch einen Absorber **50**, der vorzugsweise auf dem Spiegel **48** angebracht ist, absorbiert.

[0041] Die Anordnung umfasst ein Paar von dichroitischen Filtern **52, 54**, die angeordnet sind, um die grünen, blauen und roten Strahlen so kollinear wie möglich zu machen, bevor sie eine Scananordnung **60** erreichen. Der Filter **52** ermöglicht es, dass der grüne Strahl **40** durch diesen passiert, aber der blaue Strahl **56** von dem blauen Laser **28** durch den Interferenzeffekt reflektiert wird. Der Filter **54** ermöglicht es, dass die grünen und blauen Strahlen **40, 56** durch diesen passieren, aber der rote Strahl **58** von dem roten Laser **22** durch den Interferenzeffekt reflektiert

wird.

[0042] Die nahezu kollinearen Strahlen **40, 56, 58** werden zu einem stationären Aufprallspiegel **62** geleitet und von diesem reflektiert. Die Scananordnung **60** umfasst einen ersten Scanspiegel **64**, der durch einen Trägheitsantrieb **66** (isoliert in [Fig. 4-Fig. 5](#) gezeigt) mit einer ersten Scanrate oszillierbar ist, um die von dem Aufprallspiegel **62** reflektierten Laserstrahlen über den ersten horizontalen Scanwinkel A hinwegzustreichen, und ein zweiter Scanspiegel **68** ist durch einen elektromagnetischen Antrieb **70** mit einer zweiten Scanrate oszillierbar, um die Laserstrahlen, die von dem ersten Scanspiegel **64** reflektiert werden über den zweiten vertikalen Scanwinkel B hinwegzustreichen. In einer abweichenden Konstruktion können die Scanspiegel **64, 68** durch einen einzelnen Zweiachsenspiegel ersetzt werden.

[0043] Der Trägheitsantrieb **66** ist eine Hochgeschwindigkeitskomponente mit geringem elektrischen Leistungsverbrauch. Details des Trägheitsantriebs können in der U.S. Patentanmeldung Serien-Nr. 10/387,878, eingereicht am 13. März 2003, und die der gleichen Anmelderin wie die vorliegende Anmeldung zugewiesen sind und hierin durch Bezugnahme enthalten sind, gefunden werden. Die Verwendung des Trägheitsantriebs verringert den Leistungsverbrauch der Scananordnung **60** auf weniger als ein Watt und in dem Fall des Projizieren eines Farbbilds, wie unten beschrieben, auf weniger als zehn Watt.

[0044] Der Antrieb **66** umfasst einen beweglichen Rahmen **74** zum Tragen des Scanspiegels **64** mittels einer Anlenkung, die ein Paar von kollinearen Anlenkungsteilen **76, 78** umfasst, die sich entlang einer Anlenkungssachse **65** erstrecken und zwischen gegenüberliegenden Bereichen des Scanspiegels **64** und gegenüberliegenden Bereichen des Rahmens verbunden sind. Der Rahmen **74** muss den Scanspiegel **64** nicht umgeben, wie es gezeigt ist.

[0045] Der Rahmen, die Anlenkungsteile und der Scanspiegel werden aus einem einstückigen, im Allgemeinen planaren Siliciumsubstrat gebildet, welches ungefähr 150 μ dick ist. Das Silicium wird geätzt, um omegaformige Schlitze zu bilden, die obere parallele Schlitzbereiche, untere parallele Schlitzbereiche und U-förmige, mittlere Schlitzbereiche besitzen. Der Scanspiegel **64** besitzt vorzugsweise eine ovale Form und kann sich frei in den Schlitzbereichen bewegen. In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel belaufen sich die Abmessungen entlang der Achsen des ovalförmigen Scanspiegels auf 749 μ × 1600 μ . Jeder Anlenkungsteil misst 27 μ in der Breite und 1130 μ in der Länge. Der Rahmen besitzt eine rechteckige Form und misst 3100 μ in der Breite und 4600 μ in der Länge.

[0046] Der Trägheitsantrieb ist auf einer im Allgemeinen planaren gedruckten Leiterplatte **80** angebracht und ist betriebsbereit, um direkt den Rahmen zu bewegen und durch Trägheit indirekt den Scanspiegel **64** um die Anlenkungssachse zu oszillieren. Ein Ausführungsbeispiel des Trägheitsantriebs umfasst ein Paar von piezoelektrischen Transducern bzw. Wandlern **82, 84**, die sich senkrecht auf der Platte **80** und in Kontakt mit beabstandeten Teilen des Rahmens **74** auf beiden Seiten des Anlenkungsteils **76** erstrecken. Ein Klebstoff kann verwendet werden, um einen dauerhaften Kontakt zwischen einem Ende jedes Wandlers und jedem Rahmenteil sicherzustellen. Das gegenüberliegende Ende jedes Wandlers ragt aus der Rückseite der Platte **80** hervor und ist elektrisch durch die Drähte **86, 88** mit einer periodischen alternierenden Spannungsquelle (nicht gezeigt) verbunden.

[0047] Im Gebrauch legt die Antriebsschaltung ein periodisches Antriebsspannungssignal an jeden Wandler an und veranlasst den jeweiligen Wandler sich abwechselnd in der Länge auszudehnen und zusammenzuziehen. Wenn sich der Wandler **82** ausdehnt, zieht sich der Wandler **84** zusammen und umgekehrt, wodurch die beabstandeten Rahmenteile simultan geschoben und gezogen werden und bewirkt wird, dass sich der Rahmen um die Anlenkungssachse verdreht. Das Antriebsspannungssignal besitzt eine Antriebsfrequenz, die der mechanischen Resonanzfrequenz des Scanspiegels entspricht. Der Scanspiegel wird von seiner ursprünglichen Ruheposition bewegt, bis er ebenfalls um die Anlenkungssachse mit der mechanischen Resonanzfrequenz oszilliert. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind der Rahmen und der Scanspiegel ungefähr 150μ dick und der Scanspiegel besitzt einen hohen Q-Faktor. Eine Bewegung in der Größenordnung von 1μ durch jeden Wandler kann die Oszillation des Scanspiegels mit Scanraten von mehr als 20 kHz bewirken.

[0048] Ein weiteres Paar von piezoelektrischen Wandlern **90, 92** erstreckt sich senkrecht zu der Platte **80** und in dauerhaften Kontakt mit beabstandeten Teilen des Rahmens **74** an beiden Seiten des Anlenkungsteils **78**. Die Wandler **90, 92** dienen als Rückkopplungsvorrichtungen, um die Oszillationsbewegung des Rahmens und folglich des Scanspiegels **64** zu überwachen und um elektrische Rückkopplungssignale zu erzeugen und entlang der Drähte **94, 96** zu einer Rückkopplungssteuerschaltung zu leiten (nicht gezeigt).

[0049] Alternativ können anstelle der Verwendung piezoelektrischer Wandler **90, 92** zur Rückkopplung, eine magnetische Rückkopplung verwendet werden, wo ein Permanentmagnet auf der Rückseite des Hochgeschwindigkeitsspiegels angebracht ist und eine externe elektromagnetische Spule verwendet

wird, um das sich verändernde Magnetfeld, das durch den oszillierenden Magneten erzeugt wird, aufzunehmen.

[0050] Obwohl Licht von der Außenoberfläche des Scanspiegels reflektiert werden kann, ist es wünschenswert die Oberfläche des Spiegels **64** mit einer spiegelnden Beschichtung, die aus Gold, Silber, Aluminium oder einer speziell ausgelegten, hochreflektiven, dielektrischen Beschichtung besteht, zu beschichten.

[0051] Der elektromagnetische Antrieb **70**, umfasst einen Permanentmagneten der gemeinsam auf und hinter dem zweiten Scanspiegel **68** angebracht ist, und eine elektromagnetische Spule **72**, die betriebsbereit ist, um ein periodisches Magnetfeld entsprechend auf den Empfang eines periodischen Antriebssignals zu erzeugen. Die Spule **72** ist benachbart zu dem Magnet, so dass das periodische Feld magnetisch mit dem permanenten Feld des Magneten interagiert und bewirkt, dass der Magnet und seinerseits der zweite Scanspiegel **68** oszillieren.

[0052] Der Trägheitsantrieb **66** oszilliert den Scanspiegel **64** mit einer hohen Geschwindigkeit mit einer Scanrate, die vorzugsweise größer als 5 kHz ist und insbesondere in der Größenordnung von 18 kHz oder mehr liegt. Diese hohe Scanrate liegt bei einer unhörbaren Frequenz, wodurch Geräusche und Vibration minimiert werden. Der elektromagnetische Antrieb **70** oszilliert den Scanspiegel **68** mit einer langsameren Scanrate in der Größenordnung von 40 Hz, was ausreichend schnell ist, um es zu ermöglichen, dass das Bild auf einer menschlichen Augennetz haut ohne übermäßiges Flimmern bleibt.

[0053] Der schnellere Spiegel **64** streicht über eine horizontale Scanlinie hinweg, und der langsamere Spiegel **68** streicht über die horizontale Scanlinie vertikal hinweg, wodurch ein Rastermuster erzeugt wird, welches ein Netz oder eine Sequenz annähernd paralleler Scanlinien ist, aus denen das Bild konstruiert wird. Jede Scanlinie besitzt eine Anzahl von Pixeln. Die Bildauflösung besitzt vorzugsweise die XGA-Qualität von 1024×768 Pixeln. Über einen begrenzten Arbeitsbereich können wir einen hochauflösenden Fernsehstandard, bezeichnet als 720p, von 1270×720 Pixeln anzeigen. In einigen Anwendungen ist eine einhalbfache VGA-Qualität von 320×480 Pixeln oder eine einviertelfache VGA-Qualität von 320×240 Pixeln ausreichend. Minimal ist eine Auflösung von 160×160 Pixeln erwünscht.

[0054] Die Rollen der Spiegel **64, 68** könnten umgekehrt werden, so dass der Spiegel **68** schneller und der Spiegel **64** langsamer ist. Der Spiegel **64** könnte ebenfalls ausgelegt sein, um über die vertikale Scanlinie hinwegzustreichen, in welchem Fall der Spiegel **68** über die horizontale Scanlinie hinwegstreichen

würde. Der Trägheitsantrieb kann ebenfalls verwendet werden, um den Spiegel **68** anzutreiben. In der Tat könnte jeder der beiden Spiegel durch einen elektromechanischen, elektrischen, mechanischen, elektrostatischen, magnetischen oder elektromagnetischen Antrieb angetrieben werden.

[0055] Der langsame Spiegel wird in einem Hinweg-streichmodus mit konstanter Geschwindigkeit betrieben, in welcher Zeit das Bild angezeigt wird. Während der Rückkehr des Spiegels wird der Spiegel zurück in die Ausgangsposition mit seiner natürlichen Frequenz, die signifikant höher ist, geschwenkt. Während der Rückkehrstrecke des Spiegels können die Laser abgeschaltet werden, um den Leistungsverbrauch der Vorrichtung zu verringern.

[0056] [Fig. 6](#) ist eine praktische Implementierung der Anordnung **20** in der gleichen Perspektive wie der [Fig. 2](#). Die zuvor erwähnten Komponenten werden auf einer Tragevorrichtung angebracht, die eine obere Abdeckung **100** und eine Trageplatte **102** umfasst. Haltevorrichtungen **104, 106, 108, 110, 112** halten jeweils die Faltspiegel **42, 48**, die Filter **52, 54** und den Abprallspiegel **62** in gegenseitiger Ausrichtung. Jede Haltevorrichtung besitzt eine Vielzahl von Positionierungsschlitten zur Aufnahme von Positionierungspfosten, die stationär auf der Tragevorrichtung angebracht sind. Auf diese Weise sind die Spiegel und Filter in korrekter Weise positioniert. Wie gezeigt, gibt es drei Pfosten, wodurch zwei Winkelanpassungen und eine seitliche bzw. laterale Anpassung ermöglicht werden. Jede Haltevorrichtung kann in ihrer Endposition verklebt werden.

[0057] Das Bild wird durch selektive Beleuchtung der Pixel in einer oder mehreren der Scanlinien konstruiert. Wie unten in größerem Detail mit Bezugnahme auf [Fig. 7](#) beschrieben, bewirkt eine Steuervorrichtung **114**, dass ausgewählte Pixel in dem Rastermuster beleuchtet werden, und durch die drei Laserstrahlen sichtbar gemacht werden. Beispielsweise leiten rote, blaue und grüne Leistungssteuervorrichtungen **116, 118, 120** jeweils elektrische Ströme zu den roten, blauen und grünen Lasern **22, 28, 34**, um letztere zu erregen, um die jeweiligen Lichtstrahlen bei jedem ausgewählten Pixel zu emittieren und leiten keine elektrischen Ströme zu den roten, blauen und grünen Lasern, um letztere zu unterdrücken, um die anderen, nicht ausgewählten Pixel nicht zu beleuchten. Das entstehende Muster von beleuchteten und nicht beleuchteten Pixeln weist das Bild auf, welches jegliche Anzeige einer menschen- oder maschinenlesbaren Information oder Graphik sein kann.

[0058] Bezug nehmend auf [Fig. 1](#) ist das Rastermuster in einer vergrößerten Ansicht gezeigt. Beginnend bei einem Endpunkt werden die Laserstrahlen durch den Trägheitsantrieb entlang der horizontalen Richtung mit der horizontalen Scanrate zu einem ge-

genüberliegenden Endpunkt hinweggestrichen, um eine Scanlinie zu bilden. Daraufhin werden die Laserstrahlen durch den elektromagnetischen Antrieb **70** entlang der vertikalen Richtung mit der vertikalen Scanrate zu einem anderen Endpunkt hinweggestrichen, um eine zweite Scanlinie zu bilden. Die Bildung aufeinander folgender Scanlinien schreitet in der gleichen Art und Weise voran.

[0059] Das Bild wird in dem Rastermuster durch Erregen oder An- und Aus-Pulsieren des Lasers zu ausgewählten Zeiten unter Steuerung des Mikroprozessors **114** oder der Steuerschaltung durch Betrieb der Leistungssteuervorrichtungen **116, 118, 120** erzeugt. Die Laser erzeugen sichtbares Licht und werden nur angeschaltet, wenn ein Pixel in dem erwünschten Bild gesehen werden soll. Die Farbe jedes Pixels wird durch eine oder mehrere der Farben der Strahlen bestimmt. Jegliche Farbe im Spektrum des sichtbaren Lichts kann durch selektive Überlagerung von einem oder mehreren der roten, blauen und grünen Laser gebildet werden. Das Rastermuster ist ein Netz, das aus mehreren Pixeln auf einer Linie und mehreren Linien besteht. Das Bild ist eine Bitmap ausgewählter Pixel. Jeder Buchstabe oder jede Zahl, jegliche graphische Darstellung oder Logo, und sogar maschinenlesbare Strichcodesymbole können als ein Bitmapbild abgebildet werden.

[0060] Wie in [Fig. 7](#) gezeigt, wird ein eingehendes Videosignal mit vertikalen und horizontalen Synchronisationsdaten, ebenso wie Pixel- und Clock- bzw. Taktungsdaten, zu den roten, blauen und grünen Puffern **122, 124, 126** unter der Steuerung des Mikroprozessors **114** gesendet. Die Speicherung eines vollständigen VGA-Rahmens erfordert viele Kilobytes und es wäre wünschenswert, ausreichend Speicher in den Puffern für zwei vollständige Rahmen zu besitzen, um zu ermöglichen, dass ein Rahmen geschrieben wird, während ein weiterer Rahmen bearbeitet und projiziert wird. Die gepufferten Daten werden an einen Formatierer **128** unter der Steuerung eines Geschwindigkeits-Profilers **130** und zu roten, blauen und grünen Nachschlagtabellen (LUTs = Look Up Tables) **132, 134, 136** gesendet, um inhärente, interne Verzerrungen zu korrigieren, die durch das Scannen verursacht werden, ebenso wie geometrische Verzerrungen, die durch den Winkel der Anzeige des projizierten Bilds verursacht werden. Die resultierenden roten, blauen und grünen digitalen Signale werden in rote, blaue und grüne analoge Signale durch Digital-zu-Analog-Wandler (DAs = Digital to Analog Converters) **138, 140, 142** umgewandelt. Die roten und blauen analogen Signale werden den roten und blauen Laserantrieben (LDs = Laser Drivers) **144, 146** zugeführt, die ebenfalls mit den roten und blauen Leistungssteuervorrichtungen **116, 118** verbunden sind. Das grüne analoge Signal wird dem AOM-Hochfrequenzantrieb (RF = Radio Frequency) **150** und seinerseits dem grünen Laser **34** zugeführt,

der ebenfalls mit einem grünen Laserantrieb **148** und mit der grünen Leistungssteuervorrichtung **120** verbunden ist.

[0061] Die Rückkopplungssteuerungen sind ebenfalls in [Fig. 7](#) gezeigt, einschließlich der roten, blauen und grünen Photodiodenverstärker **152**, **154**, **156** verbunden mit roten, blauen und grünen Analog-zu-Digital-(ND)Wandlern **158**, **160**, **162** und ihrerseits mit dem Mikroprozessor **114**. Die Wärme wird durch einen Thermistorverstärker **164**, verbunden mit einem A/D-Wandler **166** und dieser seinerseits mit dem Mikroprozessor überwacht.

[0062] Die Scanspiegel **64**, **68** werden durch die Antriebsvorrichtungen **168**, **170** angetrieben, die mit analogen Antriebssignalen von den DACs **172**, **174** versorgt werden, die ihrerseits mit dem Mikroprozessor verbunden sind. Die Rückkopplungsverstärker **176**, **178** detektieren die Position der Scanspiegel **64**, **68** und sind mit den Rückkopplungs-A/Ds **180**, **182** und diese ihrerseits mit dem Mikroprozessor verbunden.

[0063] Eine Leistungsmanagementschaltung **184** ist betriebsbereit, um die Leistung zu minimieren, während schnelle Einschaltzeiten ermöglicht werden, vorzugsweise indem der grüne Laser zu allen Zeiten angeschaltet bleibt und durch Halten des Stroms der roten und blauen Laser gerade unterhalb der Laserschwelle.

[0064] Ein Lasersicherheitsabschaltschaltung **186** ist betriebsbereit, um die Laser abzuschalten, wenn detektiert wird, dass einer der beiden Scanspiegel **64**, **68** sich in einer Fehlposition befindet.

[0065] Sich jetzt dem elektromagnetischen Antrieb **70** der [Fig. 8–Fig. 9](#) zuwendend, umfasst das oben beschriebene Biegeelement **200** einen planaren Halterungs- bzw. Trageteil **202**, ein Paar planarer, kolinearer Torsionsteile **204**, **206** und ein Paar planarer Endteile **208**, **210**. Das Biegeelement ist ein einzelnes, langgestrecktes Stück elastischen Materials, vorzugsweise eines getemperten, rostfreien Stahls mit einer Dicke in der Größenordnung von 0,027 mm. Die Breite der Torsionsteile liegt in der Größenordnung von 0,122 mm und obwohl es möglich ist, das Biegeelement mit derartigen Abmessungen maschinell herzustellen, ist es bevorzugt, das Biegeelement für diesen Zweck chemisch zu ätzen. Es ist die Querabmessung der Torsionsteile, die gesteuert wird, um die Resonanzfrequenz des Scanspiegels **68** zu steuern, wie unten beschrieben. Die Torsionsteile sind dünne, lange, drahtartige Stränge, die sich wie Torsionsstangen verhalten, wie unten beschrieben.

[0066] Der Antrieb **70** umfasst eine geformte Kunststoffhalterung mit einer oberen Platte **212** und einer unteren Platte **214** zwischen denen die Spule **72** angeordnet ist. Die obere Platte besitzt ein langgestrecktes, ausgenommenes Fach **216** mit einer oberen Öffnung, ein Paar von aufrechten, zylindrischen Positionierungsstiften **218**, **220**, die in einer flachen, im Allgemeinen rechteckigen Ausnehmung **222** angebracht sind, und einen aufrechten Vorsprung **224**, der in einer flachen Ausnehmung **226** angebracht ist.

[0067] Das Biegeelement **200** ist auf der oberen Platte **212** angebracht und überspannt in Längsrichtung die obere Öffnung des Fachs **216**. Der Magnet **71** ist auf der Unterseite des Trageteils **202** angebracht und liegt zumindest teilweise innerhalb des Fachs **216**, wodurch der Magnet **71** dichter an der Spule als dahin positioniert wird, und die vertikale Gesamthöhe, die für den Antrieb erforderlich ist, verkürzt wird.

[0068] Der Endbereich **208** ist E-förmig und besitzt ein Paar von Ausschnitten **228**, **230** zur geschützten bzw. einfachen Aufnahme der Stifte **220**, **218**. Einfasslöcher **232**, **234** ermöglichen die Einführung eines Flüssigklebstoffs, um den Endbereich **208** fest in der flachen Ausnehmung **226** zu verankern.

[0069] Der Endbereich **210** ist als ein Rechteck geformt und ist inwändig mit zwei in Längsrichtung verlaufenden Schnitten **236**, **238** und einem in Querrichtung verlaufenden Schnitt **240** gebildet, wodurch eine rechteckige Lasche **242** festgelegt und erzeugt wird. Die Lasche **242** liegt in der gleichen Ebene wie der Endbereich **210**. Zu Zwecken der Klarheit der Darstellung ist die Lasche **242** in [Fig. 8](#) jedoch in ihrem gekrümmten, komprimierten oder geknickten Zustand, wie unten beschrieben, gezeigt, um ihre freie Kante **244** besser darzustellen, die sich in dem gespannten Zustand über der Ebene des Endbereichs **210** befindet. Die Lasche **242** ist drehbar an dem Endbereich **210** an ihrer zusammenklappbaren Kante **246**, die parallel zu der freien Kante **244** ist, angebracht.

[0070] Wenn der Endbereich **210** auf der oberen Platte **212** angebracht ist, steht eine obere Oberfläche **250** des zuvor erwähnten Vorsprungs **224** in Eingriff mit der Unterseite der Lasche **242**, die benachbart der freien Kante **244** ist, und drückt die Lasche, um die dargestellte, gekrümmte Form anzunehmen. Während die Lasche gebogen wird, gibt sie einen rechteckigen Ausschnitt **248** in dem Endbereich **210** frei. Der Vorsprung **224** besitzt ebenfalls eine gekrümmte Oberfläche **252**, die eine im Allgemeinen komplementäre Kontur zu der Krümmung der gebogenen Lasche **242** besitzt. Tatsächlich ist die gekrümmte Oberfläche **252** ausgelegt, um sicherzustellen, dass die gebogene Lasche **242** nicht über ihre Streckgrenze hinaus während des Zusammenbaus gedehnt wird, selbst wenn das Biegeelement manuell mit der Hilfe eines Werkzeugs, wie beispielsweise einer Pinzette, installiert wird. Mit anderen Worten ist

es nicht erwünscht, eine dauerhafte Biegung an die Lasche zu übermitteln, da eine derartige permanente Deformierung der Lasche des Vorsehens der notwendigen Spannung an das Biegeelement, wie unten beschrieben, berauben könnte. Zusätzlich stellt eine begrenzte Ausnehmung zwischen der gekrümmten Oberfläche **252** und der gekrümmten Lasche **242** sicher, dass eine permanente Biegung nicht auf die Lasche im Fall eines Sturzereignisses ausgeübt wird, d.h. wenn die Anordnung einen plötzlichen Schock und Verzögerungskräfte erfährt, wenn sie unbeabsichtigt auf den Boden oder eine andere harte Oberfläche auftrifft.

[0071] Sobald der Endbereich **210** flach auf der oberen Platte **212** angeordnet ist, wie in der zusammengesetzten Ansicht der [Fig. 9](#), wird die freie Kante **244** mit einem Schnappvorgang in einer Ecke **254** gefangen, die zwischen einer aufrechten, vertikalen Oberfläche **256** und der gekrümmten Oberfläche **252** des Vorsprungs **250** gebildet ist. Der Vorsprung **224** wirkt mit der elastischen Lasche **242** zusammen, um in Längsrichtung Spannung an das Biegeelement anzulegen, d.h. der Endbereich **210** wird weg von dem Endbereich **208** gedrückt. Diese Spannung wird nicht durch zusätzliche, diskrete Komponenten wie im Stand der Technik erreicht, sondern stattdessen durch die Lasche, die integral mit dem Biegeelement gebildet ist. Es ist die Kompression oder das Knicken der Lasche, das eine Reaktionskraft erzeugt, um die Torsionsteile des Biegeelements zu spannen.

[0072] Das gespannte Biegeelement wirkt als eine Rückführfeder für den Scanspiegel **68**, der darauf angebracht ist. Während der Erregung der Spule **72** mit einem periodischen Antriebssignal wird ein periodisches, elektromagnetisches Feld ausgebreitet, welches mit dem permanenten Feld des Magneten **71** interagiert, wodurch bewirkt wird, dass sich der Magnet in einer Umfangsrichtung entlang einer Achse bewegt, entlang derer sich die Torsionsteile **204**, **206** erstrecken. Der Magnet bewegt den Trageteil **202** und den Scanspiegel **68** und verdreht die Torsionsteile **204**, **206** in einer Umfangsrichtung um die Achse relativ zu den befestigten Endteilen **208**, **210** zu einer Endbegrenzungsscanposition. Daraufhin wird die Energie, die in den verdrehten Torsionsteilen gespeichert ist, freigesetzt, wodurch der Trageteil **202** und der Scanspiegel **68** bewegt und die Torsionsteile in der entgegengesetzten Umfangsrichtung um die Achse relativ zu den befestigten Endteilen **208**, **210** aufzudrehen. Diese Energiefreisetzung kann durch die interagierenden Magnetfelder unterstützt werden. In jedem Fall hält die Bewegung des Trageteils **202** und des Scanspiegels mit einer Resonanzfrequenz an und die Torsionsteile **204**, **206** werden verdreht, dieses Mal entlang der entgegengesetzten Umfangsrichtung zu einer anderen Endbegrenzungsscanposition. Dieser Zyklus wird wiederholt, wodurch der Scanspiegel **68** oszilliert und jeder Lichtstrahl, der auf

den Scanspiegel **68** zwischen den Endbegrenzungsscanpositionen auftrifft, hinweggestrichen wird. Durch Sicherstellen, dass das Biegeelement gespannt ist, ist die Scanbewegung des Spiegels wiederholbar, zuverlässig und unempfänglich gegenüber Variationen der Umgebungstemperatur, welche die Expansion und Kontraktion des Metallbiegelements verursachen.

[0073] Ein Paar von Vibrationsdämpfern **258**, **260** haftet an dem Endbereich **210** und der oberen Platte **212**. Die Dämpfer fungieren als viskoelastische Dämpfer, die ausgelegt sind, um jegliche Vibrationen in einem bestimmten Frequenzbereich abzuschwächen. Die Dämpfer fungieren auch als ein zusätzlicher mechanischer Anker für den Endbereich **210**, um zu verhindern, dass das Biegeelement von dem Vorsprung **224** während eines Sturzereignisses entfernt wird.

[0074] Wie zuvor bemerkt, wird der kompakte Antrieb dieser Erfindung in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel als der vertikale oder Y-Antrieb bei der Erzeugung des Rastermusters verwendet. Dies bedeutet, dass der Lichtstrahl, der auf den Scanspiegel auftrifft, eine Scanlinie ist, deren Länge sich entlang der horizontalen oder X-Richtung des Rastermusters erstreckt. Um die Gesamtlänge der Scanlinie unterzubringen, besitzt der Scanspiegel **68**, wie in [Fig. 8](#)-[Fig. 9](#) gezeigt, eine lange Länge und kurze Höhe. Ein langer Scanspiegel erhöht jedoch die Gesamtlänge des Antriebs und folglich um die Gesamtlänge zu verringern und dadurch eine kompakte Konstruktion zu erreichen, ist der Scanspiegel so ausgelegt, dass er zumindest teilweise die Torsionsteile **204**, **206** überlappt. Zu diesem Zweck besitzt, wie in [Fig. 10](#) gezeigt, die Rückseite des Scanspiegels **68** eine Längsausnehmung **262**, so dass die Torsionsteile **204**, **206** den Scanspiegel in dem überlappenden Bereich nicht kontaktieren.

[0075] Der Scanspiegel **68** besitzt, wie in [Fig. 10](#) gezeigt, einen T-förmigen Querschnitt und ist vorzugsweise ein extrudiertes Stück Kunststoff oder ein gezogenes Glasstück, auf das eine reflektierende Spiegelbeschichtung beschichtet ist. Eine lange Extrusion kann hergestellt, und dann poliert, beschichtet und für die Verwendung in dem Antrieb geschnitten werden.

[0076] Wie graphisch in [Fig. 11](#) dargestellt, wird der Scanspiegel **68** in einem Antriebsmodus mit einer im Wesentlichen konstanten Antriebsgeschwindigkeit während eines Teils des Antriebszyklus durch den elektromagnetischen Antrieb **70** angetrieben, während in dieser Zeit ein Rahmen des Bilds angezeigt wird. Dies stellt beispielsweise die Bewegung der Scanlinie von ihrer obersten Position zu ihrer untersten Position in dem Rastermuster und umgekehrt dar. [Fig. 11](#) zeigt ebenfalls einen Spiegelrückkehrmodus,

in dem der Scanspiegel während des verbleibenden Teils des Antriebszyklus zurückkehrt. Dies stellt die Rückkehrbewegung der Scanlinie von ihrer untersten Position zu ihrer obersten Position in dem Rastermuster und umgekehrt dar. Die Rückkehr wird mit der Resonanzfrequenz des Scanspiegels **68** ausgeführt, um elektrische Leistung einzusparen, und ist, wie gezeigt, schneller als die Antriebsfrequenz des Antriebs **70** während des Antriebsmodus.

[0077] Wie zuvor mittels eines numerischen Beispiels erwähnt, beträgt eine typische Antriebsfrequenz, d.h. Rahmenraten, 60 Hz oder 86 Hz, aber andere Antriebsfrequenzen, wie beispielsweise 56 Hz, 72 Hz und 75 Hz werden ebenfalls oft verwendet. Die Wechselstromleitungs frequenz zur Erregung der elektromagnetischen Spule **70** beträgt typischerweise 50 Hz oder 60 Hz. Wenn eine Oberschwingung der Antriebsfrequenz oder der Leitungs frequenz eng mit der Resonanzfrequenz des Scanspiegels **68** übereinstimmt, dann gibt es eine elektrische Interferenz, und eine sinusförmige Störgröße, wie sie beispielsweise in [Fig. 12](#) dargestellt ist, wird auf den Teil konstanter Geschwindigkeit des Geschwindigkeit versus Zeit Diagramms überlagert. Ein unverzerrtes Bild erfordert, dass die Geschwindigkeit während des Antriebsmodus im Wesentlichen konstant ist. Die Störgröße bewirkt jedoch Variationen in der Geschwindigkeit, wodurch das Bild in einer ungesteuerten, unvorhersagbaren Art und Weise verzerrt wird.

[0078] Gemäß dieser Erfindung wird die Resonanzfrequenz angepasst, um so entfernt wie möglich von den Oberschwingungen der Antriebs- und Leitungs frequenzen zu sein, unter der Einschränkung bestimmter Kompromisse. Die Resonanzfrequenz sollte so hoch wie möglich sein, um eine schnelle Rückkehr des Scanspiegels **68** sicherzustellen, aber sollte so niedrig wie möglich sein, um den elektrischen Leistungsverbrauch durch den Antrieb **70** zu minimieren. In dem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die Resonanzfrequenz so ausgewählt, dass sie in einem Bereich von 270–280 Hz liegt.

[0079] Die Resonanzfrequenz des Scanspiegels **68** sollte durch Verändern von solchen Faktoren, wie der Masse des Spiegels **68** und/oder der Masse des Magneten **71** und/oder des Materials des Biegeelements **200** anpassbar sein. Es ist jedoch bevorzugt, derartige Faktoren konstant zu halten und stattdessen die Dicke und/oder die Breite der Torsionsteile **204**, **206** zu variieren. Wie zuvor bemerkt, liegt die nominale Dicke der Torsionsteile in der Größenordnung von 0,027 mm und ihre Breite liegt in der Größenordnung von 0,122 mm. Chemisches Ätzen zur Erreichung dieser Querabmessungen ist bevorzugt, um zu erreichen, dass die erwünschte Resonanzfrequenz ein nicht ganzzahliges Vielfaches der Antriebs- und Leitungs frequenzen ist.

[0080] [Fig. 13](#) stellt ein Ausführungsbeispiel einer Antriebsschaltung dar, die betriebsbereit ist, um den Scanspiegel **68** mit einer im Wesentlichen konstanten Geschwindigkeit in einer Umfangsrichtung anzu treiben, was eine schnelle Rückwärtsrückkehrbewe gung mit seiner Resonanzfrequenz in der entgegen gesetzten Umfangsrichtung ermöglicht. Die Rückkopplungseinheit **300** extrahiert die Geschwindig keits- und Positions information aus einem Rückkopplungssignal und erzeugt ein Geschwindigkeitssignal zur Eingabe in einen Fehler verstärker **304**, sowie ein Positionssignal zur Eingabe in eine Vergleichsvor richtung **306**. Die Rückkopplungseinheit **300** umfasst typischerweise eine Rückkopplungsspule, die in der Nähe des Magneten **71** angebracht und betriebs bereit ist, um das Rückkopplungssignal zu erzeugen, das das Antriebssignal verfolgt, welches durch die Antriebsspule **72** erzeugt wird.

[0081] Eine Spiegelsteuervorrichtung **302** stellt eine erwünschte Geschwindigkeit ein und gibt ein Referenzgeschwindigkeitssignal an den Fehler verstärker **304** zum Vergleich mit dem Spiegelgeschwindig keits signal aus. Die Ausgabe des Scanverstärkers **304** wird an eine Spiegelantriebsvorrichtung **308** übertragen, die einen Ausgabe antriebsstrom an die Antriebsspule **72** liefert, zur kontinuierlichen Anpassung der Geschwindigkeit des Scanspiegels, um mit der durch die Steuervorrichtung **302** eingestellten Referenzgeschwindigkeit übereinzustimmen.

[0082] Die Steuervorrichtung **302** stellt ebenfalls eine Endbegrenzungsposition ein und gibt ein End positionssignal an den Vergleicher **306** zum Vergleich mit dem Spiegelpositionssignal aus. Die Ausgabe des Vergleichers **306** wird ebenfalls der Spiegelantriebsvorrichtung **308** zugeführt. Wenn das Spiegelpositionssignal mit dem Endpositionssignal übereinstimmt, schaltet die Spiegelantriebsvorrichtung **308** in einen Hochimpedanzzustand, wodurch der Fluss des Ausgabe antriebsstroms zu der Antriebsspule **72** verhindert wird. Der Scanspiegel **68** wird freigelassen, mit seiner Resonanzfrequenz zurückzukehren, und zwar durch die Energie die in den verdrehten Torsionsteilen gespeichert ist. Wenn der Scanspiegel seine gegenüberliegende Endbegrenzungsposition erreicht, schaltet der Vergleicher **306** die Antriebsvorrichtung **308** wieder an und ein neuer Antriebszyklus beginnt.

[0083] Das Ausführungsbeispiel der [Fig. 14](#) ist analog zu dem der [Fig. 13](#) mit der Ausnahme, dass die Spiegelantriebsvorrichtung **308** unter vollständiger Kontrolle der Spiegelsteuervorrichtung **302** steht. In diesem Ausführungsbeispiel wiederholt anstelle einer kontinuierlichen Anpassens der Antriebsvorrichtung **308** die Steuervorrichtung **302** einen vordefinierten Zyklus, während kleine, inkrementelle Veränderungen für aufeinanderfolgende Zyklen vorgenommen werden. Optional wird die Steuervorrichtung **302**

mit den vertikalen Synchronisationsimpulsen von einer Host-Steuervorrichtung synchronisiert.

[0084] Was als neu beansprucht und durch das Patent geschützt werden soll, ist in den beigefügten Ansprüchen dargelegt.

[0085] Die elektrische Interferenz zwischen den Resonanz-, Antriebs- und Leitungs frequenzen in einem Antrieb wird durch Auswählen der Resonanzfrequenz, so dass sie in einer nicht-harmonischen Beziehung zu den Antriebs- und Leitungs frequenzen steht, verringert. Der Antrieb besitzt eine vorteilhafte Verwendung in einem leichtgewichtigen, kompakten Bildprojektionsmodul, das betriebsbereit ist, um zu bewirken, dass ausgewählte Pixel in einem Rastermuster beleuchtet werden, um ein unverzerrtes Bild hoher Auflösung in VGA-Qualität in Farbe zu erzeugen.

Patentansprüche

1. Eine Anordnung zur Verringerung der Bildverzerrung in einem projizierten Bild, die Folgendes aufweist:

- a) eine Lichtquelle zum Erzeugen eines Lichtstrahls;
- b) ein Paar oszillierbarer Scanspiegel;
- c) eine Antriebsanordnung zum Oszillieren der Scanspiegel um zueinander orthogonale Achsen, um ein Rastermuster von Scanlinien auf einer Projektionsoberfläche zu bilden, wobei jede Scanlinie eine Anzahl von Pixeln besitzt, wobei die Antriebsanordnung einen Antrieb umfasst, der mit einer Antriebsfrequenz zum Bewegen von einem der Scanspiegel in einer Umfangsrichtung um eine der Achsen mit einer im Wesentlichen konstanten Antriebsgeschwindigkeit betätigbar ist, wobei der eine Scanspiegel mit einer Resonanzfrequenz in einer entgegengesetzten Umfangsrichtung um die eine Achse mit einer Rückstellgeschwindigkeit rückführbar ist, die größer als die Antriebsgeschwindigkeit ist;
- d) eine Steuervorrichtung um zu bewirken, dass ausgewählte Pixeln in den Scanlinien durch den Laserstrahl beleuchtet und sichtbar gemacht werden, um das Bild auf der Projektionsoberfläche zu bilden; und
- e) Mittel zum Anpassen der Resonanzfrequenz, so dass diese in einer nicht-harmonischen Beziehung zu der Antriebsfrequenz stehen, um die elektrische Interferenz zwischen den Resonanz- und Antriebsfrequenzen zu verringern und um der Bildverzerrung zu widerstehen.

2. Anordnung gemäß Anspruch 1, wobei die Lichtquelle ein Laser zum Emittieren eines Laserstrahls als dem Lichtstrahl ist.

3. Anordnung gemäß Anspruch 1, wobei der Antrieb ein Biegeelement umfasst, auf dem der eine Scanspiegel angebracht ist, sowie Mittel zum Biegen des Biegelements in zumindest einer der Umfangs-

richtungen um die eine Achse, um zu bewirken, dass sich der eine Scanspiegel um die eine Achse bewegt.

4. Anordnung gemäß Anspruch 3, wobei das Biegeelement Längstorsionsteile besitzt, die sich entlang der einen Achsen erstrecken, wobei jeder Torsionsteil eine Querabmessung besitzt; und wobei die Resonanzfrequenz von der Querabmessung abhängig ist.

5. Anordnung gemäß Anspruch 1, wobei der Antrieb durch eine Versorgungsleitungs frequenz erregt wird, und wobei das Anpassungsmittel ebenfalls betriebsbereit ist, um die Resonanzfrequenz anzupassen, so dass sie in nicht-harmonischer Beziehung zu der Versorgungsleitungs frequenz steht.

6. Anordnung gemäß Anspruch 5, wobei die Versorgungsleitungs frequenz entweder 50 Hz oder 60 Hz beträgt, und wobei die Antriebsfrequenz entweder 60 Hz oder 85 Hz beträgt, und wobei die Resonanzfrequenz kein ganzzahliges Vielfaches der Versorgungsleitungs- und Antriebsfrequenzen ist.

7. Ein Verfahren zum Verringern der Bildverzerrung in einem projizierten Bild, das die folgenden Schritte aufweist:

- a) Erzeugen eines Lichtstrahls;
- b) Oszillieren eines Paares von Scanspiegeln um zueinander orthogonale Achsen, um ein Rastermuster von Scanlinien auf einer Projektionsoberfläche zu bilden, wobei jede Scanlinie eine Anzahl von Pixeln besitzt, wobei der Oszillationsschritt durch einen Antrieb ausgeführt wird, der mit einer Antriebsfrequenz für das Bewegen eines der Scanspiegel in einer Umfangsrichtung um eine der Achsen mit im Wesentlichen konstanter Antriebsgeschwindigkeit betätigbar ist, wobei der eine Scanspiegel mit einer Resonanzfrequenz in einer entgegengesetzten Umfangsrichtung um die eine Achse mit einer Rückstellgeschwindigkeit rückkehrbar ist, die größer als die Antriebsgeschwindigkeit ist;
- c) Bewirken, dass ausgewählte Pixel in den Scanlinien durch den Laserstrahl beleuchtet und sichtbar gemacht werden, um das Bild auf der Projektionsoberfläche zu bilden; und
- d) Anpassen der Resonanzfrequenz, so dass sie in einer nicht-harmonischen Beziehung zu der Antriebsfrequenz steht, um die elektrische Interferenz zwischen den Resonanz- und Antriebsfrequenzen zu verringern und um der Bildverzerrung zu widerstehen.

8. Verfahren gemäß Anspruch 7, wobei der Lichtstrahl durch einen Laser erzeugt wird.

9. Verfahren gemäß Anspruch 7, wobei der Antrieb ein Biegeelement umfasst, auf dem der eine Scanspiegel angebracht ist, sowie den Schritt des Biegens des Biegelements in zumindest einer der

Umfangsrichtungen um die eine Achse, um zu bewirken, dass sich der eine Scanspiegel um die eine Achse bewegt.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9, wobei das Biegeelement Längstorsionsteile besitzt, die sich entlang der einen Achse erstrecken, wobei jeder Torsionsteil eine Querabmessung besitzt; und wobei die Resonanzfrequenz von der Querabmessung abhängig ist.

11. Verfahren gemäß Anspruch 7, sowie den Schritt des Erregens des Antriebs durch eine Versorgungsleitungs frequenz, und wobei der Anpassungsschritt ebenfalls betriebsbereit ist, um die Resonanzfrequenz anzupassen, so dass sie in einer nicht-harmonischen Beziehung zu der Versorgungsleitungs frequenz steht.

12. Verfahren gemäß Anspruch 11, wobei die Versorgungsleitungs frequenz entweder 50 Hz oder 60 Hz beträgt, und wobei die Antriebsfrequenz entweder 60 Hz oder 85 Hz beträgt, und wobei die Resonanzfrequenz kein ganzzahliges Vielfaches der Versorgungsleitungs- und Antriebsfrequenzen ist.

13. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei der Anpassungsschritt durch Ätzen der Querabmessung auf einen vorbestimmten Wert ausgeführt wird.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

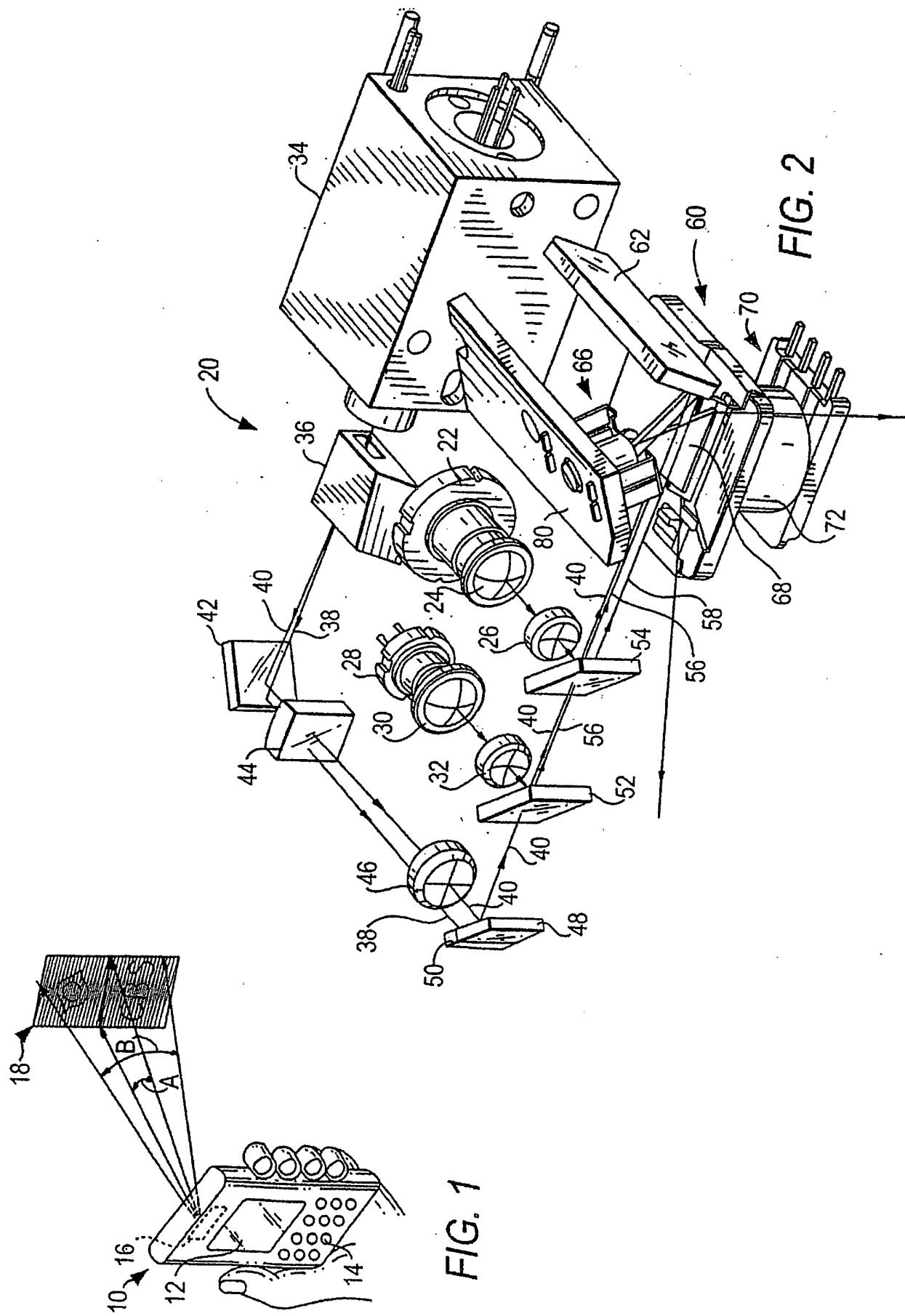
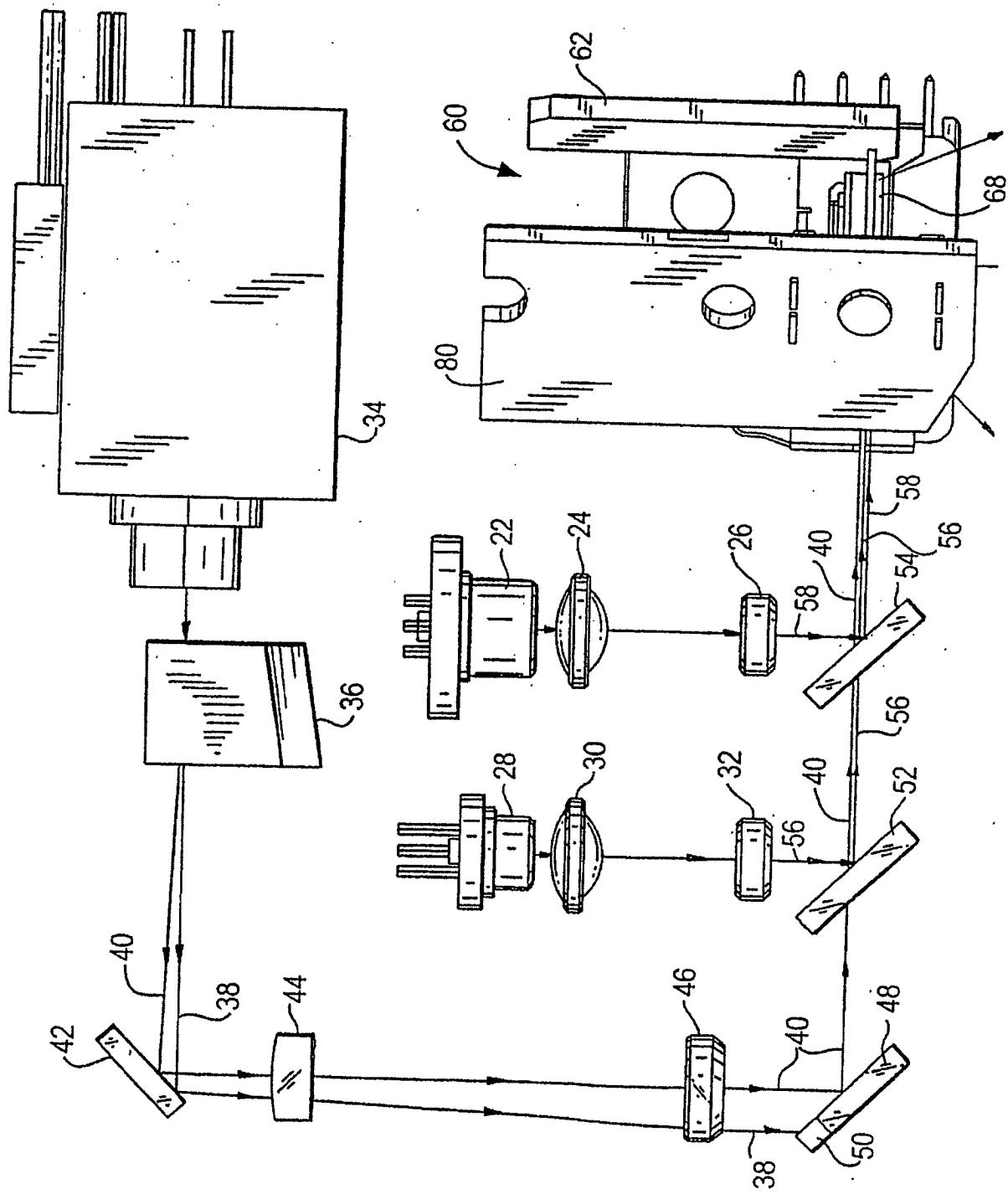


FIG. 3



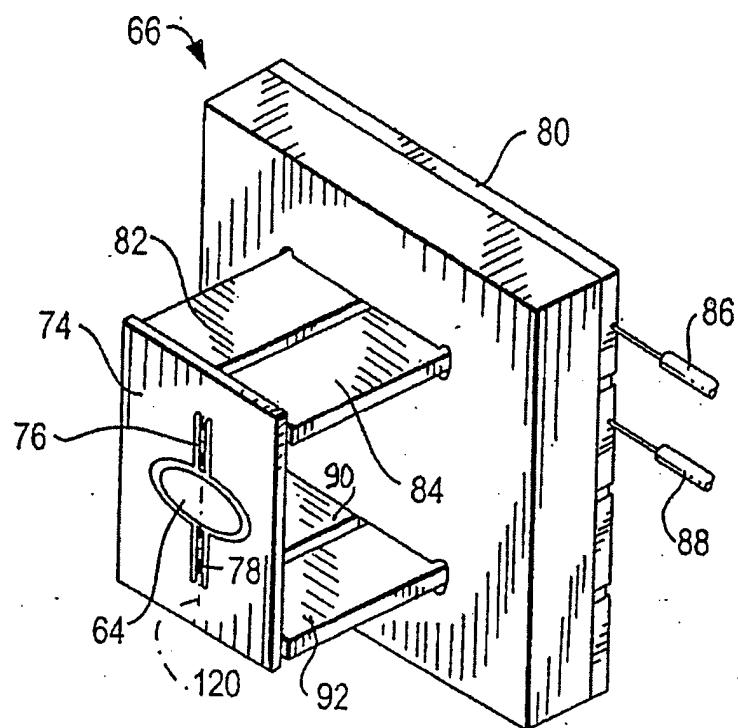


FIG. 4

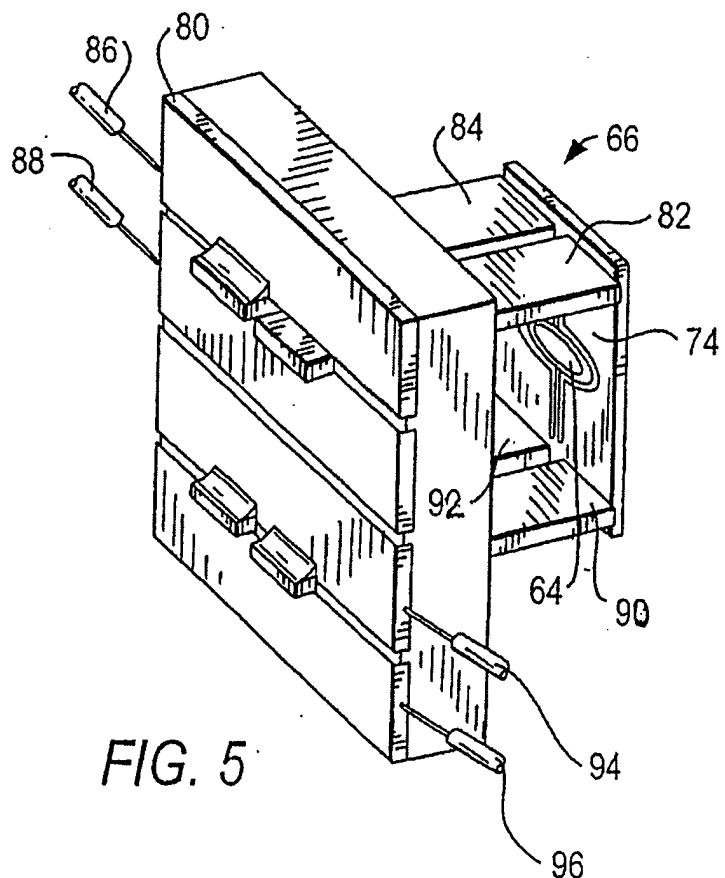


FIG. 5

FIG. 6

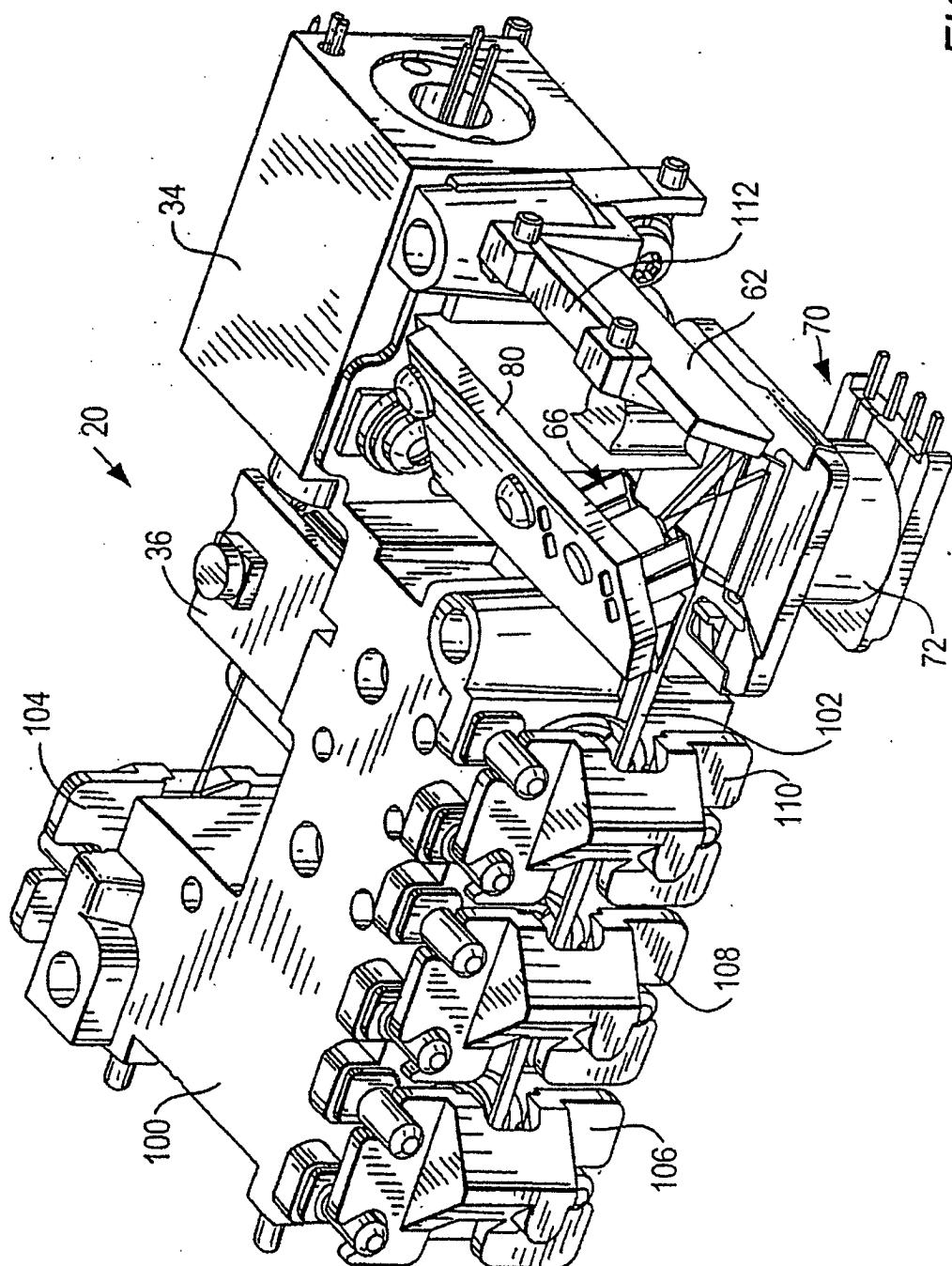
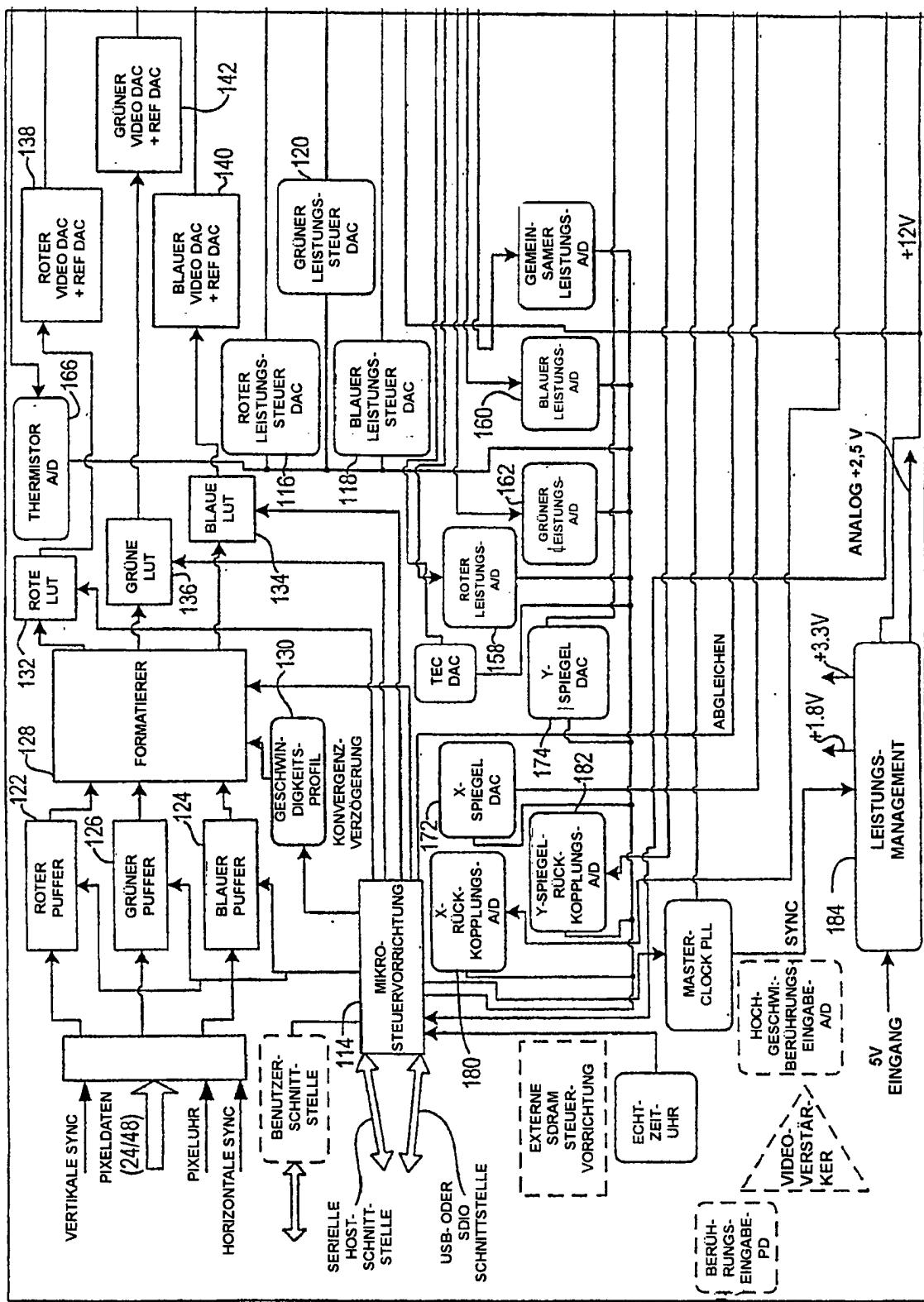


FIG. 7



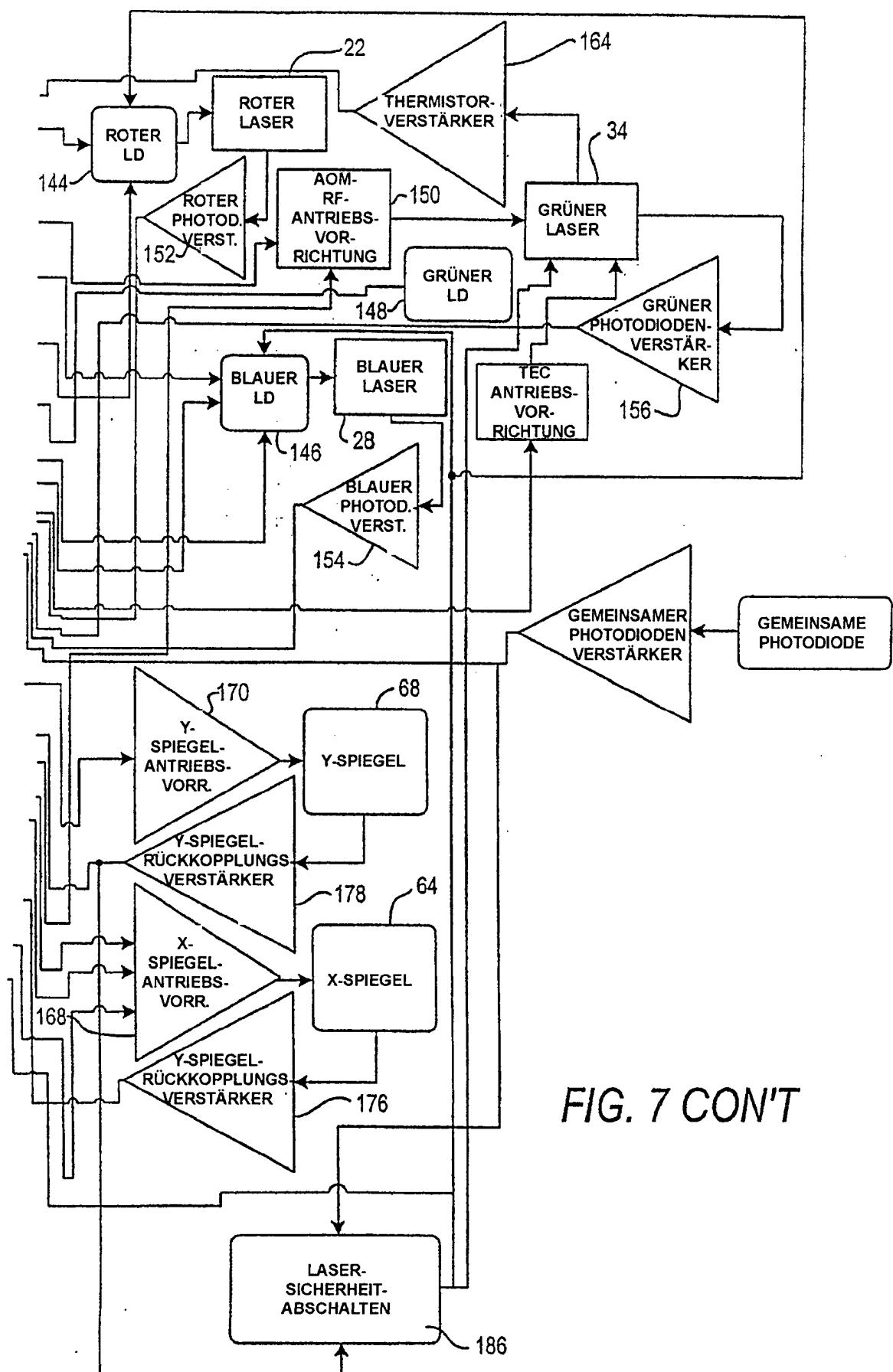


FIG. 7 CON'T

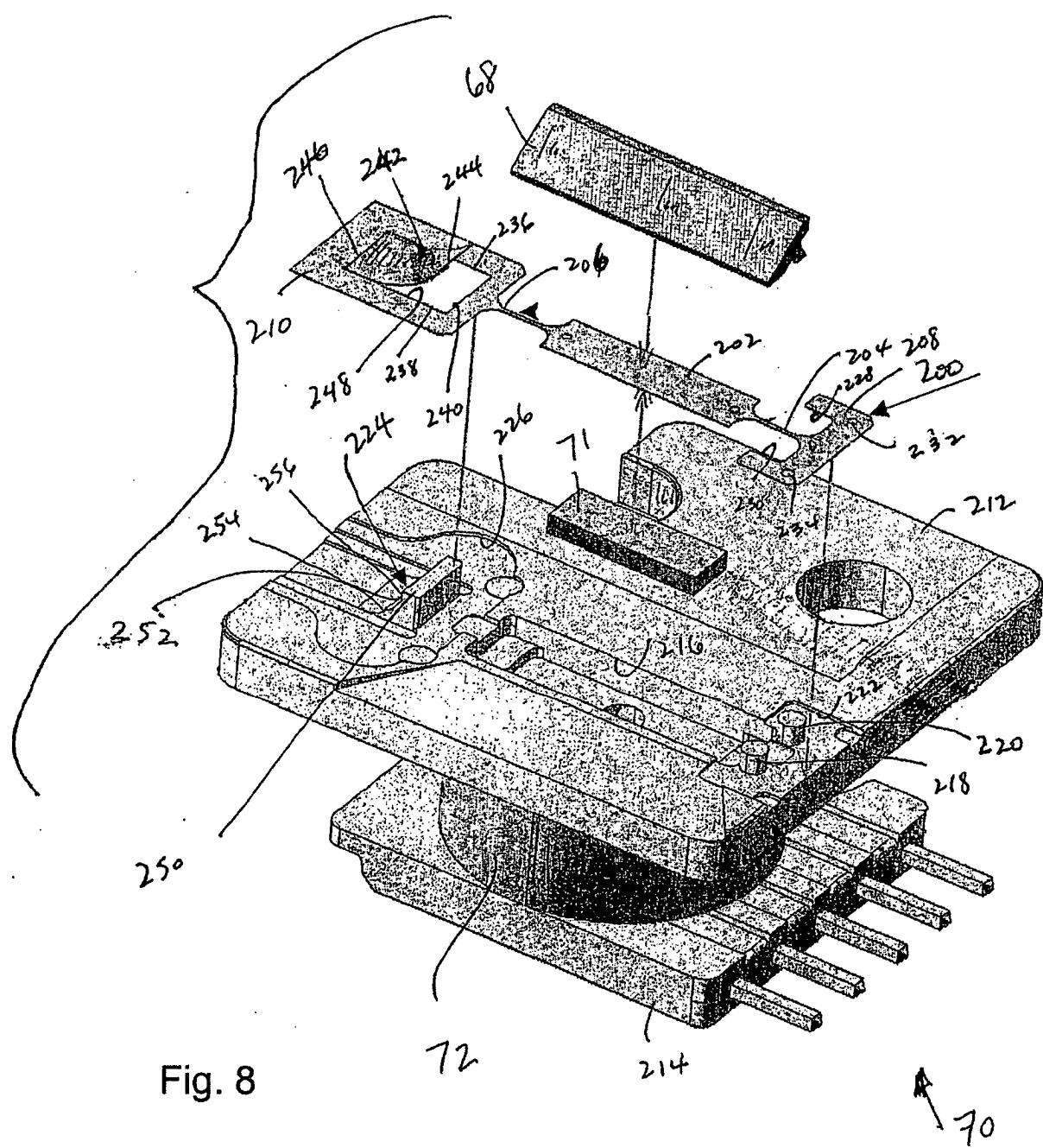


Fig. 8

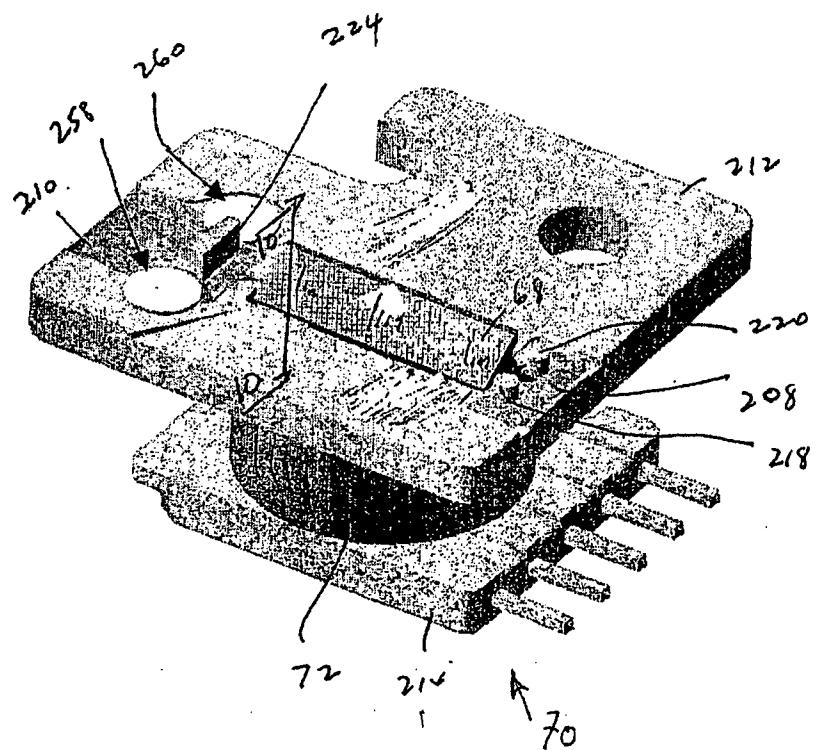


Fig. 9

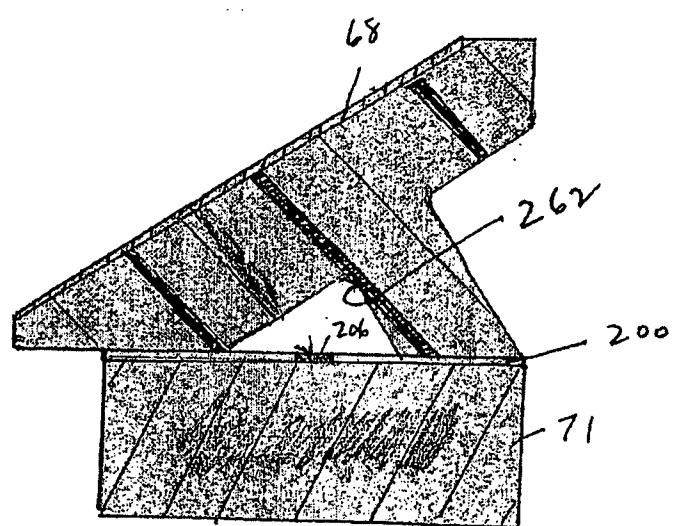


Fig. 10

GESCHWINDIGKEIT

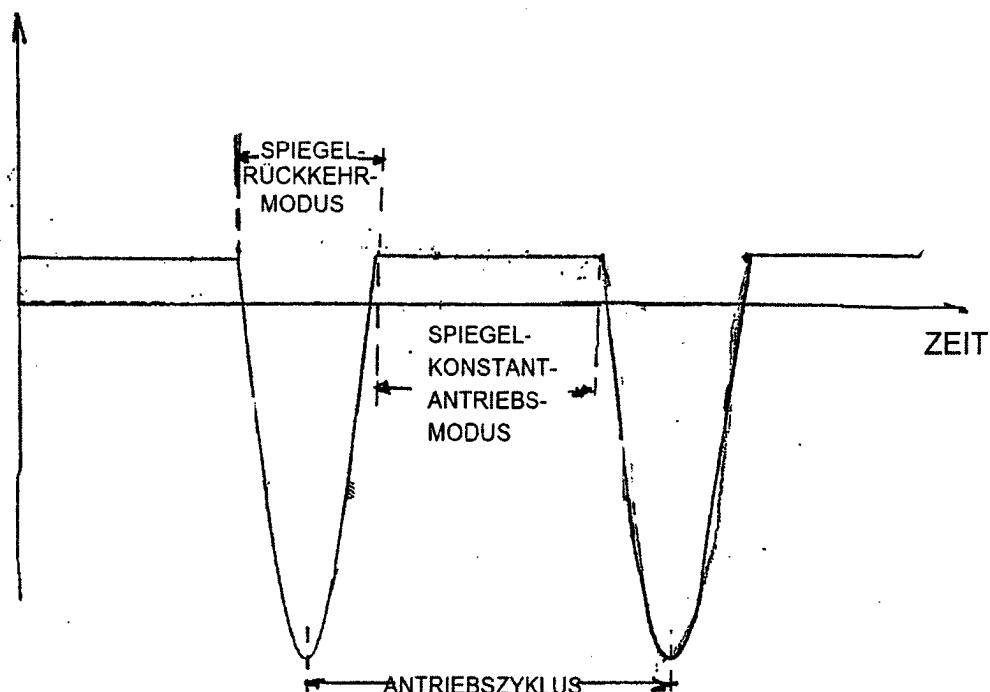


Fig. 11

GESCHWINDIGKEIT

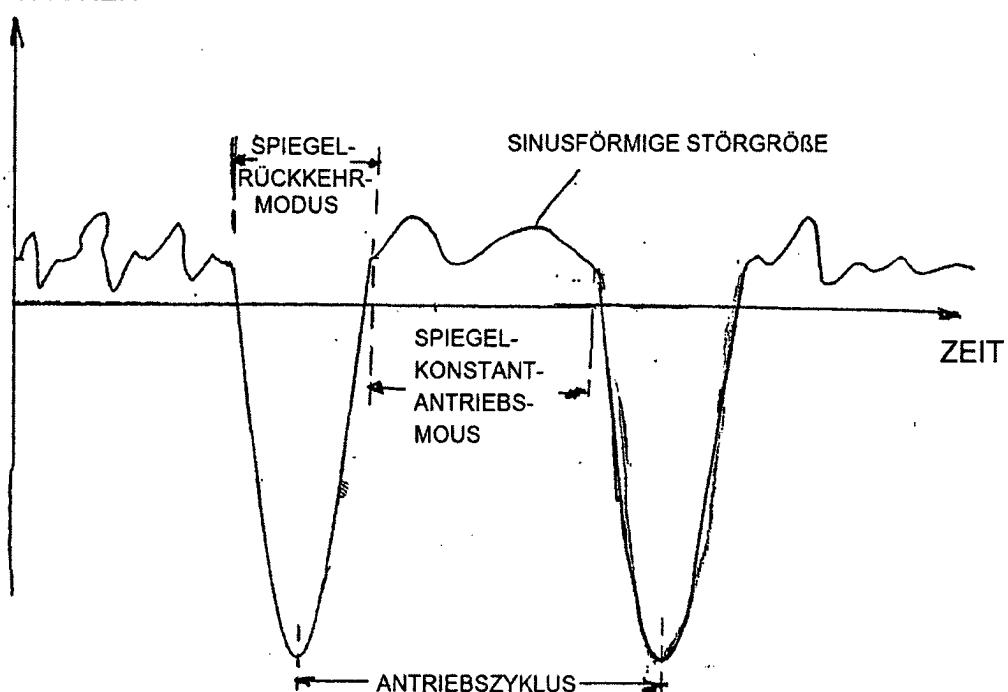


Fig. 12

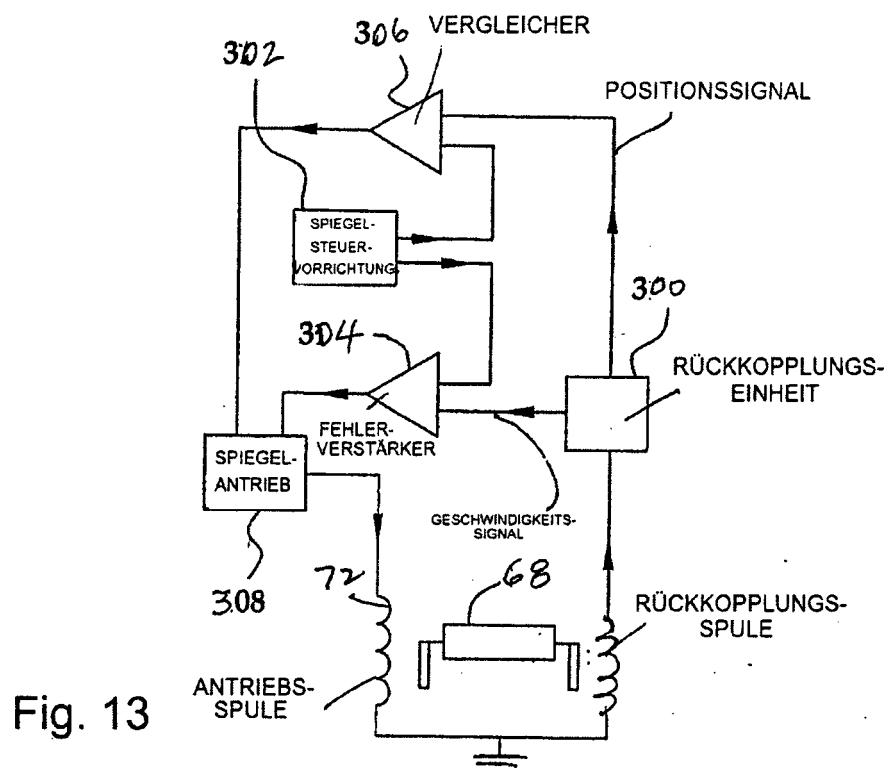


Fig. 13

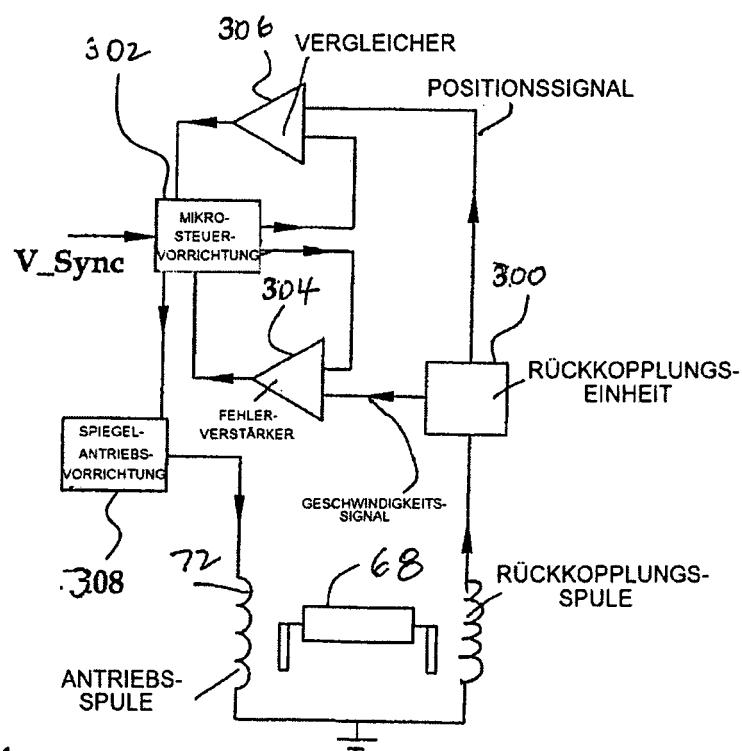


Fig. 14