(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 28 334 T2** 2005.02.17

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 827 005 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 28 334.8**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 100 879.2**
(96) Europäischer Anmeldetag: **21.01.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.03.1998**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **31.03.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.02.2005**

(51) Int Cl.[7]: **G02B 26/12**
B41J 2/47, G06K 15/12, C12N 1/00

(30) Unionspriorität:
703241 **26.08.1996** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Hewlett-Packard Co. (n.d.Ges.d.Staates Delaware), Palo Alto, Calif., US

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(72) Erfinder:
Towner, David K., Boise, US; Lawton, Robert J., Boise, US; Marshall, Daniel R., Boise, US

(54) Bezeichnung: **Strahlablenkung zur verbesserten Abtastung in einem Laserdrucker**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Querverweis auf verwandte Anmeldung

[0001] Die europäische Patentanmeldung Nr. 96103991.4, nun veröffentlicht als EP0763762A1, mit dem Titel „Beam Deflecting For Resolution Enhancement And Banding Reduction In A Laser Printer" ist mit der vorliegenden Anmeldung verwandt.

Gebiet der Erfindung

[0002] Diese Erfindung bezieht sich allgemein auf eine Bilderzeugungstechnologie und insbesondere auf ein Bereitstellen einer verbesserten Laserstrahlbewegung in einem Laserdrucker.

Hintergrund der Erfindung

[0003] In der Rechenindustrie sind Laserdrucker der Standard für ein Erzeugen von Druckkopieergebnissen mit hoher Qualität geworden. Laserdrucker arbeiten im allgemeinen durch ein axiales Bewegen eines Laserstrahls (in der „Bewegungsrichtung") über eine photoempfindliche, elektrisch geladene Trommel oder einen Riemen. Ein Bildelement oder „Pixel" ist ein grundlegender Baustein zum Erzeugen von Bildern. In einem Laserdrucker weist ein Pixel die Form eines „Punkts" auf, der im wesentlichen ein elektrischer Ladungsabdruck ist, der durch ein Belichten der photoleitfähigen Trommel oder des Riemens mit einem fokussierten Puls Laserlicht erzeugt wird. Der belichtete Bereich zieht Toner an, der nachfolgend auf Papier oder ein weiteres Druckmedium übertragen wird, um einen entsprechenden Punkt in dem letztendlichen Druckkopiebild zu erzeugen. Bei herkömmlichen Laserdruckern wird die Laserleistung jedesmal, wenn der Laserstrahl über die photoleitfähige Oberfläche bewegt wird, mit einer schnellen Geschwindigkeit moduliert oder „gepulst", wobei jeder Puls einen Punkt erzeugt und jeder Bewegungsdurchlauf eine Zeile eng beabstandeter Punkte erzeugt (manchmal auch „Bewegungszeile" genannt). Gleichzeitig bewegt sich die photoleitfähige Oberfläche so in der Prozeßrichtung (in rechten Winkeln zu der Bewegungsrichtung, manchmal die „Querbewegungsrichtung" genannt), daß jede aufeinanderfolgende Bewegung eine Zeile von Punkten parallel zu der vorherigen Zeile, jedoch aufgrund der Bewegung der photoleitfähigen Oberfläche verschoben, erzeugt, wobei so ein zweidimensionales Bild erzeugt wird, wenn viele aufeinanderfolgende Zeilen von Punkten geschrieben werden. Die Bildauflösung, definiert als die Anzahl separat auflösbarer Punkte pro Zoll (dpi), ist eine der Charakteristika, die die Qualität der Druckerausgabe bestimmen. Ein Laserdrucker mit einer Auflösung von 600 dpi z. B. weist die doppelte Auflösung eines 300 dpi-Druckers auf. Ähnlich weist ein 1200 dpi-Drucker die doppelte Auflösung eines 600 dpi-Druckers auf.

[0004] Im allgemeinen gilt, daß je mehr Punkte pro Zoll vorhanden sind, desto besser die Bildqualität ist, da die Punkte kleiner und enger beieinander sind und dadurch genauer die Kanten und weitere Details der erzeugten Bilder definieren können. Ein Anstieg der dpi-Zahl erhöht jedoch üblicherweise die Herstellungskosten des Druckers aufgrund des erhöhten Speichers und einer verbesserten Hardware, die zur Erzeugung der erhöhten dpi-Zahl benötigt wird. Folglich ist ein Ausgleichen des Kompromiß zwischen Kosten und Leistung ein andauerndes Problem beim Laserdruckentwurf.

[0005] Ein herkömmliches Verfahren zum Erhöhen der Auflösung eines Druckers bestand darin, den Laser mit einer höheren Frequenz zu pulsen, wenn sich der Strahl in einem herkömmlichen linearen Bewegungspfad über die photoleitfähige Trommel bewegt. Dieses Verfahren erhöht jedoch eine Auflösung nur in der Bewegungsrichtung, ohne eine Auflösung in der Prozeßrichtung (peripher relativ zu der Trommel) zu erhöhen. Es werden nämlich mehr Punkte pro Zoll in der Bewegungsrichtung, jedoch nicht der Prozeßrichtung erzielt.

[0006] Die Entwicklung der Grauskalatechnologie hat ein alternatives Verfahren zum wirksamen Erhöhen der Auflösung geliefert. Die Grauskala reduziert selektiv die Punktgröße in einem Drucker, um ein besseres „Passen" der Punkte zu dem erwünschten Bild zu liefern und einen größeren Kontrastbereich zu liefern. Punktgrößen variieren von 100% bis etwa 20% einer normalen Größe und werden durch ein Variieren der Pulsbreite (Dauer des Lasermodulationspuls), jedoch nicht der Frequenz einer Modulation gesteuert. Diese Technik, die Pulsbreitenmodulation (PWM) genannt wird, verändert die lokale Größe der Punkte, jedoch nicht ihren Ort. Ein 300 dpi-Drucker, der eine PWM verwendet, erzeugt deshalb dennoch ein Muster aus Punkten mit einer 300 dpi-Beabstandung, wenn auch die einzelnen Punkte größenmäßig variieren.

[0007] Zusätzlich zu einer Auflösungsverbesserung ist eine weitere Verhaltenscharakteristik von Laserdruckern, die ein Kandidat für eine Verbesserung ist, die Druckgeschwindigkeit. Angesichts der fortwährenden technologischen Verbesserungen bei Rechengeschwindigkeiten müssen Druckgeschwindigkeiten ebenso verbessert werden, um Verbraucherbedarfen nachzukommen. Im allgemeinen jedoch müssen, um die Druckgeschwindigkeit in Laserdruckern zu erhöhen, der mehrseitige Bewegungsspiegel (Vieleck- bzw. Polygon-Scanner bzw. -Abtastvorrichtung) und die photoleitfähige Trommel beide mit schnelleren Geschwindigkeiten gedreht werden, um eine größere Ausgabe pro Einheitszeit bereitzustellen. Versuche, Trommel- und Polygon-Scanner-Drehgeschwindigkeiten zu erhöhen, stellen jedoch üblicherweise zahlreiche mechanische Schwie-

rigkeiten dar und führen zu wesentlich erhöhten Herstellungskosten für den Drucker.

[0008] Wenn die Laserpulsbreite während einer Bewegung moduliert wird, werden Variationen der Ladung auf der leitfähigen Oberfläche in Variationen der Punktgröße auf einem Blatt Papier umgesetzt (wie bei der Grauskala erläutert wurde). Da jedoch das menschliche Auge sehr empfindlich gegenüber kleinen Graupegelveränderungen ist, hat sich diese Architektur als extrem empfindlich gegenüber Variationen der Trommelgeschwindigkeit herausgestellt. Diese Variationen erscheinen auf der bedruckten Seite als vergrößerte oder verkleinerte Beabstandung zwischen Linien und erscheinen visuell als „Bänder" parallel zu der Bewegungsrichtung, wobei dieser unerwünschte Effekt „Banderscheinung" genannt wird. Die Banderscheinung ist für schnellere Laserdrucker, die Grauskalabilder, wie z. B. Photographien, drucken, ein besonders schwerwiegendes Problem. Die Forschung hat gezeigt, daß die schwerwiegendsten Banderscheinungseffekte bei Zwischengraupegeln auftreten.

[0009] Die meisten kommerziellen Drucker verwenden Schrittgebermotoren mit Getriebegeschwindigkeitsreduzierern zum Antreiben der photoleitfähigen Trommel oder des Riemens. Die Hauptursache der Banderscheinung ist ein Geschwindigkeitsreduzierer-Getrieberauschen, obwohl Geschwindigkeitsvariationen bei dem Schrittgebermotor und dem Scanner ebenso zu diesem Problem beitragen können. Getrieberauschen resultiert aus einer nicht perfekten Beabstandung von Zahnradzähnen, Varianzen beim Biegen von Zahnradzähnen, wenn Kräfte von einem Zahnrad auf das nächste übertragen werden, sowie weiteren intrinsischen Variationen einer Zahnradkraftübertragung. Der Schrittgebermotor trägt aufgrund kleiner Variationen der Winkelgeschwindigkeit aufgrund von Unregelmäßigkeiten bei den mehreren Magnetpositionen, die jede Stufe definieren, zu einer Banderscheinung bei, wenn er den Getriebezug in einem Laserdrucker treibt.

[0010] Da neue Druckerprodukte durchgehend zum schnelleren Drucken entworfen sind, und da die Ursachen der Banderscheinung dazu neigen, sich mit höheren Geschwindigkeiten zu verschlimmern, verschlimmert sich das Problem der Banderscheinung in der Zukunft wahrscheinlich. Üblicherweise haben sich Versuche zur Reduzierung von Banderscheinungswirkungen auf ein Finden mechanischer Verfahren zum Reduzieren von Getrieberauschen und Schrittgebermotor-Geschwindigkeitsvariationen konzentriert. Versuchte mechanische Lösungen beinhalten z. B. ein Verwenden von Zahnrädern mit helischen Zähnen oder Zahnrädern, die aus steiferen Materialien oder mit größerer Genauigkeit hergestellt sind, wobei diese Verbesserungen im allgemeinen jedoch wesentlich zu den Kosten des letztendlichen Produkts beitragen. Ferner versuchen diese Ansätze, die grundlegende Ursache des Banderscheinungsproblems anzugehen, indem ein mechanisch ideales Bewegungssteuersystem einer offenen Schleife (ohne Positionsrückkopplung) erzeugt wird. Sie versuchen nämlich, die Trommel mit einer konstanten Geschwindigkeit mit einem Motorantriebssystem zu drehen, in dem keine Rückkopplung von jeglicher Quelle verwendet wird, um die Motorgeschwindigkeit zu modifizieren oder eine der zuvor beschriebenen Beiträge zur Banderscheinung zu korrigieren. Obwohl die genannte Anmeldung EP0763762A1 ein zufälliges Variieren einer Laserstrahlbewegung für ein Verbessern einer Kantenauflösung und ein Reduzieren einer Banderscheinung offenbart, sind ihre Verfahren in bezug auf ein Verbessern von Druckergeschwindigkeit und -auflösung eingeschränkt.

[0011] Folglich bestehen angesichts der vorangegangenen Hintergründe in bezug auf Laserdruckerauflösung, Druckgeschwindigkeit und Banderscheinung Aufgaben der vorliegenden Erfindung darin, ein neues System und Verfahren zum (1) Erhöhen der Auflösung in einem Laserdrucker mit minimalem Anstieg der Hardwarekosten, die üblicherweise Druckern mit verbesserter Auflösung zugeordnet sind, (2) Erhöhen von Druckgeschwindigkeiten und (3) Reduzieren der visuellen Auswirkungen der Banderscheinung zu schaffen.

[0012] Die US 4 499 437 A offenbart einen Laserstrahldrucker mit zusätzlicher Strahlablenkung in der Querbewegungsrichtung, jedoch nicht in der Hauptbewegungsrichtung.

Zusammenfassung der Erfindung

[0013] Die vorliegende Erfindung schafft ein System und ein Verfahren zum Bereitstellen eines zweidimensionalen periodischen Bahn-Bewegungspfads für einen Laserstrahl über eine photoleitfähige Oberfläche in einem Laserdrucker gemäß Anspruch 7 bzw. 1. Nützliche Modifizierungen sind in den abhängigen Ansprüchen dargelegt. Die Strahlbahn, die sowohl zeitlich als auch räumlich periodisch ist, liefert ein im wesentlichen geradliniges Gitter verfügbarer Punktorte zum Laserstrahlpulsen. Eine Mehrzahl im allgemeinen linearer Zeilen von Punkten, die zu der Bewegungsrichtung parallel sind, wird bei jedem Bewegungsdurchlauf des Laserstrahls über die Oberfläche erzeugt.

[0014] Der Laserstrahl wird nicht nur durch den üblichen Polygon-Scanner in der Bewegungsrichtung, sondern auch durch eine zusätzliche Strahlablenkvorrichtung positioniert, die den Strahl in entweder der Prozeßrichtung allein oder in sowohl der Bewegungs- als auch der Prozeßrichtung positioniert. Die zweidimensionale periodische Strahlbahn wird durch

den Polygon-Scanner und die Strahlablenkvorrichtung, die zusammenwirken, bereitgestellt. Eine Punktplazierung wird entlang der Bahn durch ein selektives Modulieren des Lasers relativ zu der Phase der periodischen Bahn bereitgestellt (wie dies in der Technik üblich ist, wird die Phase in Radian gemessen, wobei ein Zyklus der periodischen Bahn 2π Radian Phase enthält).

[0015] Abhängig von Entwurfszielen, die Kosten, Komplexität und Anwendungszwecke beinhalten, existieren mehrere bevorzugte Ausführungsbeispiele. In einem System mit einer Einachsen-Strahlablenkvorrichtung, die nur in der Prozeßrichtung arbeitet, bildet ein periodischer Bahn-Bewegungspfad eines bevorzugten Ausführungsbeispiels eine Dreieckwelle. Bei einem verbesserten System, das eine Einachsen-Strahlablenkvorrichtung verwendet, ist die Ablenkvorrichtung ausgerichtet, um in einer Zwischenrichtung zwischen der Bewegungs- und der Prozeßrichtung zu arbeiten, wobei ein periodischer Bahn-Bewegungspfad eines bevorzugten Ausführungsbeispiels eine Sägezahnwelle bildet. Bei einem System mit einer Zweiachsen-Strahlablenkvorrichtung (oder äquivalent mit zwei Einachsen-Ablenkvorrichtungen), die unabhängig in der Bewegungs- und der Prozeßrichtung arbeitet, bildet ein periodischer Bahn-Bewegungspfad eines bevorzugten Ausführungsbeispiels eine Mehrfrequenz-Omega-Welle. Ein verbessertes System zum Erzeugen der periodischen Bahn-Bewegungspfade der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Strahlablenkvorrichtung, die einen geknickten optischen Pfad aufweist.

[0016] Wenn sich der Strahl entlang der periodischen Bahn bewegt, wird der Laser an geeigneten Orten (oder äquivalent zu geeigneten Zeiten) moduliert, um mehrere Zeilen von Punkten (parallel zu der Bewegungsrichtung ausgerichtet) während jeder Bewegung des Strahls über die Trommel zu erzeugen. Wenn aufeinanderfolgende Zeilen von Punkten erzeugt werden, wird ein geradliniges Gitter verfügbarer Punktorte auf der Trommel mit regelmäßiger Beabstandung in zwei Gitterrichtungen gebildet, die vorzugsweise die Bewegungsrichtung (Axialrichtung relativ zu der Trommel oder x-Richtung) und die Prozeßrichtung (Peripherrichtung relativ zu der Trommel oder y-Richtung) sind, die jedoch auch anders ausgerichtet sein können, um z. B. ein Parallelogramm-Gitter zu bilden.

[0017] Der periodische Bahn-Bewegungspfad der vorliegenden Erfindung bietet Gelegenheit für eine erhöhte Druckgeschwindigkeit und eine verbesserte Bildqualität (wie z. B. verbesserte Auflösung und reduzierte Banderscheinung). Weitere Ziele, Vorteile und Fähigkeiten der vorliegenden Erfindung werden mit fortschreitender Beschreibung besser ersichtlich.

Beschreibung der Zeichnungen

[0018] **Fig.** 1 ist ein schematisches Blockdiagramm des Systems der vorliegenden Erfindung zum Bereitstellen eines periodischen Bahn-Bewegungspfads für einen Laserstrahl über eine Bilderzeugungsoberfläche in einem Laserdrucker.

[0019] **Fig.** 2 ist ein schematisches Steuerblockdiagramm, das Signalpfade der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0020] **Fig.** 3 ist ein Diagramm eines periodischen Bahn-Bewegungspfads, der eine Dreieck-Wellenform aufweist, gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0021] **Fig.** 4 ist ein Diagramm eines Parallelogramm-Gitters von Punkten, die durch ein Modulieren des Laserstrahls an ausgewählten Orten in dem periodischen Dreieckwellen-Bahn-Bewegungspfad aus **Fig.** 3 erzeugt werden.

[0022] **Fig.** 5 ist ein Diagramm eines periodischen Bahn-Bewegungspfads, der eine Sägezahnwellenform aufweist, gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0023] **Fig.** 6 ist ein Diagramm eines rechteckigen Gitters von Punkten, die durch ein Modulieren des Laserstrahls an ausgewählten Orten in dem periodischen Sägezahnwellen-Bahn-Bewegungspfad aus **Fig.** 5 erzeugt werden.

[0024] **Fig.** 7 ist ein Diagramm einer „Zahl 8"-Lissajous-Kurve, die durch x- und y-Ablenkungen einer Zweiachsenablenkvorrichtung in Abwesenheit einer Strahlbewegung aufgrund des Polygon-Scanners erzeugt wird.

[0025] **Fig.** 8 ist ein Diagramm eines periodischen Lissajous-Wellen-Bahn-Bewegungspfads, der eine Omegawellenform aufweist, die durch die „Zahl 8"-Strahlablenkvorrichtung aus **Fig.** 7 erzeugt wird.

[0026] **Fig.** 9 ist ein Diagramm eines rechteckigen Gitters von Punkten, die durch ein Abtasten des periodischen Omegawellen-Bahn-Bewegungspfads aus **Fig.** 8 an ausgewählten Orten erzeugt werden.

[0027] **Fig.** 10 ist ein Diagramm einer verbesserten „Zahl 8"-Lissajous-Kurve, die durch eine Zweiachsenablenkvorrichtung erzeugt und durch die Zugabe von Frequenzen einer höheren Harmonischen zu sowohl der x- als auch der y-Ablenkung verbessert wird.

[0028] **Fig.** 11a ist eine Darstellung einer periodischen Mehrfrequenz-Omegawellen-Bahn, die durch die Mehrfrequenz-x- und -y-Ablenksignale aus **Fig.** 10 erzeugt wird.

[0029] **Fig.** 11b ist ein Diagramm eines rechtecki-

gen Gitters von Punkten, die durch ein Abtasten des periodischen Mehrfrequenz-Omegawellen-Bahn-Bewegungspfads aus **Fig.** 11a an ausgewählten Orten erzeugt werden.

[0030] **Fig.** 12 ist ein Diagramm eines periodischen Sinuswellen-Bahn-Bewegungspfads eines alternativen Ausführungsbeispiels, der ein Parallelogrammgitter von Punktorten zeigt.

[0031] **Fig.** 13 zeigt Beispiele von Modi unterschiedlicher Auflösung und mehreren Zeilen von Punkten pro Bewegungsdurchlauf, die mit dem periodischen Bahn-Bewegungspfad der vorliegenden Erfindung erzielbar sind.

[0032] **Fig.** 14 ist ein vergrößerter Abschnitt eines Wingding„pplus"-Zeichens, teilweise abgebildet, der das Bewegungsverfahren der periodischen Bahn der vorliegenden Erfindung zeigt, das zur Erhöhung der Auflösung an den Kanten des Bildes verwendet wird.

[0033] **Fig.** 15 ist ein schematisches Blockdiagramm einer Strahlablenkvorrichtung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, die einen geknickten optischen Pfad aufweist und verwendet wird, um periodische Bahn-Bewegungspfade der vorliegenden Erfindung zu erzeugen.

[0034] **Fig.** 16 ist ein schematisches Blockdiagramm einer Strahlablenkvorrichtung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, die separate elektro-optische Prismenanordnungen zum Bereitstellen einer Strahlablenkung in der x- und y-Richtung aufweist.

[0035] **Fig.** 17 ist ein schematisches Blockdiagramm einer Strahlablenkvorrichtung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, die als eine dauerhaft verbundene „monolithische" Anordnung aufgebaut ist.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0036] **Fig.** 1 ist ein schematisches Blockdiagramm eines Systems **10** der vorliegenden Erfindung zum Bereitstellen eines periodischen Bahn-Bewegungspfads für einen Laserstrahl über eine Bilderzeugungsoberfläche (Photoleiter) **45** in einem Laserdrucker. Während die vorliegende Erfindung für elektrophotographische Systeme beschrieben ist, in denen Bereiche des Photoleiters, die mit Licht belichtet werden, Toner anziehen, um die schwarzen oder farbigen Bereiche eines Bildes zu erzeugen, ist es ersichtlich, daß die Erfindung gleichermaßen geeignet für elektro-photographische Systeme ist, in denen unbelichtete Bereiche eines Photoleiters Toner anziehen, während belichtete Bereiche keinen Toner anziehen und die weißen Räume des Bildes erzeugen. Es ist ebenso zu erkennen, daß, obwohl die vorliegende Erfindung für Laserdrucker beschrieben ist, die Bilder erzeugen, indem diskrete Punkte in einem geradlinigen Gitter erzeugt werden, die Erfindung auch auf Bilderzeugungssysteme zutrifft, die kein derartiges Gitter von „Punkten" aufweisen, die jedoch Bildelemente oder Markierungen mit willkürlicher Länge entlang der Bewegungsbahn gemäß den Anforderungen des zu erzeugenden Bildes erzeugen.

[0037] Ein Laser **15** richtet einen Laserstrahl **20** durch eine Strahlablenkvorrichtung **25**, die die Strahlablenkfähigkeit liefert, die für die vorliegende Erfindung erforderlich ist. Die Strahlablenkvorrichtung **25** kann eine Einachsen- oder eine Zweiachsen-Ablenkvorrichtung sein (wie gemäß den Systementwurfszielen bestimmt wird). In dem Fall einer Zweiachsen-Ablenkvorrichtung ist eine äquivalente Alternative zwei Einachsen-Ablenkvorrichtungen (nicht gezeigt), die derartig in dem Laserstrahlpfad angeordnet sind, daß die resultierenden Ablenkungen orthogonal sind, wobei alle Bezugnahmen hierin auf eine Zweiachsen-Strahl-Ablenkvorrichtung gleichermaßen auf zwei orthogonal angeordnete Einachsen-Ablenkvorrichtungen zutreffen.

[0038] Vorzugsweise befindet sich die Strahlablenkvorrichtung **25** zwischen dem Laser **15** und einem Polygon-Scanner **30**, um die Aperturgröße, die in der Ablenkvorrichtung benötigt wird, einzuschränken. Eine derartige Strahlablenkvorrichtung kann prinzipiell mechanischer Natur sein und z. B. durch ein mechanisches Umsetzen des Lasers relativ zu seiner Sammellinse oder durch ein Neigen eines Strahlführungsspiegels arbeiten. Vorzugsweise jedoch ist die Ablenkvorrichtung **25** eine elektro-optische (E-O-) Strahlablenkvorrichtung, die in der Technik bekannt ist und eine ideale Kombination aus Frequenzantwort, Ablenkwinkel, Ablenkbereich, Wirkungsgrad und Flexibilität der Funktionsweise liefert. Die Ablenkvorrichtung **25** wird durch einen Druckformatierer **85** (**Fig.** 2) gesteuert, um Amplitude, Frequenz- und Phasenbeziehung zwischen der Ablenkung des Strahls, Modulation des Lasers **15** und Drehung des Polygon-Scanners **30** beizubehalten.

[0039] Ein Drehen des Polygon-Scanners **30** bewegt den Strahl durch eine Linse **35**, über einen Faltspiegel **40** und über eine Bilderzeugungsoberfläche (Trommel) **45**. Obwohl die photoleitfähige Trommel **45** gezeigt ist, ist ersichtlich, daß eine andere Bilderzeugung und andere Bildübertragungsmedien, wie z. B. ein Endlosriemen (nicht gezeigt), genauso leicht anstelle der Trommel **45** verwendet werden könnten.

[0040] Strahlen **20a** und **20b** sind gezeigt, um die Endpunkte des Pfads des Strahls **20** darzustellen, wenn sich derselbe ansprechend auf ein Drehen des Polygon-Scanners **30** über die Trommel **45** bewegt. Strahlen **20c** und **20d** sind gezeigt, um die mehreren

Strahlpfade darzulegen, die durch die periodische Bahn der vorliegenden Erfindung bereitgestellt werden. Die Ablenkvorrichtung **25** liefert in Zusammenarbeit mit dem sich drehenden Polygon-Bewegungsspiegel **30** den periodischen Bahn-Bewegungspfad über die Trommel **45**. Die periodische Bahnbewegung zeichnet im allgemeinen einen gekrümmten Pfad nach, der über einige Strecken sogar rückgerichtet sein kann. Durch ein Abtasten dieser gekrümmten Bahn mit einer geeignet zeitlich abgestimmten Laserstrahlmodulation weist der Drucker jedoch Zugang zu einem regelmäßigen Gitter von Orten auf der Trommel auf, an denen Punkte zu erzeugen sind. Insbesondere können geradlinige Gitter, die einheitliche Punktintervalle in den Hauptgitterrichtungen aufweisen, einschließlich rechteckiger Gitter mit einheitlicher Punktbeabstandung in der x-(Bewegungs-) und y-(Prozeß-) Richtung, erzeugt werden. Es wird angemerkt, daß, da der Laser tatsächlich an jedem gegebenen Gitterort (abhängig von den Anforderungen des zu erzeugenden Bildes) moduliert werden kann oder nicht, Gitterorte oft als „verfügbare Punktorte" bezeichnet werden, um hervorzuheben, daß dies die Orte sind, an denen ein Punkt geschrieben wird, wenn dies für das zu erzeugende Bild erforderlich ist. Keine Punkte werden an Gitterorten geschrieben, die in die weißen Räume eines Bildes fallen.

[0041] Der periodische Bahn-Bewegungspfad sorgt dafür, daß eine Mehrzahl im allgemeinen linearer Zeilen von Punkten in einem einzelnen Bewegungsdurchlauf des Laserstrahls über die Trommeloberfläche vervollständigt wird, um Druckgeschwindigkeit und/oder Bildqualität zu verbessern. Die Druckgeschwindigkeit wird verbessert, da mehrere Zeilen von Punkten bei einem Bewegungsdurchlauf erzeugt werden, was es ermöglicht, daß die Trommel **45** ohne den Bedarf, den Polygon-Scanner **30** schneller zu drehen, schneller gedreht werden kann. Die Bildqualität wird verbessert, da eine Banderscheinung korrigiert werden kann, entweder durch ein Anlegen eines ausgewählten Spannungsversatz an die E-O-Ablenkvorrichtung während jedes Bewegungsdurchlaufs (das bevorzugte Verfahren) oder durch ein selektives Einstellen der Phase (Zeitgebung) einer Lasermodulation relativ zu dem periodischen Bahn-Bewegungspfad. Die Auflösung kann entweder global durch ein fortwährendes Ablenken des Strahls über ein feineres Gitter verfügbarer Punktorte oder lokal durch ein Erzeugen von Regionen mit höherer Auflösung (z. B. an den Kanten von Schriftartzeichen) verbessert werden.

[0042] Ein Strahlpositionsdetektor **50** erfaßt eine Strahlposition relativ zu der Trommel in der Bewegungsrichtung, wie dies in der Technik üblich ist, und kann auch bei der vorliegenden Erfindung verwendet werden, um die Strahlposition in der Prozeßrichtung zum Überwachen und Steuern der Positionierung des Strahls durch die Ablenkvorrichtung **25** zu erfassen. Der Detektor **50** sendet nämlich ein Signal zurück an eine y-Achse-Korrekturschaltung **90** (**Fig.** 2), das eine Strahlposition in der Prozeßrichtung anzeigt, was nützlich zum Korrigieren von y-Achse-Strahlpositionierungsfehlern ist.

[0043] Ein Drehfehlerdetektor **55** kann verwendet werden, um Drehfehler der Trommel **45** aufgrund von Getrieberauschen oder weiteren Quellen zu erfassen, und kann ein Drehpositionssignal zurück an die y-Achse-Korrekturschaltung **90** zu Banderscheinungskorrekturzwecken oder dergleichen übertragen. Zusammen liefern der Trommelpositionsdetektor **55** und der Strahlpositionsdetektor **50** Positionierungsinformationen, die zur Bereitstellung einer genauen Geschlossene-Schleife-Steuerung einer Strahlplazierung auf der Trommel benötigt werden.

[0044] Einige der Vorteile des Systems **10** der vorliegenden Erfindung für eine verbesserte Laserdruckerbewegung umfassen:

– Erhöhte Auflösung (dpi) in sowohl der Bewegungs- als auch der Prozeßrichtung,
– Plazierung von Punkten zwischen nominellen Gitterorten in der Prozeßrichtung,
– verbesserte Entwurfsflexibilität beim Optimieren von Bildqualität, Geschwindigkeit und Herstellungskosten,
– Geschlossene-Schleife-Korrektur von Banderscheinungsfehlern ohne die Durchführung feiner mechanischer Korrekturen an der Trommelposition,
– höhere Druckgeschwindigkeiten ohne erhöhte Polygon-Scanner-Geschwindigkeit,
– Gelegenheit für Entwerfer und Benutzer, Kompromisse zwischen Auflösung und Geschwindigkeit einzugehen,
– Fähigkeit, mit minimaler Modifizierung an diesen Entwürfen eine Fähigkeit einer periodischen Bahnbewegung zu existierenden Laserdruckerentwürfen hinzuzufügen, und
– bessere Preis-/Leistung-Verhältnisse für Produkte auf dem Markt.

[0045] Bezug nehmend auf **Fig.** 2 zeigt ein schematisches Steuerblockdiagramm Signalpfade der vorliegenden Erfindung. Es wird angemerkt, daß gleiche Komponenten in allen Figuren gleiche Bezugszeichen behalten.

[0046] Ein Laser **15** ist gezeigt, um einen Strahl **20** durch eine Strahlablenkvorrichtung **25** zu einem Strahlpositionsdetektor **50** zu projizieren. Eine y-Achse-Korrekturschaltung **90** empfängt ein Signal **80** von einem Druckformatierer **85** sowie Signale von dem Strahlpositionsdetektor **50** und einem Trommeldrehfehlerdetektor **55**, die alle verwendet werden, um ein Signal **81** zu erzeugen, das die Strahlablenkvorrichtung **25** treibt. Die y-Achse-Korrekturschaltung **90** lie-

fert eine Geschlossene-Schleife-y-Achse-Steuerung der Strahlablenkvorrichtung **25**, wobei so eine Punktplazierung zur Banderscheinungskorrektur und dergleichen gesteuert wird.

[0047] Eine einfache und relativ billige Implementierung der Strahlablenkvorrichtung **25** verwendet eine Einachsen-E-O-Ablenkvorrichtung, die ausgerichtet ist, um eine Strahlbewegung in der y-(Prozeß-) Richtung auf der Trommel zu erzeugen. Der periodische Bahn-Bewegungspfad eines bevorzugten Ausführungsbeispiels für ein System, das diese einfache Ablenkvorrichtungskonfiguration verwendet, erzeugt eine periodische „Dreieckwellen"-Bahn, wie in **Fig.** 3 dargestellt ist. Eine Strahlbewegung in der y-Richtung (durch die Strahlablenkvorrichtung bereitgestellt), die eine konstante Geschwindigkeit, jedoch eine abwechselnde Richtung aufweist, wird mit einer Konstantgeschwindigkeit-Strahlbewegung in der x-Richtung kombiniert (durch den Polygon-Scanner bereitgestellt), um eine Dreieckwellenbahn zu erzeugen, die aus einer Serie gerader Segmente besteht, die in bezug auf die x- und y-Richtung gewinkelt sind, wie schon der Name impliziert. Eine Spitze oder ein Tal wird jedesmal in der Dreieckwellenbahn gebildet, wenn die Strahlablenkvorrichtung ihre Richtung ändert. Ein geradliniges Gitter verfügbarer Punktorte, in diesem Fall ein Parallelogramm-Gitter, wird wie durch das Beispiel in **Fig.** 4 dargestellt gebildet. Beispielhafte Gitterorte, die zur Lasermodulation verfügbar sind, sind mit „O"-Zeichen markiert. Wie dies in der Elektrophotographie-(EP-)Technik bekannt ist, sind diese „Punkte" nicht wirklich rund, sondern werden für eine Erleichterung der Beschreibung in allen Zeichnungen als solche dargestellt. Zum Vergleich stellt das grobere Quadratgitter links in der Figur die grundlegende Auflösung des Druckers ohne periodische Bahnbewegung dar. Es wird angemerkt, daß bei diesem Beispiel die Auflösung (dpi) in sowohl der x- als auch der y-Richtung ohne Erhöhung der Seitengeschwindigkeit verdoppelt wird. Die Lasermodulationsfrequenz, die zur Erzeugung des Gitters aus **Fig.** 4 benötigt wird, beträgt acht mal die grundlegende Ablenkvorrichtungsfrequenz. Parameterwerte zum Erzeugen dieser exemplarischen Bahn sind wie folgt:
f = 1 v = 1 A = 1 x(t) = vt

[0048] Während der ersten Hälfte jedes Ablenkzyklus gilt:

$y(t) = 2A\tau \quad 0 < \tau < 1/(2f)$

[0049] Während der zweiten Hälfte jedes Ablenkzyklus gilt:

$y(t) = 2A(1 - f\tau) \quad 1/(2f) < \tau < 1/f$

[0050] Zeiten, zu denen der Laser moduliert wird: τ = 0, 1/8, 2/8, 3/8, 4/8, 5/8, 6/8 und 7/8.

[0051] Die Ablenkvorrichtungsphase, zu der der Laser moduliert wird: 0, π/4, 2π/4, 3π/4, 4π/4, ...
Lasermodulationsfrequenz = 8
wobei folgendes gilt:
f = Ablenkfrequenz
v = Geschwindigkeit des Strahls in der x-Richtung aufgrund des Polygon-Scanners
t = Zeit
τ = Zeit seit dem Start des gegenwärtigen Ablenkzyklus ($\tau = t - n/f$)
A = Ablenkamplitude
n = Anzahl abgeschlossener Ablenkzyklen seit t = 0 (n 0, 1, 2, 3, ...)

[0052] Es wird darauf verwiesen, daß die Dreieckwellen-Strahl-Bahn nicht aus perfekt geraden Segmenten aufgebaut sein muß, damit diese Technik funktioniert, solange der Laser an Orten entlang des Strahlpfads moduliert wird, die konform zu dem erwünschten Gitter sind. Eine derartige Abweichung von einer strengen Linearität kann für ein Reduzieren der Bandbreite, die für die Strahlablenkvorrichtung und ihren zugeordneten Treiberschaltungsaufbau benötigt wird, von Vorteil sein. Ein sinusförmiges Signal mit Frequenzen einer höheren Harmonischen, das hinzugefügt wird, ist ein Verfahren zum Nähern des vorliegenden periodischen Dreieckwellen-Bahn-Bewegungspfads und Herleiten der Vorteile hiervon, während die erforderliche Bandbreite der Strahlablenkvorrichtung reduziert wird.

[0053] Während die periodische Dreieckwellenbahn viele positive Eigenschaften aufweist, einschließlich der Fähigkeit einer Verwendung einer sehr einfachen Hardwarekonfiguration, liefert sie nicht all die Vorteile, die aus einer periodischen Bahnbewegung erhalten werden können, und weist einige Nachteile auf. Spezifische Einschränkungen des Dreieckwellenverfahrens umfassen:

– Einige Punkte werden an den Spitzen und Tälern der Dreieckwelle geschrieben, wo die Ablenkvorrichtung ihre Richtung ändert, was momentan die Geschwindigkeit des Strahls auf der Trommel reduziert und die Parameter einer Punktbildung beeinflußt.

– Punkte werden während jedes Bewegungsdurchlaufs in mehrere teilweise fertiggestellte Zeilen geschrieben, was eine größere Einheitlichkeit der Polygon-Scanner-Geschwindigkeit als bei anderen Verfahren erfordert, um benachbarte „verflochtene" Zeilen von Punkten bei aufeinanderfolgenden Bewegungsdurchläufen genau zu positionieren.

– Weniger Zeilen von Punkten werden pro Bewegungsdurchlauf vollständig fertiggestellt als bei anderen Verfahren. Bei dem Beispiel aus **Fig.** 4 werden Punkte in fünf unterschiedliche Zeilen geschrieben, wobei nur zwei dieser Zeilen während jedes Bewegungsdurchlaufs des Strahls über die Trommel tatsächlich fertiggestellt werden und bei

diesem Beispiel kein Anstieg der Seitengeschwindigkeit erzielt wird.
– Das nicht rechteckige (Parallelogramm-) Gitter, das durch dieses Verfahren erzeugt wird, erfordert eine unterschiedliche Punktabbildung für gedruckte Zeichen als bei herkömmlichen rechteckigen Gittern.
– Ein Drucken mit verschachtelten Bewegungslinien (was mehr als einen Bewegungsdurchlauf zur Erzeugung jeder Zeile von Punkten benötigt) erfordert eine erhöhte Formatiererkomplexität.

[0054] Während die meisten dieser Probleme gelöst werden können, können die Entwurfskompromisse zwischen Kosten und Leistung andere periodische Bahnen mit verbesserter Leistung bevorzugen.

[0055] Eine erhöhte Funktionalität kann mit einem Laserdrucker mit einer Einachsen-Strahlablenkvorrichtung durch ein Ausrichten der Ablenkvorrichtung erhalten werden, um eine Strahlbewegung in einer Zwischenrichtung zwischen der Bewegungs- und der Prozeßrichtung zu erzeugen. Ein periodischer Bahn-Bewegungspfad eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, der durch eine Einachsen-Strahlablenkvorrichtung erzeugt werden kann, die in einer derartigen Zwischenrichtung ausgerichtet ist, erzeugt eine „Sägezahnwelle", wie in **Fig.** 5 gezeigt ist. Die kombinierten Strahlbewegungen, die durch die Strahlablenkvorrichtung und den Polygon-Scanner bereitgestellt werden, erzeugen einen periodischen Bahn-Bewegungspfad, bei dem sich der Strahl während eines Abschnitts jedes Ablenkzyklus im wesentlichen in der y-Richtung bewegt (während dessen der Laser moduliert werden kann und Punkte geschrieben werden können), und dann entlang eines gewinkelten Pfades während des Rests jedes Ablenkzyklus zurückkehrt (während dessen der Laser nicht moduliert wird und keine Punkte geschrieben werden). Wie in **Fig.** 6 gezeigt ist, ist der resultierende periodische Sägezahnwellen-Bahn-Bewegungspfad in der Lage, wirksam mehrere fertiggestellte Zeilen von Punkten während jedes Bewegungsdurchlaufs zu erzeugen, während ein rechteckiges Gitter verfügbarer Punktorte erzeugt wird.

[0056] Bei einem momentanen Nichtbeachten einer Strahlbewegung aufgrund des Polygon-Scanners und nur unter Betrachtung einer Bewegung aufgrund der Strahlablenkvorrichtung wird die Ablenkvorrichtung rotationsmäßig ausgerichtet, um eine Strahlbewegung auf der Trommel entlang eines Pfades zu erzeugen, der um einen Winkel θ in bezug auf die y-Richtung gedreht ist. Da die Größe von θ zwischen 0° und 90° beträgt, weist der Strahl eine Bewegungskomponente in sowohl der x-(Bewegungs-) als auch der y-(Prozeß-) Richtung auf, wenn die Ablenkvorrichtung auf angelegte Signale anspricht. Ein Strahl nämlich, der um eine Entfernung A (entlang des gedrehten Pfads) abgelenkt wird, bewegt sich um eine Entfernung Asinθ in der x-Richtung und Acosθ in der y-Richtung. Da die x- und die y-Strahl-Position einfach diese x- und y-Komponente der Strahlposition entlang des gedrehten Pfades sind, weisen ohne den Bedarf nach einer Zweiachsen-Ablenkvorrichtung zur separaten Steuerung der x- und der y-Bewegung die x- und die y-Bewegung die gleiche Frequenz und Phase auf und weisen ein konstantes Amplituden- und Geschwindigkeitsverhältnis (gleich tanθ) auf.

[0057] Unter einer erneuten Einführung einer Strahlbewegung in der x-Richtung aufgrund einer Polygon-Bewegung werden der Ausrichtungswinkel θ und die Strahlablenkgeschwindigkeit derart ausgewählt, daß die x-Komponente der Strahlablenkgeschwindigkeit im wesentlichen eine Strahlgeschwindigkeit in der x-Richtung aufgrund der Polygonbewegung aufhebt und der Strahl während eines wesentlichen Abschnitts jedes Ablenkzyklus eine geringe oder keine resultierende Geschwindigkeit in der x-Richtung aufweist. Während dieses Abschnitts jedes Zyklus bewegt sich der Strahl im wesentlichen nur in der y-Richtung, was Punkte in einem rechteckigen Gitter bildet, wie dies benötigt wird, um das erwünschte Bild zu erzeugen. Wieder sind beispielhafte Gitterorte, die zur Lasermodulation verfügbar sind, in **Fig.** 6 mit „O"-Zeichen markiert. Zum Vergleich stellt das grobere Gitter links in der Figur die grundlegende Auflösung des Druckers ohne periodische Bahnbewegung dar. Da bei diesem Beispiel vier Zeilen von Punkten pro Bewegungsdurchlauf geschrieben werden, wird die Auflösung (dpi) in sowohl der x- als auch der y-Richtung verdoppelt, während auch die Seitengeschwindigkeit des Druckers verdoppelt wird.

[0058] Das periodische Signal, das an die Strahlablenkvorrichtung angelegt wird, um die Sägezahlwellenbahn zu erzeugen, ähnelt dem, das die Dreieckwellenbahn erzeugt hat, was Bezug nehmend auf **Fig.** 3 beschrieben ist, nämlich eine ansteigende und eine abfallende Spannungsrampe während jedes Ablenkzyklus. Die Parameterwerte zum Erzeugen der exemplarischen periodischen Sägezahnwellenbahn aus **Fig.** 5 sind wie folgt:
f = 1 v = 1 θ = 7,125°
A_θ = 4,0311 A_y = Acosθ = 4 A_x = Asinθ = 0,5

[0059] Während der ersten Hälfte jedes Ablenkzyklus gilt:

$$0 < \tau < 1/(2f)$$

$$x(t) = vt - 2A_x f\tau$$

$$y(t) = 2A_y f\tau$$

[0060] Während der zweiten Hälfte jedes Ablenkzyklus gilt:

$1/(2f) < \tau < 1/f$

$x(t) = vt + 2A_x(f\tau - 1)$

$y(t) = 2A_y(1 - f\tau)$

[0061] Zeiten, zu denen der Laser moduliert wird: t = 1/16, 3/16, 5/16, 7/16
Ablenkvorrichtungsphasen, bei denen der Laser moduliert wird: π/8, 3π/8, 5π/8, 7τ/8
Lasermodulationsfrequenz = 8 (momentan,) 4 (Durchschnitt) wobei folgendes gilt:
θ = Rotationsausrichtungswinkel der Strahlablenkvorrichtung (von der y-Achse gemessen)
A_θ = Ablenkamplitude entlang gedrehtem Pfad
A_x = Ablenkamplitude in der x-Richtung
A_y = Ablenkamplitude in der y-Richtung

[0062] Andere Variablen sind so, wie zuvor definiert wurde.

[0063] Einige der potentiellen Vorteile des Sägezahnwellenverfahrens sind wie folgt:

– Benötigt werden nur eine Einachsen-Ablenkvorrichtung und eine Ablenkvorrichtungstreiberschaltung.
– Das Verfahren ist einfach und robust.
– Keine Einschränkung für ein Erzeugen einer spezifischen Anzahl von Zeilen von Punkten pro Bewegungsdurchlauf.
– Effizienz in bezug auf Zeilen von Punkten, die pro Bewegungsdurchlauf fertiggestellt werden.
– Ein rechteckiges Gitter kann erzeugt werden.
– Alle Punkte werden mit der gleichen Strahlgeschwindigkeit relativ zu der Trommel geschrieben.

[0064] Einschränkungen des Sägezahnwellenverfahrens umfassen:

– Eine optische Implementierung kann aufgrund des Bedarfs, eine Strahlpolarisierung zu drehen, um eine Ausrichtung mit der gedrehten Ablenkvorrichtung zu erzielen, komplexer als für das Dreieckwellenverfahren sein.
– Die Zeit, die für den Strahlrückkehrabschnitt jedes Bahnzyklus benötigt wird, wird nicht zum Punktschreiben verwendet. Das Verfahren kann deshalb in bezug auf Punkte pro Ablenkzyklus weniger wirksam als andere Verfahren sein oder äquivalent kann es eine höhere Ablenkfrequenz benötigen, um die gleiche Anzahl von Punkten pro Zyklus wie andere Verfahren zu erzielen.
– Die Punktbeabstandung in der Bewegungsrichtung wird teilweise durch die Winkelausrichtung der Strahlablenkvorrichtung bestimmt und kann nicht durch Software allein gesteuert werden.
– Versuche einer Korrektur einer Banderscheinung durch ein Anlegen von Spannungsversätzen an die Strahlablenkvorrichtung bewirken unerwünschte x-Richtung-Verschiebungen gemeinsam mit den erwünschten y-Richtung-Verschiebungen. Eine praktische Banderscheinungskorrektur ist unter Umständen so auf Verfahren eingeschränkt, die die Zeitgebung der Punktbildung steuern.

[0065] Da praktische Systeme die Höchstfrequenzkomponenten, die zum Treibern der Strahlablenkvorrichtung verwendet werden, einschränken würden, erfordert es die Punktplazierungsgeometrie aus **Fig.** 6, daß keine Punkte ganz oben oder unten an den „Zähnen" plaziert werden, wo die Ablenkvorrichtung ihre Richtung umkehrt. Dies ermöglicht es, daß die Sägezahnbahn abgerundete „Zähne" aufweist, ohne den Punktort zu beeinträchtigen. Diese Geometrie ergibt wesentliche Vorteile durch ein Reduzieren der erforderlichen Ablenkvorrichtungsbandbreite und ein Ermöglichen dessen, daß alle Punkte mit der gleichen Strahlgeschwindigkeit relativ zu der Trommel geschrieben werden können.

[0066] Da ein Punktschreiben nur während des Prozeßrichtungsabschnitts jedes Ablenkzyklus auftritt, muß der Rückkehr- oder Rücklaufabschnitt des Zyklus (bei dem kein Schreiben auftritt) nicht einmal im wesentlichen linear sein, sondern kann formmäßig optimiert sein, um eine schnellere Rückkehr des abgelenkten Strahls zu liefern. Es sollte auch angemerkt werden, daß die Strahlbahn nicht aus geraden Liniensegmenten aufgebaut sein muß, damit diese Technik funktioniert, solange ein bestimmter größerer Abschnitt der Kurve von Ablenkung gegenüber Zeit im wesentlichen linear ist, oder solange die Strahlbahn durch eine Lasermodulation an Orten abgetastet wird, die konform zu dem erwünschten Gitter sind. Eine derartige Abweichung von geraden Linien und scharfen Ecken ist für ein Reduzieren der Bandbreite des Signals, das zum Treiben der Strahlablenkvorrichtung benötigt wird, wünschenswert. Es wird angemerkt, daß viele Variationen dieser periodischen Sägezahnbahn möglich sind, einschließlich derjenigen, bei denen ein Schreiben entlang eines Abschnitts einer Bahn auftritt, der in der y-Richtung nicht ausgerichtet ist.

[0067] Obwohl die vorliegende Sägezahnbahn auch durch eine Zweiachsen-Ablenkvorrichtung erzeugt werden könnte, die konfiguriert ist, um eine x- und eine y-Ablenkung mit der gleichen Frequenz und Phase bereitzustellen, sowie mit geeigneten Amplituden, ist das effizientere und wirtschaftlichere (und so bevorzugte) Verfahren zum Erzeugen der Sägezahnbahn mit der rotationsmäßig ausgerichteten Einachsenablenkvorrichtung, die hier beschrieben ist.

[0068] Zweiachsen-Ablenkvorrichtungen sind jedoch in der Lage, periodische Bahnen zu erzeugen, die mit Einachsen-Ablenkvorrichtungen nicht nachgestellt werden können, und die eine größere Entwurfssteuerung des Raum- und des Zeitprofils der Bahn des Strahls erlauben. Bezug nehmend auf

Fig. 7 ist die Strahlablenkvorrichtung **25** (aus **Fig.** 1) nun eine Zweiachsenablenkvorrichtung, wobei Treiberfrequenzen und Amplituden separat für die x-(Bewegungs-) und die y-(Prozeß-) Richtung ausgewählt werden, derart, daß eine Lissajous-Kurve, wie z. B. die „Zahl 8"-Kurve aus **Fig.** 7, ohne eine Strahlbewegung aufgrund des Polygon-Scanners erzeugt wird. Wenn eine Strahlablenkung, die eine Lissajous-Kurve bildet, mit dem Konstantgeschwindigkeitsdurchlauf des Strahls aufgrund des Polygon-Scanners **30** (aus **Fig.** 1) kombiniert wird, wird ein periodischer Bahn-Bewegungspfad, der hierin als „Lissajous-Welle" bezeichnet ist, gebildet. **Fig.** 8 zeigt eine Lissajous-Welle, die aus der Lissajous-Kurve aus **Fig.** 7 erzeugt ist. Die beispielhafte Lissajous-Welle aus **Fig.** 8 wird eine „Omegawelle" genannt, benannt nach der abwechselnden Serie aus aufrechten und umgedrehten omegaförmigen Kurven, die die Bahn bilden.

[0069] Die dargestellte Omegawellenbahn aus **Fig.** 8 zeigt ein Gitter verfügbarer Punktpositionen, die mit dem „O"-Zeichen markiert sind, bei gleichen Zeit-(Phasen-)Intervallen. Bei diesem Beispiel beträgt die Lasermodulationsfrequenz sechs mal die Ablenkvorrichtungsfrequenz in der y-Richtung. Parameterwerte zum Erzeugen der beispielhaften „Zahl 8"-Lissajous-Kurve aus **Fig.** 7 und der resultierenden Omegawellenbahn aus **Fig.** 8 sind wie folgt:
$f_x = 2\ f_y = 1\ v = 1\ A_x = 0{,}1924\ A_y = 0{,}5773$

$x(t) = A_x\sin(2\pi f_x t) + vt\ y(t) = A_y\cos(2\pi f_y t)$

[0070] Zeiten, zu denen der Laser moduliert wird: t = 1/12, 3/12, 5/12, 7/12, 9/12, 11/12
Ablenkvorrichtungsphasen, zu denen der Laser moduliert wird: π/6, 3π/6, 5π/6, 7π/6, 9π/6, 11π/6
Lasermodulationsfrequenz = 6
wobei folgendes gilt:
f_x = Ablenkfrequenz in der x-Richtung
f_y = Ablenkfrequenz in der y-Richtung

[0071] Weitere Variablen sind so, wie zuvor definiert wurde.

[0072] Die Amplitude A_x wurde durch ein Finden des Werts von A_x bestimmt, für den die drei erwünschten Punktorte sich in der vertikalen Richtung aufreihen, indem x(1/12) gleich x(3/12) gesetzt wird. Dies führt zu folgendem Ergebnis:

$$A_x = \frac{\frac{1}{6}}{\sin\left(\frac{\pi}{3}\right)} \qquad A_x = 0{,}1924$$

[0073] Eine Symmetrie stellt sicher, daß alle aufeinanderfolgenden Punkttriplets auch vertikal ausgerichtet sind. Die markierten Punktorte (durch die „O"-Zeichen dargestellt) für die periodische Omegawellenbahn der **Fig.** 8 und 9 wurden durch dieses Verfahren bestimmt. Der Laser wird bei π/3 Phasenintervallen eingeschaltet, bei diesem Beispiel beginnend bei π/6. Wie in **Fig.** 9 gezeigt ist, führt dies zu einem rechteckigen Gitter verfügbarer Punktorte, die eine einheitliche Beabstandung in der x-(Bewegungs-) und der y-(Prozeß-) Richtung aufweisen, obwohl die x- und die y-Ablenkung des Strahls sinusförmige Funktionen der Zeit sind. Vorteile eines Treibens der Strahlablenkvorrichtung mit diesen relativ niederfrequenten Signalen umfassen eine erhöhte Operationsstabilität und die Fähigkeit, einen leicht zu regelnden Niederrausch-Signalgenerator zu verwenden. Während die „O"-Markierungen der **Fig.** 8 und 9 die Orte von Punkten sind, wenn eine Lasermodulation bei gleichen Phasenintervallen von π/3, beginnend bei π/6, auftritt, sind weitere Auswahlen möglich, wie z. B. ein selektives Einstellen der Phasenintervalle zur Bandkorrektur. Zum Vergleich stellt das grobere Gitter links in **Fig.** 9 die grundlegende Auflösung des Druckers ohne periodische Bahnbewegung dar. Da bei diesem Beispiel drei Zeilen von Punkten pro Bewegungsdurchlauf geschrieben werden, wird die Druckerauflösung (dpi) in sowohl der x- als auch der y-Richtung verdoppelt, während die Seitengeschwindigkeit um einen Faktor von 1,5 erhöht wird.

[0074] Obwohl das Omegawellenbeispiel der periodischen Lissajous-Wellenbahn, die Bezug nehmend auf die **Fig.** 7 bis 9 dargestellt ist, separate Einfrequenzsignale verwendet, um die x- und die y-Achse der Strahlablenkvorrichtung zu treiben, sind Lissajous-Wellenbahnen nicht auf derartige Einfrequenz-Ablenksignale eingeschränkt. Periodische Lissajous-Wellenbahnen umfassen alle Bahnen, bei denen ohne Strahlbewegung aufgrund des Polygon-Scanners separate x- und y-Ablenksignale bewirken, daß der Strahl wiederholt einem geschlossenen Pfad folgt. Signale, die separat die x- und die y-Bewegung in einer Lissajous-Welle steuern, können aus einer oder mehr als einer Frequenz bestehen, solange alle derartigen Frequenzkomponenten, ob sie nun die x- oder die y-Bewegung steuern, vergleichbar sind. Zwei Frequenzen sind vergleichbar, wenn ihr Verhältnis eine rationale Zahl bildet. Ein Treiben einer oder beider Ablenkachsen mit Mehrfrequenzsignalen (die Frequenzen einer höheren Harmonischen umfassen können) liefert eine größere Entwurfssteuerung von Lissajous-Wellenbahnen und kann verwendet werden, um die Geradheit von Abschnitten der Bahnform zu erhöhen, die Einheitlichkeit der Strahlgeschwindigkeit entlang Abschnitten der Bahn zu erhöhen oder weitere Bahnverbesserungen bereitzustellen.

[0075] **Fig.** 10 ist ein Diagramm einer verbesserten „Zahl 8"-Lissajous-Kurve, die durch eine Zweiachsen-Ablenkvorrichtung erzeugt wird und durch die Zugabe Frequenzen einer höheren Harmonischen zu sowohl x- als auch y-Ablenksignalen verbessert ist.

Fig. 10 zeigt den Strahlpfad ohne Strahlbewegung aufgrund des Polygon-Scanners. Bei diesem Beispiel wurde eine zweite Harmonische zu dem x-Ablenksignal hinzugefügt und eine dritte Harmonische wurde zu dem y-Ablenksignal hinzugefügt. Ein Vergleich der **Fig.** 10 mit der **Fig.** 7 stellt die erhöhte Linearität dar, die aus den hinzugefügten Harmonikkomponenten resultiert. Eine größere Einheitlichkeit einer Strahlgeschwindigkeit wird ebenso erzielt.

[0076] **Fig.** 11a stellt einen periodischen Bahn-Bewegungspfad eines bevorzugten Ausführungsbeispiels für ein System mit einer Zweiachsen-Strahlablenkvorrichtung, die unabhängig in der Bewegungs- und der Prozeßrichtung arbeitet, gemäß der vorliegenden Erfindung dar. Die Mehrfrequenz-Lissajous-Kurve aus **Fig.** 10 erzeugt, wenn sie mit dem Konstantgeschwindigkeitsdurchlauf des Polygon-Scanners **30** (**Fig.** 1) kombiniert wird, eine periodische Lissajous-Wellenbahn, die eine Verbesserung der periodischen Omegawellenbahn aus **Fig.** 8 ist, und die die periodische „Mehrfrequenz-Omegawellen"-Bahn genannt wird. Es wird angemerkt, daß die Mehrfrequenz-Omegawellen-Bahn aus **Fig.** 11a in gewisser Hinsicht der Form nach einer Rechteckwelle ähnelt, und daß die Differenzen zwischen den beiden Formen mit der Zugabe geeigneter höherfrequenter Komponenten beliebig klein gemacht werden können (obwohl es hierfür tatsächlich keine große Motivation gibt, da ein Erzielen von Quadratecken keinen zusätzlichen Vorteil liefert, jedoch zusätzliche Kosten und Komplexität benötigt). **Fig.** 11b zeigt zwei benachbarte periodische Bahn-Bewegungspfade, die ein Gitter von Punktorten mit der doppelten grundlegenden Auflösung des Druckers bilden (links in der Figur zum Vergleich gezeigt). Da bei diesem Beispiel fünf Zeilen von Punkten pro Bewegungsdurchlauf geschrieben werden, wird die Druckerauflösung in sowohl der x- als auch der y-Richtung verdoppelt und die Seitengeschwindigkeit 2,5 mal erhöht.

[0077] Es sollte hervorgehoben werden, daß die bestimmte Mehrfrequenz-Omegawelle, die in den **Fig.** 10, 11a und 11b dargestellt ist, nur eine vieler möglicher Konfigurationen ist, und daß, obwohl dieses Beispiel eine hinzugefügte harmonische Frequenz für jede Ablenkrichtung verwendet und dafür sorgt, daß 10 Punkte während jedes Bewegungszyklus geschrieben werden, weitere Konfigurationen unterschiedliche Anzahlen von Frequenzen verwenden könnten und für unterschiedliche Anzahlen von Punkten pro Zyklus sorgen könnten. Zusätzlich zu Vorteilen, die aus der zuvor offenbarten Omegawellenbahn hergeleitet sind, liefert die Mehrfrequenz-Omegawellen-Bahn eine erhöhte Flexibilität beim Positionieren von Punkten (wie z. B. zur Banderscheinungskorrektur), die Fähigkeit zum Erzeugen mehrerer Punkte pro Ablenkzyklus (wie z. B. für eine erhöhte Auflösung) und die erhöhte Fähigkeit einer Hinzufügung von Punkten zwischen Gitterorten (wie z. B. für eine Kantenauflösungsverbesserung).

[0078] Obwohl die periodische Mehrfrequenz-Omegawellen-Bahn des bevorzugten Ausführungsbeispiels oberflächlich einer Rechteckwellenbahn ähneln kann, die durch eine einfache Einachsen-Strahlablenkvorrichtung erzeugt wird, die in der y-Richtung alleine arbeitet, unterscheidet sich die Mehrfrequenz-Omegawellen-Bahn wesentlich und ist sehr viel bevorzugter. Es muß hervorgehoben werden, daß die periodischen Bahnen der vorliegenden Erfindung in sowohl Raum als auch Zeit vorliegen und nicht geeignet auf der Basis einer Raumgeometrie (Form) allein ausgewertet werden können. Die Geschwindigkeit des Strahls entlang der Bahn, insbesondere entlang der Abschnitte, wo Punkte gebildet werden, muß ebenso sorgfältig berücksichtigt werden. Periodische Lissajous-Wellenbahnen im allgemeinen und die vorliegende Mehrfrequenz-Omegawellenbahn insbesondere beinhalten eine Strahlablenkung in der x-Richtung, die eine Strahlbewegung in der +x-Richtung aufgrund des Polygon-Scanners während der Abschnitte jedes Bewegungszyklus, währenddessen Punkte gebildet werden, versetzt. Als eine Folge sind die Geschwindigkeit des Strahls auf die Bilderzeugungsoberfläche und die Frequenz einer Lasermodulation vergleichsweise gering und konstant während einer Punktbildung. Im Gegensatz dazu weist eine Einachsen-Strahlablenkvorrichtung, die in der y-Richtung arbeitet und eine oberflächlich ähnliche Rechteckwellenbahn erzeugt, keine Einrichtung zum Versetzen der x-Richtung-Strahlbewegung auf (aufgrund der Polygon-Bewegung) und muß eine Vollamplituden-y-Achse-Strahlablenkung in einem kleinen Bruchteil eines Ablenkzyklus bereitstellen. Die Ablenkvorrichtung muß sich deshalb mit einer extrem hohen Geschwindigkeit bewegen, um die Abschnitte der Bahn zu bilden, die in der y-Richtung ausgerichtet sind, während der Punkte erzeugt werden. Diese Anforderung nach einer extremen Geschwindigkeit plaziert potentiell ungerechtfertigte Anforderungen auf die Strahlablenkvorrichtung und den Laser, sowie die Elektronik, die dieselben treibt. Eine derartige extreme Ablenkung und Punktschreibgeschwindigkeiten arbeiten auch der präzisen Punktplazierung entgegen, die für eine erhöhte Auflösung, Banderscheinungskorrektur, Kantenauflösungsverbesserung und dergleichen benötigt wird.

[0079] Parameterwerte zum Erzeugen der beispielhaften periodischen Mehrfrequenz-Omegawellen-Bahn der **Fig.** 11a und 11b sind wie folgt:

$f_{1x} = 2\ A_{1x} = 0{,}14433$
$f_{2x}, = 4\ A_{2x} = 0{,}048112$
$f_{1y} = 1\ A_{1y} = 1{,}1547$
$f_{3y} = 3\ A_{3y} = 0{,}7735$
$v = 1$

$$x(t) = A_{1x}\sin(2\pi f_{1x}t) + A_{2x}\sin(2\pi f_{2x}t) + vt$$

$y(t) = A_{1y}\cos(2\pi f_{1y}t) + A_{3y}\cos(2\pi f_{3y}t)$

[0080] Zeiten, zu denen der Laser moduliert wird: t = 1/12, 2/12, 3/12, 4/12, 5/12, 7/12, 8/12 ... (Laser wird nicht moduliert bei t = 0, 6/12, 12/12, ...)

[0081] Ablenkvorrichtungsphasen, bei denen der Laser moduliert wird: π/6, 2π/6, 3π/6, 4π/6, 5π/6, 7π/6, 8π/6, ... (Laser wird nicht moduliert bei 0, 6π/6, 12π/6, ...)

[0082] Lasermodulationsfrequenz = 10 Pulse pro Ablenkzyklus (Punktrate beträgt 12 Punkte pro Zyklus, wobei 2 Punkte in jedem Zyklus weggelassen werden.)
wobei folgendes gilt:
f_{1x} = grundlegende Ablenkfrequenz in der x-Richtung
A_{1x} = Amplitude der grundlegenden Frequenzkomponente in der x-Richtung
f_{2x} = Ablenkfrequenz der zweiten Harmonischen in der x-Richtung
A_{2x} = Amplitude der Frequenzkomponente der zweiten Harmonischen in der x-Richtung
f_{1y} = grundlegende Ablenkfrequenz in der y-Richtung
A_{1y} = Amplitude der grundlegenden Frequenzkomponente in der y-Richtung
f_{3y} = Ablenkfrequenz der dritten Harmonischen in der y-Richtung
A_{3y} = Amplitude der Frequenzkomponente der dritten Harmonischen in der y-Richtung

[0083] Weitere Variablen sind so, wie zuvor definiert wurde.

[0084] Die Amplituden A_{1x} und A_{2x} wurden durch ein Lösen der folgenden Gleichung bestimmt:

$x(t) = A_{1x}\sin(2\pi f_{1x}t) + A_{2x}\sin(2\pi f_{2x}t) + vt$

und zwar gleichzeitig für x(1/12) = x(2/12) = x(3/2); so wird sichergestellt, daß die fünf erwünschten Punktorte in der vertikalen Richtung aufgereiht sind. Da ein Beabstanden in der vertikalen Richtung so wichtig wie die Ausrichtung ist, wurde eine zusätzliche Frequenzkomponente zu der Ablenkung in der y-Richtung hinzugefügt; in diesem Fall eine dritte Harmonische (die eine Frequenz von dreimal der grundlegenden aufweist). Die Amplituden A_{1y} und A_{3y} wurden durch ein Lösen der folgenden Gleichung bestimmt:

$y(t) = A_{1y}\cos(2\pi f_{1y}t) + A_{3y}\cos(2\pi f_{3y}t)$

und zwar gleichzeitig für y(1/12) = 1 und y(2/12) = 0,5; so wurde eine vertikale Gitterbeabstandung von 0,5 sichergestellt.

[0085] Einige der potentiellen Vorteile der periodischen Mehrfrequenz-Omegawellen-Bahn, die zu einem größeren oder kleineren Ausmaß mit weiteren Lissajous-Wellenbahnen geteilt werden, sind wie folgt:

– Zugang zu einem rechteckigen Gitter von Punktorten ohne ein Erfordern einer übermäßig hochfrequenten Antwort von der Strahlablenkvorrichtung oder weiteren Systemkomponenten.
– Ein rechteckiges Gitter mit separat skalierbarer x- und y-Gitter-Beabstandung.
– Verbesserte Druckgeschwindigkeit und Bildauflösung ohne Erhöhen der Polygongeschwindigkeit.
– Konstante Beabstandung zwischen Punkten, die bei gleichen Zeitintervallen erzeugt werden.
– Vom Benutzer auswählbare Kompromisse zwischen Auflösung und Druckgeschwindigkeit sind möglich.
– Auswahl eines Anlegens einer Niederfrequenz-Versatzspannung an die Strahlablenkvorrichtung oder Einstellens der Zeitgebung des Laserpulsens zur Beseitigung einer Banderscheinung.
– Hohe Bewegungswirksamkeit in bezug auf Punkte, die pro Bahnzyklus fertiggestellt werden, und Zeilen, die pro Bewegungsdurchlauf fertiggestellt werden.

[0086] Obwohl Bewegungsverfahren einer periodischen Lissajous-Wellenbahn hierin Bezug nehmend auf Strahlablenkungen in der x- und der y-Richtung und Bezug nehmend auf exemplarische Bahnen, deren Formen Rechteckwellen angenähert sind, beschrieben sind, ist zu erkennen, daß viele weitere Variationen möglich sind, die Strahlablenkungen verwenden, die nicht in der x- und y-Richtung ausgerichtet sind, und/oder die Bahnen erzeugen, deren Formen sich keiner Rechteckwelle annähern.

[0087] Obwohl die **Fig.** 3–4, 5–6 und 10–11 drei bevorzugte Ausführungsbeispiele des periodischen Bahn-Bewegungspfads der vorliegenden Erfindung (nämlich das periodische Dreieckwellen-, Sägezahnwellen- und Mehrfrequenz-Omegawelle-Bahnverfahren) für drei Strahlablenkvorrichtungskonfigurationen darstellen, lohnt es sich zu wiederholen, daß diese Verfahren nur drei Lösungen in einem Entwurfsraum sind, dessen Variablen x- und y-Amplitude, Phasen- und Frequenzinhalt, Lasermodulationszeitgebung und Trommelrotationsgeschwindigkeit umfassen. Als solches sollte angemerkt werden, daß weitere Verfahren funktionieren können.

[0088] Ein Verfahren der Punktplazierung besteht einfach darin, die Strahlablenkvorrichtung **25** in der y-Richtung mit einem elektrischen Signalverlauf mit schneller Anstiegszeit zu treiben, um Punkte an erwünschten Orten in der unmittelbaren Umgebung des nominellen Bewegungspfads zu plazieren, der durch den Polygon-Scanner **30** erzeugt wird. Dieses „Zufallszugriff"-Verfahren ist geeignet zum allmählichen Variieren von Punktpositionen entlang einer Zeile von Punkten (wie z. B. zur Banderscheinungs-

korrektur) oder zum schnelleren Variieren von Punktpositionen (wie z. B. zum „Strahlausborgen", wie in der Lawton-Anmeldung, auf die zuvor verwiesen wurde, offenbart ist). Dieses Zufallszugriffsverfahren eignet sich jedoch zum Erzeugen mehreren Zeilen von Punkten während jedes Bewegungsdurchlaufs aufgrund der ausnehmenden und möglicherweise unrealisierbaren Leistung, die von der Strahlablenkvorrichtung erfordert wird, gemessen durch Anstiegs- und Einstellzeit, nur schlecht. Es gibt auch Probleme, die einer Leistungsdissipierung, Software- und Hardwarekomplexität, Kosten, elektrischem Rauschen und einer Elektrophotographieprozeßsteuerung zugeordnet sind, die Zufallszugriff-Punktplazierungstechniken zugeordnet ist, insbesondere bei Druckern mit höherer Leistung.

[0089] Folglich liefern die Bewegungsverfahren einer periodischen Bahn der vorliegenden Erfindung, insbesondere die bevorzugten Verfahren, die in den **Fig.** 3–4, 5–6 und 10–11 dargestellt sind, eine stark verbesserte Punktplazierungsflexibilität mit einer minimalen erforderlichen Strahlablenkvorrichtungsbandbreite.

[0090] Obwohl es keine Absicht dieser Offenbarung ist, alle potentiellen Signalverläufe oder Strahlbahnen anzugehen, die in der Lage sind, eine Punktplazierung zu verbessern und sich gemäß Prinzipien der vorliegenden Erfindung zu bewegen, stellt **Fig.** 12 ein Beispiel einer periodischen Bahn eines alternativen Ausführungsbeispiels dar, das verwendet werden kann.

[0091] **Fig.** 12 zeigt ein alternatives Verfahren einer Punktplazierung basierend auf einem Treiben der Strahlablenkvorrichtung **25** in der y-Richtung mit einer sinusförmig variierenden Spannung bei einer einzelnen Frequenz gleich einem Viertel der Lasermodulationsfrequenz, um eine periodische Sinuswellenbahn zu erzeugen. **Fig.** 12 stellt ferner ein Verfahren zum Erzeugen eines geradlinigen Gitters von Punktorten durch ein Modulieren des Lasers bei π/2 Phasenintervallen der Strahlablenkvorrichtung dar. Wie in vorherigen Diagrammen zeigen „O"-Markierungen Orte an, die zur Lasermodulation verfügbar sind, um ein Gitter von Punkten zur Bilderzeugung zu erzeugen. Das grobere Gitter in **Fig.** 12, zum Vergleich gezeigt, stellt die grundlegende Auflösung des Druckers ohne periodische Bahnbewegung dar. Bei diesem Beispiel wird eine Verdoppelung der Auflösung in sowohl der x- als auch der y-Richtung ohne Veränderung der Seitengeschwindigkeit des Druckers erzielt. Die Parameterwerte zum Erzeugen der exemplarischen Bahn aus **Fig.** 12 sind wie folgt

$f_y = 1$ $A_y = 1$ $v = 1$ $x(t) = vt$ $y(t) = A_y\cos(2\pi f_y t)$

Zeiten, zu denen der Laser moduliert wird: t = 0, 1/4, 1/2, 3/4, 1, ...

Lasermodulationsfrequenz = 4

[0092] Die verbesserten Bewegungstechniken der vorliegenden Erfindung und insbesondere der bevorzugten Verfahren der **Fig.** 3–4, 5–6 und 10–11 liefern eine Flexibilität für Entwickler von Laserdruckern zur Kompromißbildung zwischen Geschwindigkeit, Bildqualität und Ausrüstungskosten, und liefern die Bequemlichkeit einer einzelnen Hardwareplattform, auf der sie experimentieren können. Die periodische Bahnbewegung kann z. B. verwendet werden, um die Druckgeschwindigkeit zu erhöhen, indem mehrere herkömmlichen Zeilen von Punkten bei einem einzelnen Bewegungsdurchlauf des Laserstrahls über die Trommeloberfläche verarbeitet werden. Es ist ersichtlich, daß, da mehrere Zeilen von Punkten bei einem Durchlauf abgetastet werden, die Trommel schneller gedreht werden kann, um die Zeilen zu verarbeitender Punkte unterzubringen, wodurch eine wesentlich erhöhte Druckerausgabegeschwindigkeit bereitgestellt wird, ohne die Rotationsgeschwindigkeit des Polygonspiegels zu erhöhen. Die zusätzliche Entwurfsflexibilität, die durch die verbesserten Bewegungstechniken der vorliegenden Erfindung bereitgestellt wird, kann verwendet werden, um die Optionen zu erhöhen, die für Druckerbenutzer verfügbar sind, wie z. B. die Option zum Schalten zwischen Nieder- und Hochauflösungs-Druckmodi. Der Schaltungsaufbau zur Bereitstellung zweier oder dreier Signalverläufe, die für unterschiedliche Bahnen benötigt werden (so für unterschiedliche Auflösungen), ist minimal. **Fig.** 13 zeigt Abtastwerte von Bahnen unter Verwendung des Mehrfrequenz-Omegaverfahrens zur Erzeugung einer gedruckten Ausgabe bei unterschiedlichen Auflösungen. Die Figur zeigt auch, wie mehrere Zeilen von Punkten bei einem Bewegungsdurchlauf erzeugt werden.

[0093] Die Kantenauflösungsverbesserung ist eine weitere Verwendung der periodischen Bahnbewegung der vorliegenden Erfindung. Die Kantenauflösungsverbesserung ist ein Verfahren zur Abbildung aller „Kanten" eines Bildes mit höherer Auflösung als der grundlegenden Auflösung des Druckers. Eine „Kante" eines Bilds oder Zeichens ist als die Grenze zwischen einem Bereich, der geladen ist, um Toner anzuziehen, und einem Bereich definiert, der keinen Toner anzieht und weiß bleibt.

[0094] **Fig.** 14 zeigt einen oberen Abschnitt eines Wingding„pplus"-Zeichens **110**, das teilweise abgebildet und vergrößert ist, das eine herkömmliche 300 dpi-Technologie und Grauskala in Kombination mit einer Kantenauflösungsverbesserung und dem neuartigen periodischen Bahnbewegungsverfahren der vorliegenden Erfindung zeigt, um eine Auflösung an den Kanten des Bildes um einen Faktor von 2 in sowohl der x- als auch der y-Richtung zu erhöhen. Ein Umriß **115** zeigt das erwünschte Muster für das „pplus"-Zeichen **110**. Jeder Punkt **117** stellt einen Bereich dar, der einem Laserpuls ausgesetzt wird und zu dem Toner angezogen wird. Die Punkte füllen das

erwünschte Muster **115** aus und bilden das „pplus"-Zeichen, wie es tatsächlich gedruckt wird. Der Punktdurchmesser wird durch ein Einstellen der Lasermodulationspulsbreite gesteuert. Variationen an den Punktdurchmessern stellen Grauskalapegel dar.

[0095] Das Gitter ist zur visuellen Verdeutlichung einer Identifizierung der Abbildungsschritte für das „pplus"-Zeichen, zum Identifizieren einer grundlegenden Auflösung, d. h. der Orte, an denen ein Punkt unter Verwendung einer herkömmlichen 300 dpi-Technologie plaziert werden könnte, und zum Zeigen der mehreren herkömmlichen Zeilen von Punkten, die unter der periodischen Bahnbewegungstechnik der vorliegenden Erfindung verarbeitet werden, gezeigt. Die Prozeßrichtung (y) und die Bewegungsrichtung (x) sind auf der Zeichnung angemerkt.

[0096] Die Kantenauflösungsverbesserung zieht einen Vorteil aus der periodischen Bahnbewegung der vorliegenden Erfindung, um bei diesem Beispiel Punkte an Orten zwischen den Gitterpunkten des 300 dpi-Gitters zu plazieren, um eine zweifache Auflösungsverbesserung an den Kanten eines Bildes zu erzeugen. Wie dies in der Technik herkömmlich ist, enthält eine Speicherabbildung die Punktorte, die das Bild definieren.

[0097] Die periodische Bahnbewegung der vorliegenden Erfindung liefert ein Verfahren zum Implementieren einer Kantenauflösungsverbesserung. **Fig.** 14 zeigt z. B., wie die Auflösung der Kanten des „pplus"-Zeichens unter Verwendung von Kantenauflösungsverbesserung, Grauskala und periodischen Bahnbewegung von einer Grauskalaauflösung von 300 dpi auf eine Grauskalaauflösung von 600 dpi verdoppelt wird.

[0098] **Fig.** 14 zeigt das Drucken von Punktzeilen null (0) bis zehn (10) des „pplus" **110**, obwohl zur Klarheit einer Darstellung nur zwei exemplarische periodische Bahnbewegungspfade **120** und **125** gezeigt sind, und nur zusätzliche Punkte **130** und **135** (in unterbrochener gestrichelter Linie gezeigt) referenzmäßig bezeichnet sind, d. h. nicht alle zusätzlichen Punkte, die die verbesserten Kanten definieren, sind referenzmäßig bezeichnet. Die Figur zeigt, wie Punkte in sowohl der Prozeß- als auch der Bewegungsrichtung zur Auflösungsverdoppelung an den Kanten positioniert sein können. Punkte, die nicht mittig auf dem Gitter sind, sind bei der verdoppelten grundlegenden Auflösung. Der periodische Bahn-Bewegungspfad der vorliegenden Erfindung liefert die Mittel zum Plazieren zusätzlicher Punkte an den Kanten des Bildes, um eine Auflösung an Bildkanten zu verdoppeln. Bilder, die durch diese Verfahren kantenauflösungsverbessert sind, sind visuell äquivalent zu Bildern und so wirksam wie Bilder, die tatsächlich mit der doppelten grundlegenden Auflösung des Druckers erzeugt wurden. Die Kantenauflösungsverbesserung erhöht deshalb wirksam die Auflösung des gesamten Bildes, erfordert jedoch weniger Druckerspeicher und verwendet weniger Toner pro Seite als ein Drucker, der bei der höheren Auflösung arbeitet.

[0099] Eine weitere Verwendung der periodischen Bahnbewegungstechniken der vorliegenden Erfindung ist die Banderscheinungskorrektur. Die Strahlablenkvorrichtung bietet zwei Mechanismen für die Korrektur einer Banderscheinung. Erstens ist es, da sich die Frequenzantwort der Strahlablenkvorrichtung den gesamten Weg bis zu einem Gleichsignal (Null-Frequenz) erstreckt, möglich, eine Banderscheinungskorrektur zu implementieren, indem eine Vorspannung zu dem Signal hinzugefügt wird, das verwendet wird, um die Strahlablenkvorrichtung zu treiben, wobei die Vorspannung auf einer Basis von Bewegung nach Bewegung durch eine y-Achse-Korrekturschaltung **90** unter Verwendung in Informationen bestimmt wird, die durch Detektoren **50** und **55** (alle aus **Fig.** 1) bereitgestellt werden. Dieses Verfahren weist die Wirkung auf, daß jeder periodische Bahnbewegungspfad um eine kleine positive oder negative Menge in der Prozeßrichtung verschoben wird, wie dies benötigt wird, um Trommelpositionierungsfehler zu korrigieren, die andernfalls zu einer Banderscheinung führen würden, und ist auch das bevorzugte Verfahren. Zweitens ist es, da eine Punktplazierung durch die Zeitgebung einer Lasermodulation relativ zu der Phase der periodischen Bewegungsbahn bestimmt wird, möglich, eine Punktposition in der y-Richtung zu variieren, indem selektiv die Phase der Lasermodulation relativ zu der Phase der Strahlablenkvorrichtung beschleunigt oder verzögert wird. Dieses Verfahren ist Einschränkungen unterwerfen, die durch die Form der verwendeten periodischen Bahn auferlegt werden, und ist so allgemein nicht so nützlich wie das Vorspannungsverfahren. Der Trommelpositionsdetektor **55** (aus **Fig.** 1) wird für beide Techniken verwendet und der Strahlpositionsdetektor **50** kann verwendet werden, um die Positionswiedergabetreue der Strahlablenkvorrichtung zu verbessern.

[0100] Bezug nehmend auf **Fig.** 15 liefert ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Strahlablenkvorrichtung, das als die „Strahlablenkvorrichtung eines geknickten optischen Pfads" bezeichnet wird, eine verbesserte Einrichtung zum Erzeugen der periodischen Bahnbewegungspfade der vorliegenden Erfindung. Wie gezeigt wird, kann diese Strahlablenkvorrichtung eines geknickten optischen Pfads konfiguriert sein, um eine Strahlablenkung in nur einer Richtung bereitzustellen, oder separat in jeder von zwei Richtungen. Obwohl eine Ablenkvorrichtung eines geknickten Pfads hierin besonders offenbart ist, ist ersichtlich, daß ein ungeknickter Pfad ebenso verwendet werden könnte.

[0101] Eine periodische Bahnbewegung, wie sie

hierin offenbart ist, benötigt eine Strahlablenkvorrichtung **25** (**Fig.** 1), die in herkömmlichen Laserdruckern nicht zu finden ist. Wie zuvor erläutert wurde, werden Strahlablenkvorrichtungen des elektro-optischen (E-O-) Typs für eine periodische Bahnbewegung bevorzugt. Die Strahlablenkvorrichtung eines geknickten optischen Pfads der vorliegenden Erfindung beinhaltet eine elektro-optische Prismenanordnung und ist Bezug nehmend auf **Fig.** 15 beschrieben. Ein Strahl **20** gelangt in ein erstes Faltprisma **22**, in dem derselbe im wesentlichen in einem rechten Winkel reflektiert (statisch umgeleitet) wird. Der Strahl **20** wird dann ein erstes Mal durch eine elektro-optische Prismenanordnung **23** durchgelassen, wo derselbe dynamisch um eine kleine Winkelmenge α ansprechend auf ein elektrisches Signal, das an die Ablenkvorrichtung angelegt wird, abgelenkt werden kann. Der Strahl **20** tritt aus der E-O-Prismenanordnung **23** aus und tritt in ein Dachprisma **24** ein, in dem der Strahl **20** zwei Reflexionen (statischen Umleitungen) unterzogen wird, die eine im wesentlichen 180°-Veränderung der Strahlrichtung bewirken. Der Strahl **20** tritt dann erneut in die E-O-Prismenanordnung **23** ein und wird ein zweites Mal durchgelassen, wobei derselbe dynamisch ein zweites Mal um eine zweite kleine Winkelmenge β ansprechend auf ein elektrisches Signal, das an die Ablenkvorrichtung angelegt wird, abgelenkt werden kann. Der Strahl **20** tritt dann ein zweites Mal aus der E-O-Prismenanordnung **23** aus und tritt in ein zweites Faltprisma **26** ein, in dem der Strahl **20** im wesentlichen in einem rechten Winkel reflektiert (statisch umgeleitet) wird und im wesentlichen in seiner Bewegungsrichtung vor einem Eintritt in das erste Faltprisma **22** wiederhergestellt wird. Eine erste Phasenverzögerungsplatte **21** kann eingefügt sein, um die Polarisierung des Strahls **20** zu modifizieren, wenn derselbe in die Strahlablenkvorrichtung gelangt, um die Polarisierungsanforderungen der E-O-Prismenanordnung **23** zu erfüllen, wobei E-O-Prismenanordnungen im allgemeinen aus Kristallmaterialien aufgebaut sind und spezifische Polarisierungsanforderungen aufweisen, wie dies in der Technik bekannt ist. Eine zweite Phasenverzögerungsplatte **27** kann eingefügt sein, um die Polarisierung des Strahls **20** zu modifizieren, wenn derselbe aus der Strahlablenkvorrichtung **25** austritt, wobei so die Polarisierungsanforderungen der optischen Komponenten erfüllt werden, die sich in dem Pfad des Strahls **20** zwischen dem zweiten Faltprisma **26** und der Bilderzeugungsoberfläche **45** (aus **Fig.** 1) befinden.

[0102] Die E-O-Prismenanordnung **23** der vorliegenden Erfindung kann auf alternative Weisen konfiguriert sein, um alternative Strahlablenkcharakteristika bereitzustellen, wie dies für spezifische periodische Bahnbewegungspfade benötigt wird, oder um weitere Laserdruckerentwurfsziele und -einschränkungen zu erfüllen.

[0103] **Fig.** 15 stellt eine „Doppeldurchlauf"-Konfiguration der E-O-Prismenanordnung **23** dar, in der die Ablenkwinkel α und β, die dem Strahl **20** während des ersten und des zweiten Durchgangs durch die E-O-Prismenanordnung **23** auferlegt werden, in der gleichen Richtung sind und additiv sind, was zu einem Gesamtablenkwinkel gleich α + β führt. Diese Konfiguration ist in der Lage, z. B. eine gleichzeitige Verdoppelung von Ablenkwinkel und Ablenkgeschwindigkeit bereitzustellen.

[0104] Eine weitere Konfiguration, die besonders nützlich ist, wird nun Bezug nehmend auf **Fig.** 16 beschrieben. Bei dieser Konfiguration ist die E-O-Prismenanordnung **23** in separat steuerbare E-O-Prismenanordnungen **23a** und **23b** unterteilt, um eine Zweiachsen-Strahlablenkfähigkeit bereitzustellen. Während eines Durchgangs durch die E-O-Prismenanordnung **23a** wird der Strahl **20** um einen Winkel α abgelenkt und während eines Durchgangs durch die E-O-Prismenanordnung **23b** wird der Strahl **20** um einen Winkel β abgelenkt. Die Strahlablenkungen α und β resultieren nun zu senkrechten Strahlbewegungen an der Bilderzeugungsoberfläche und resultieren als Ergebnis eines separat steuerbaren x- und y-Signals, die an die Ablenkvorrichtungen **25** angelegt werden, zu einer separat steuerbaren x- und y-Bewegung des Strahls **20** auf der Bilderzeugungsoberfläche **45** (**Fig.** 1).

[0105] Wie in **Fig.** 17 dargestellt ist, kann die Strahlablenkvorrichtung **25** als eine dauerhaft verbundene monolithische Anordnung aufgebaut sein, die eine extreme mechanische und thermische Ausrichtungsstabilität aufweist, wobei es nur erforderlich ist, daß zwei Oberflächen (Eingangs- und Ausgangsfläche) antireflexionsbeschichtet sind. Eine derartige permanent verbundene Strahlablenkvorrichtungsanordnung kann als ein vorausgerichtetes Modul angeordnet sein, was eine „Einfügung"-Ausrichtung während einer Druckeranordnung erlaubt. Obwohl eine statische Umleitung des Strahls mit Spiegeln anstelle von Prismen erzielt werden könnte, werden Prismen für eine monolithische Anordnung bevorzugt.

[0106] Vorteile der Strahlablenkvorrichtung eines geknickten optischen Pfads des bevorzugten Ausführungsbeispiels umfassen:

– Die Ablenkvorrichtung nimmt einen eingeschränkten Abschnitt der Entfernung zwischen dem Laser **15** und dem Polygon-Scanner **30** ein, während ein willkürlich langer Strahlpfad innerhalb der E-O-Prismenanordnung bereitgestellt wird.

– Entwurfsoptionen erlauben ein Verdoppeln von Ablenkwinkel oder Ablenkgeschwindigkeit oder von beidem in einer Einachsen-Ablenkvorrichtung oder alternativ ein Bereitstellen einer Zweiachsen-Strahlablenkfähigkeit.

– Die Strahlablenkvorrichtung kann als eine dau-

erhaft verbundene monolithische Anordnung aufgebaut sein, die eine extreme mechanische und thermische Ausrichtungsstabilität aufweist, wobei nur zwei Oberflächen (Eingangs- und Ausgangsflächen) antireflexionsbeschichtet sein müssen.
– Die Strahlablenkvorrichtung kann als ein zuvor angeordnetes Vorausrichtungsmodul aufgebaut sein, das eine „Einfügung"-Ausrichtung während einer Druckeranordnung erlaubt.
– Nur eine minimale optische und mechanische Modifizierung existierender Laserdruckerentwürfe werden zur Hinzufügung einer periodischen Bahnbewegungsfähigkeit benötigt. Ein Erzeugen von Produktvariationen mit und ohne periodische Bahnbewegung unter Verwendung einer maximalen Anzeige gemeinsamer Teile wird ermöglicht.

[0107] Zusammenfassend wurden oben die bevorzugten Ausführungsbeispiele für ein System und ein Verfahren für verbesserte Bewegungstechniken in einem Laserdrucker beschrieben, durch die die Druckgeschwindigkeit verbessert, die Auflösung verbessert und Banderscheinungseffekte reduziert werden. Es ist zu erkennen, daß die vorliegende Erfindung ohne weiteres unter Verwendung jeder einer Vielzahl an Hardware und/oder Software, die es in der Technik gibt, implementiert werden kann. Ferner ist es, während die vorliegende Erfindung durch Bezugnahme auf spezifische Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ersichtlich, daß weitere alternative Ausführungsbeispiele und Verfahren einer Implementierung oder Modifizierung eingesetzt werden können, ohne von dem hierin beanspruchten Schutzbereich der Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Bewegen eines Strahls über eine Oberfläche (**45**) in einer Bilderzeugungsvorrichtung (**10**), wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:
(a) Positionieren des Strahls durch eine Abtastvorrichtung (**30**) in einer Bewegungsrichtung;
(b) Positionieren des Strahls durch eine Ablenkvorrichtung (**25**) in einer Querbewegungsrichtung und zusätzlich in einer Bewegungsrichtung,
wobei der Strahl in einer zweidimensionalen periodischen Bahn (**20a**, **20b**, **20c**, **20d**) über die Oberfläche geleitet wird.

2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem ein im wesentlichen geradliniges Gitter verfügbarer Pixelorte durch die periodische Bahn in einem einzelnen Bewegungsdurchlauf des Strahls über die Oberfläche gebildet wird (**Fig.** 4, 6, 8, 11, 12).

3. Das Verfahren gemäß Anspruch 2, das ein Modulieren des Strahls an ausgewählten Pixelorten umfaßt.

4. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem eine Wellenform der periodischen Bahn aus der Gruppe ausgewählt wird, die aus einer Dreieck-Wellenform, einer Sägezahn-Wellenform, einer Lissajous-Wellenform, einer Rechteck-Wellenform und einer sinusförmigen Wellenform besteht (**Fig.** 4, 6, 8, 11, 12).

5. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem die Ablenkvorrichtung eine elektro-optische Ablenkvorrichtung (**25**) ist.

6. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem die Bilderzeugungsvorrichtung ein Laserdrucker (**10**) ist, der einen im allgemeinen linearen Laserstrahl-Bewegungspfad (**20a**, **20b**) über eine photoleitende Oberfläche (**45**) aufweist, wobei durch ein Modifizieren des Laserstrahl-Bewegungspfades ein periodischer Bahnbewegungspfad (**20a**, **20b**, **20c**, **20d**) über die Oberfläche zum Bereitstellen eines im wesentlichen geradlinigen Gitters verfügbarer Punktorte (**Fig.** 4, 6, 8, 11, 12) zur selektiven Laserstrahlmodulation gebildet wird.

7. Eine Bilderzeugungsvorrichtung (**10**) mit folgenden Merkmalen:
(a) einer Abtastvorrichtung (**30**) zum Positionieren eines Strahls (**20**) in einer Bewegungsrichtung auf einer Bilderzeugungsoberfläche (**45**);
(b) einer Ablenkeinrichtung (**25**) zum selektiven Ablenken des Strahls in einer Querbewegungsrichtung und zusätzlich in der Bewegungsrichtung, wobei die Abtastvorrichtung (**30**) und die Ablenkvorrichtung (**25**) den Strahl in einer zweidimensionalen periodischen Bahn über die Oberfläche leiten; und
(c) einer Einrichtung (**15**) zum Modulieren des Strahls an ausgewählten Orten in der periodischen Bahn.

8. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 7, bei der die periodische Bahn ein im wesentlichen geradliniges Gitter verfügbarer Pixelorte (**Fig.** 4, 6, 8, 11, 12) in einem einzelnen Durchlauf des Strahls über die Oberfläche (**45**) bereitstellt.

9. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 8, bei der die ausgewählten Orte in der periodischen Bahn ausgewählte Pixelorte sind (**Fig.** 4, 6, 8, 11, 12).

10. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 7, bei der die periodische Bahn eine Wellenform aufweist, die aus der Gruppe ausgewählt wird, die aus einer Dreieck-Wellenform, einer Sägezahn-Wellenform, einer Lissajous-Wellenform, einer Rechteck-Wellenform und einer sinusförmigen Wellenform besteht (**Fig.** 4, 6, 8, 11, 12).

11. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 7, bei der die Ablenkvorrichtung eine elektro-optische Ablenkvorrichtung (**25**) ist.

12. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 7, bei der die Ablenkvorrichtung (**25**) folgende Merkmale aufweist:
(a) eine erste Umleiteinrichtung (**22**) zum statischen Umleiten des Strahls;
(b) eine erste Ablenkeinrichtung (**23a**) zum dynamischen Ablenken des Strahls ansprechend auf ein angelegtes Signal, wobei die erste Ablenkeinrichtung angeordnet ist, um den Strahl von der ersten Umleiteinrichtung zu empfangen;
(c) eine zweite Umleiteinrichtung (**24**) zum statischen Umleiten des Strahls, die angeordnet ist, um den Strahl von der ersten Ablenkeinrichtung zu empfangen;
(d) eine zweite Ablenkeinrichtung (**23b**) zum dynamischen Ablenken des Strahls ansprechend auf ein angelegtes Signal, wobei die zweite Ablenkeinrichtung angeordnet ist, um den Strahl von der zweiten Umleiteinrichtung zu empfangen; und
(e) eine dritte Umleiteinrichtung (**26**) zum statischen Umleiten des Strahls, die angeordnet ist, um den Strahl von der zweiten Ablenkeinrichtung zu empfangen.

13. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 12, bei der die erste und die zweite Ablenkeinrichtung (**23a**, **23b**) zum dynamischen Ablenken des Strahls eine Strahlbewegung in im wesentlichen der gleichen Richtung auf der Bilderzeugungsoberfläche bewirken.

14. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 12, bei der die erste und die zweite Ablenkeinrichtung (**23a**, **23b**) zum dynamischen Ablenken des Strahls eine einzelne Ablenkvorrichtung (**23**) sind.

15. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 12, bei der die erste und die zweite Ablenkeinrichtung (**23a**, **23b**) zum dynamischen Ablenken des Strahls eine Strahlbewegung in im wesentlichen senkrechten Richtungen auf der Bilderzeugungsoberfläche bewirken.

16. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 12, bei der die erste und die zweite Ablenkeinrichtung (**23a**, **23b**) zum dynamischen Ablenken des Strahls elektro-optische Ablenkvorrichtungen sind.

17. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 12, bei der die erste, zweite und dritte Umleiteinrichtung (**22**, **24**, **26**) zum statischen Umleiten des Strahls innen reflektierende Prismen sind.

18. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 12, bei der alle Umleit- und Ablenkeinrichtungen ausgerichtet und miteinander verbunden sind, um eine monolithische Anordnung zu bilden (**Fig.** 17).

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

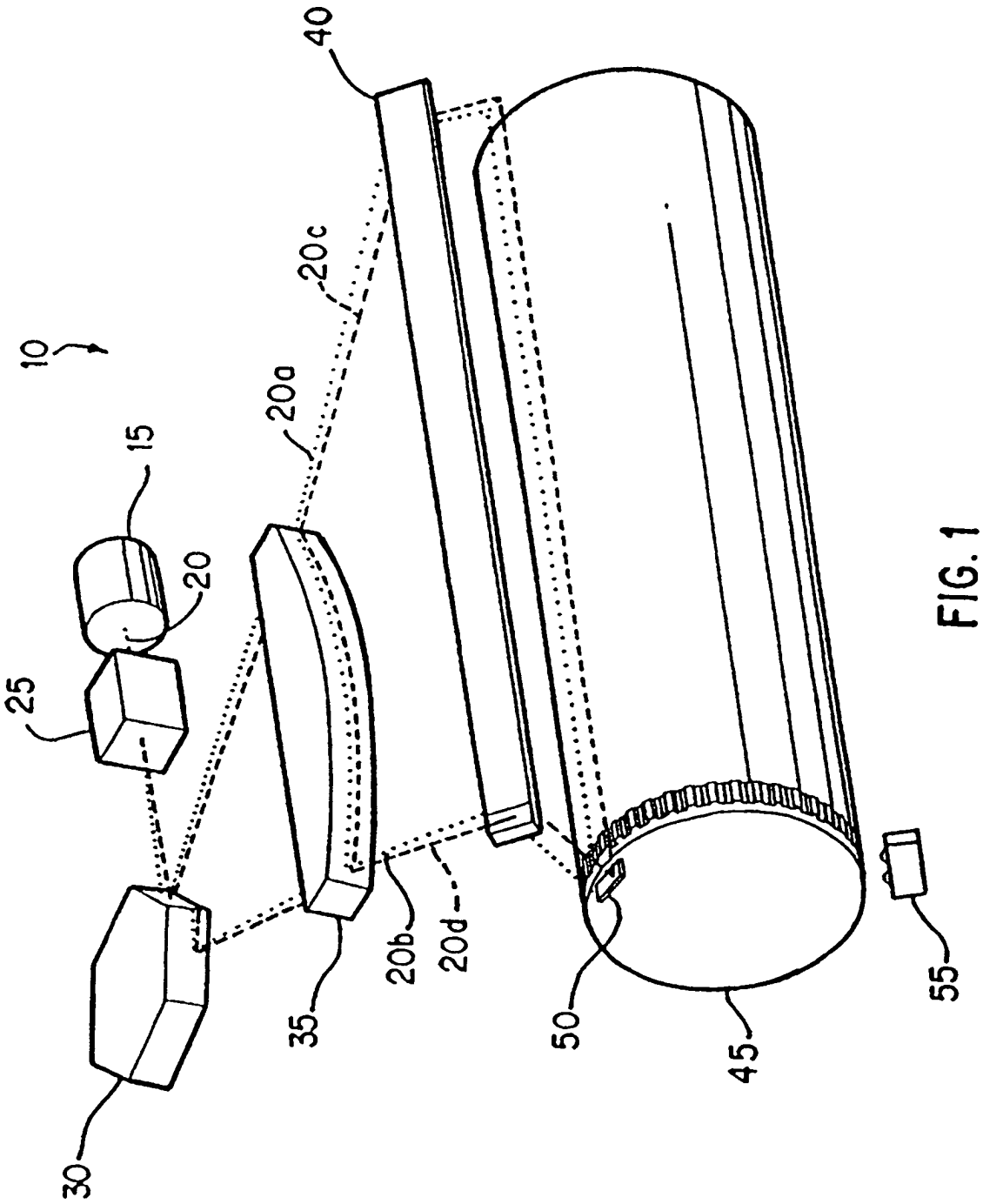


FIG. 1

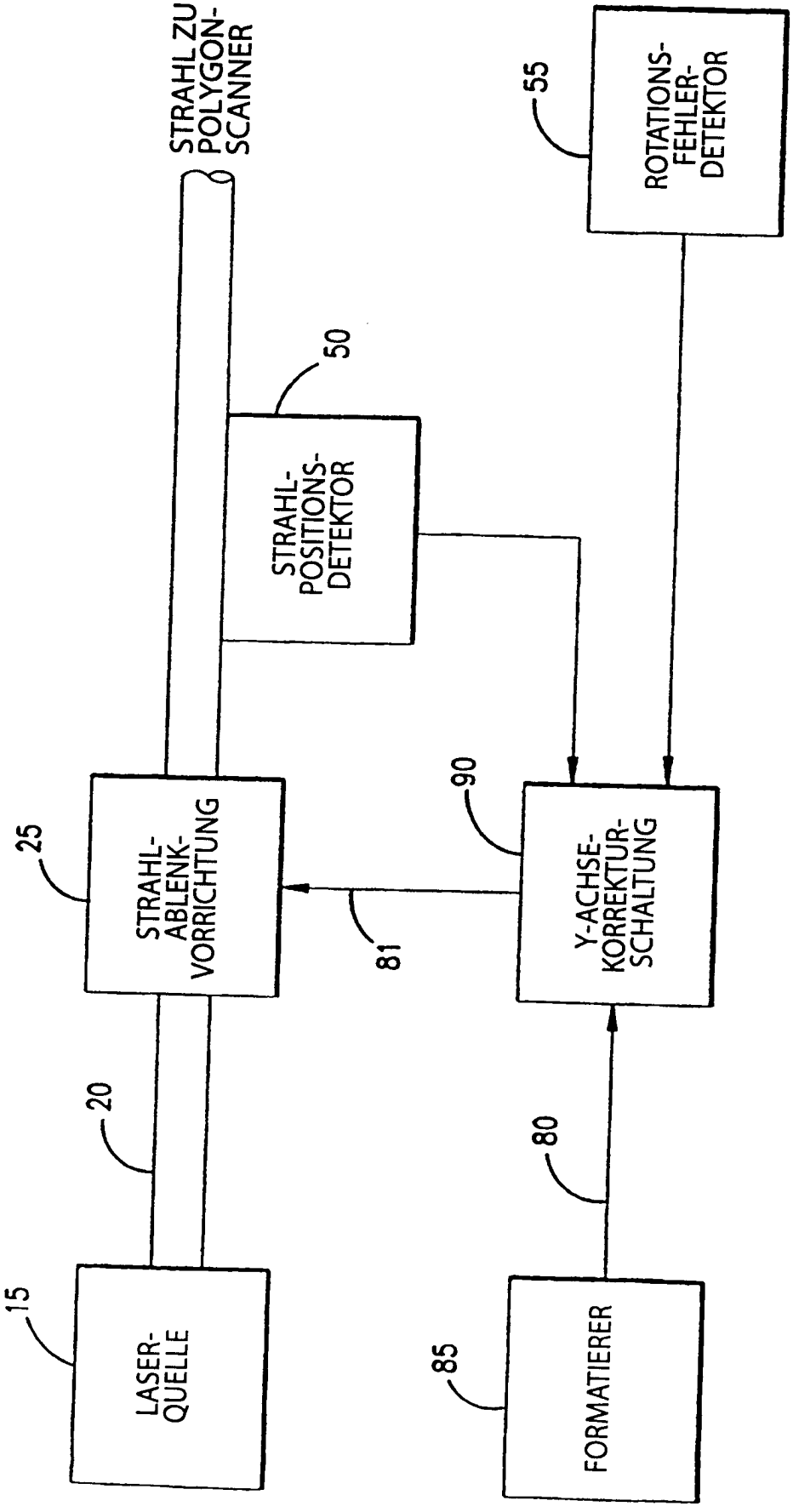

STRAHL ZU POLYGON-SCANNER
55
ROTATIONS-FEHLER-DETEKTOR
50
STRAHL-POSITIONS-DETEKTOR
25
STRAHL-ABLENK-VORRICHTUNG
90
Y-ACHSE-KORREKTUR-SCHALTUNG
81
20
80
15
LASER-QUELLE
85
FORMATIERER

FIG.2

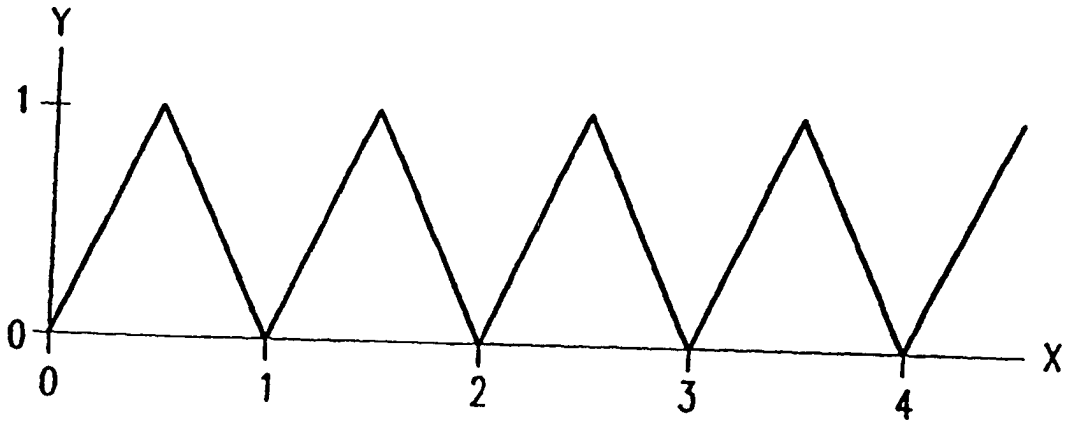


FIG.3

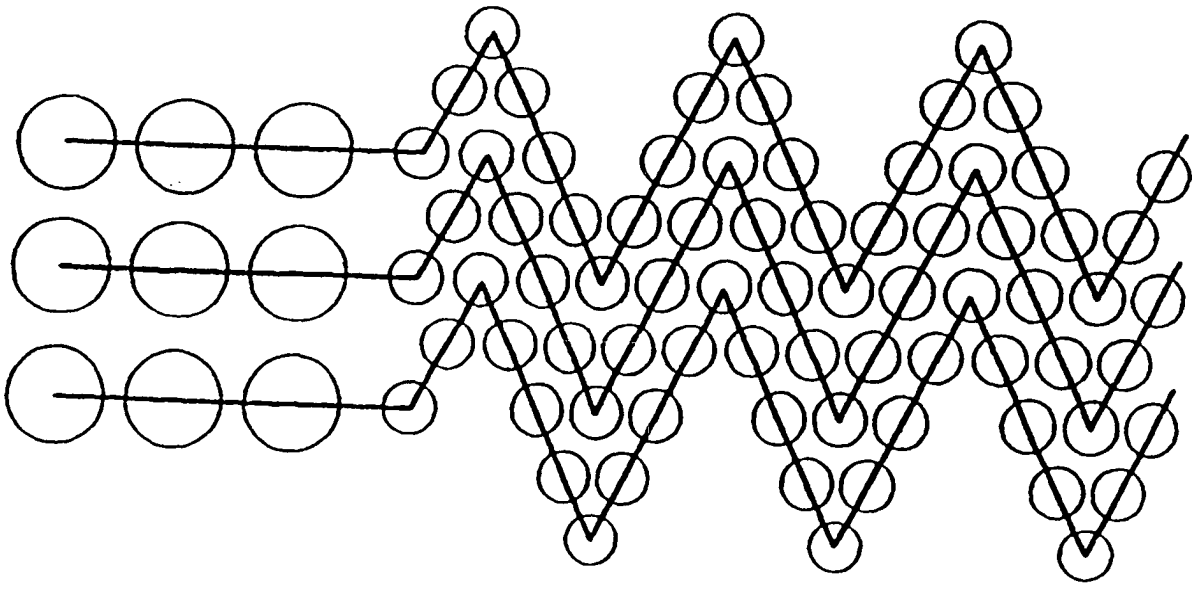


FIG.4

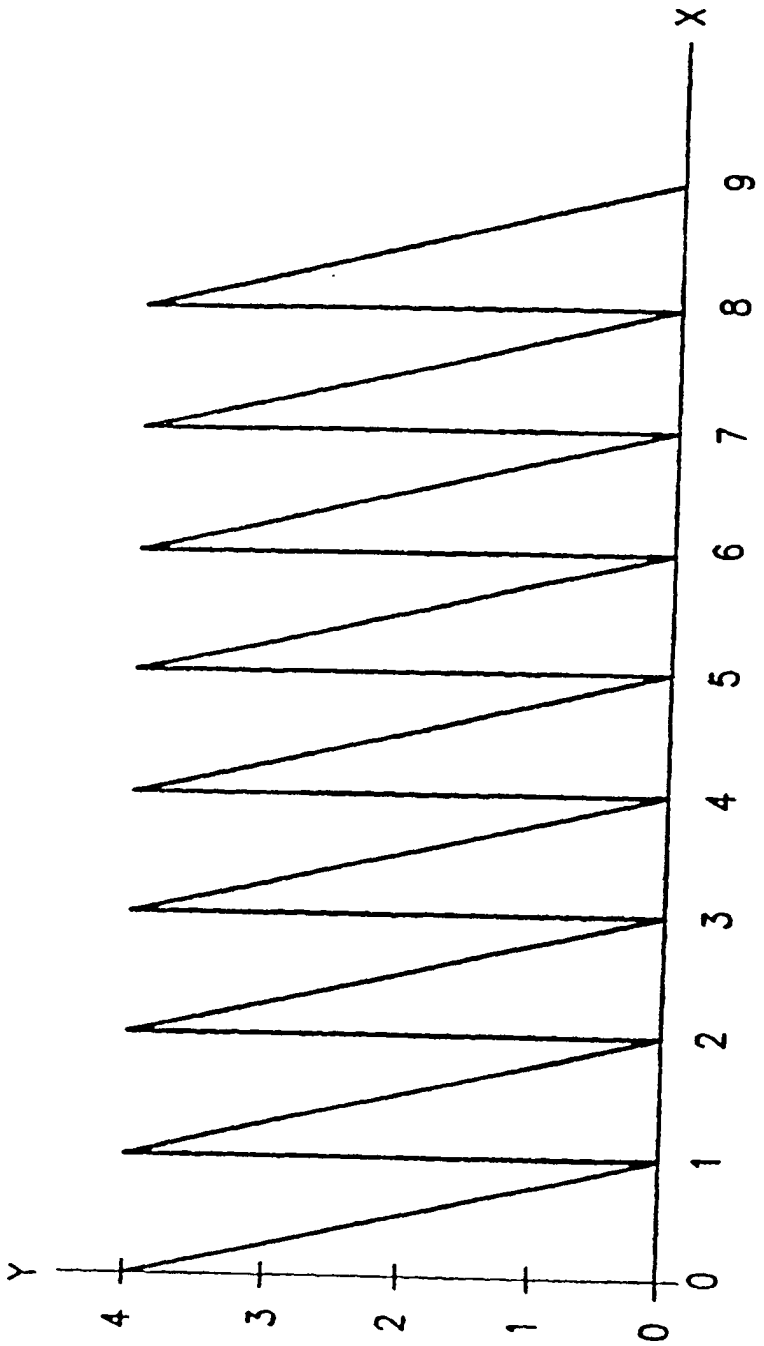


FIG.5

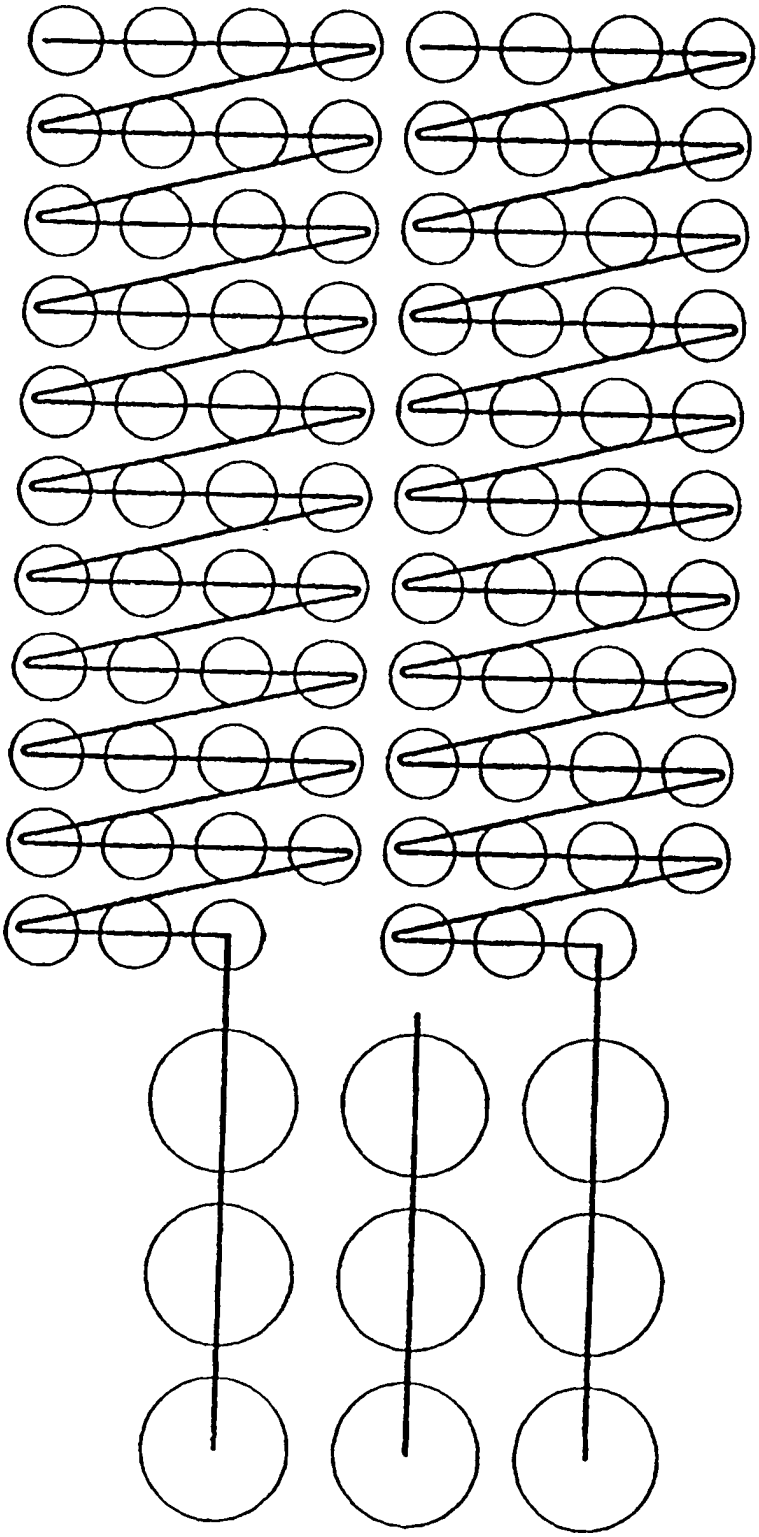


FIG.6

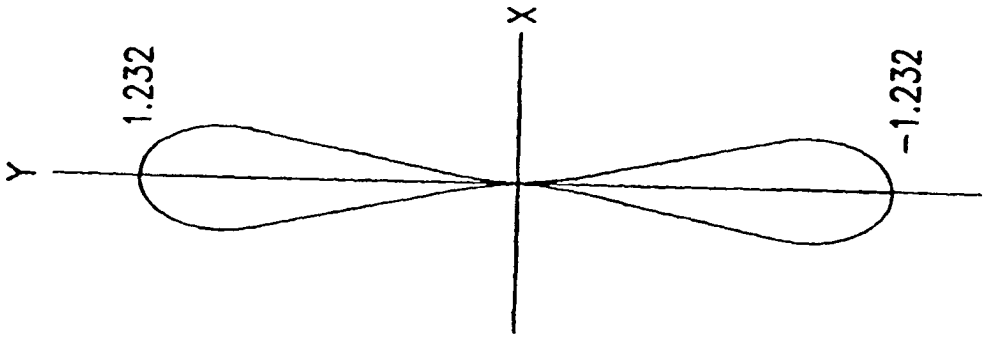


FIG.10

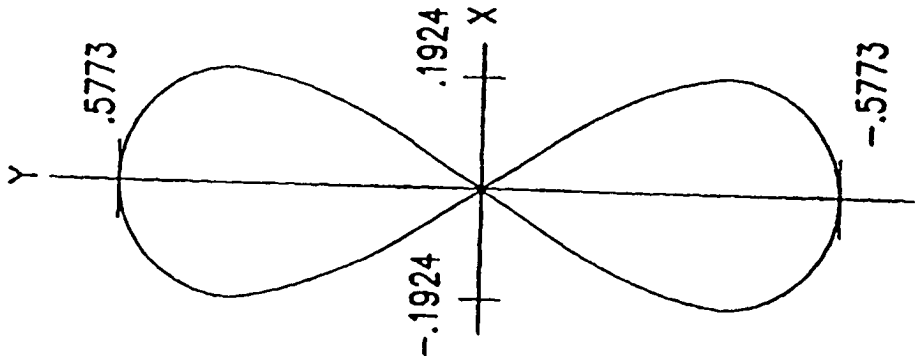


FIG.7

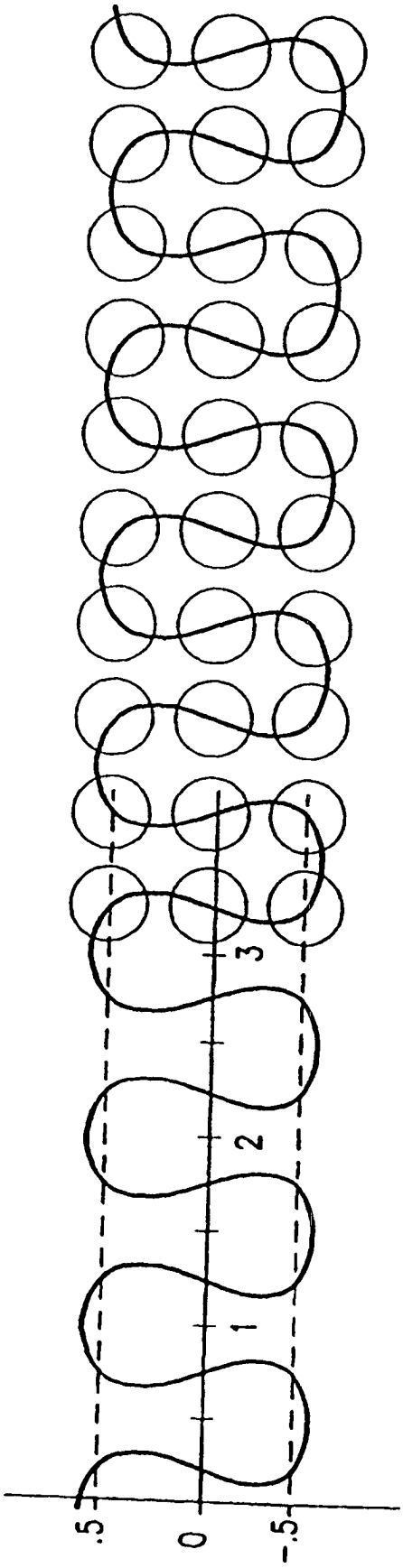


FIG.8

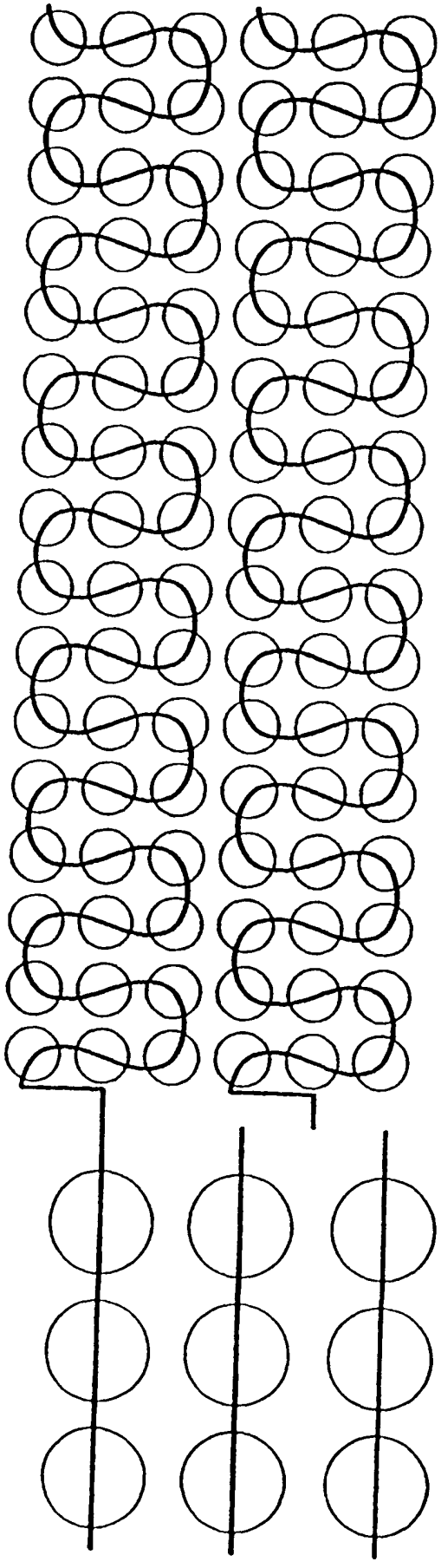


FIG.9

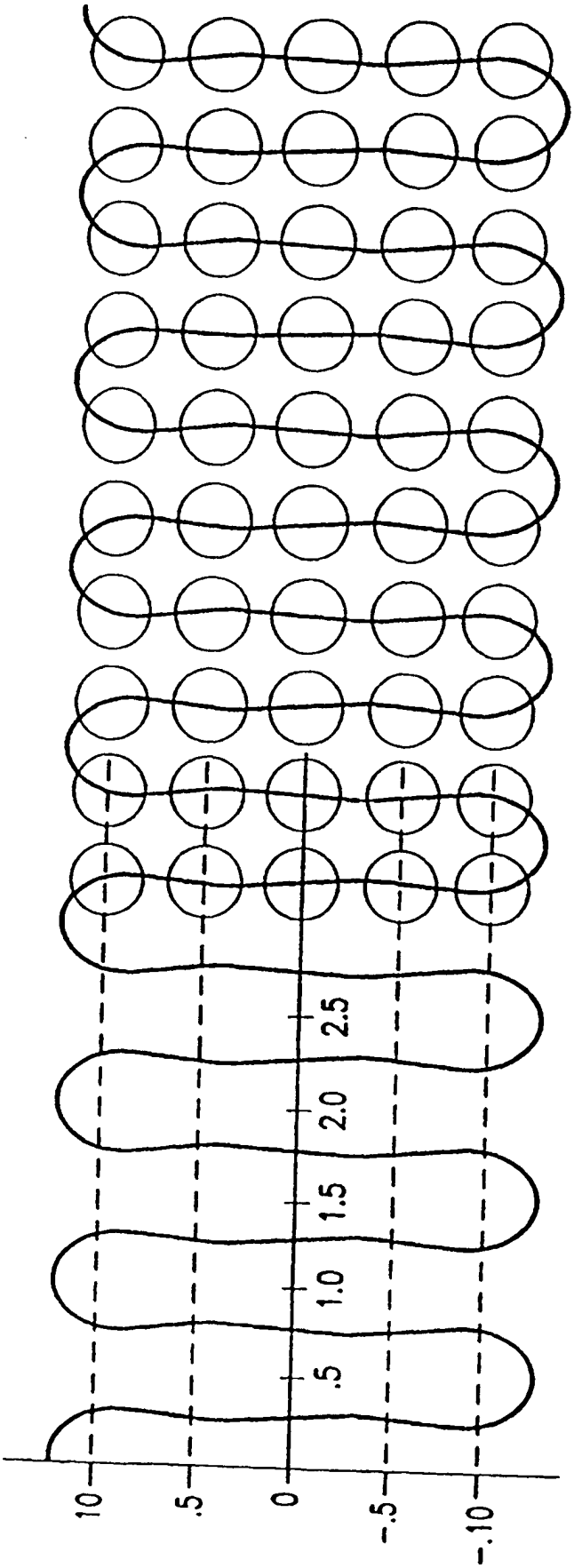


FIG.11a

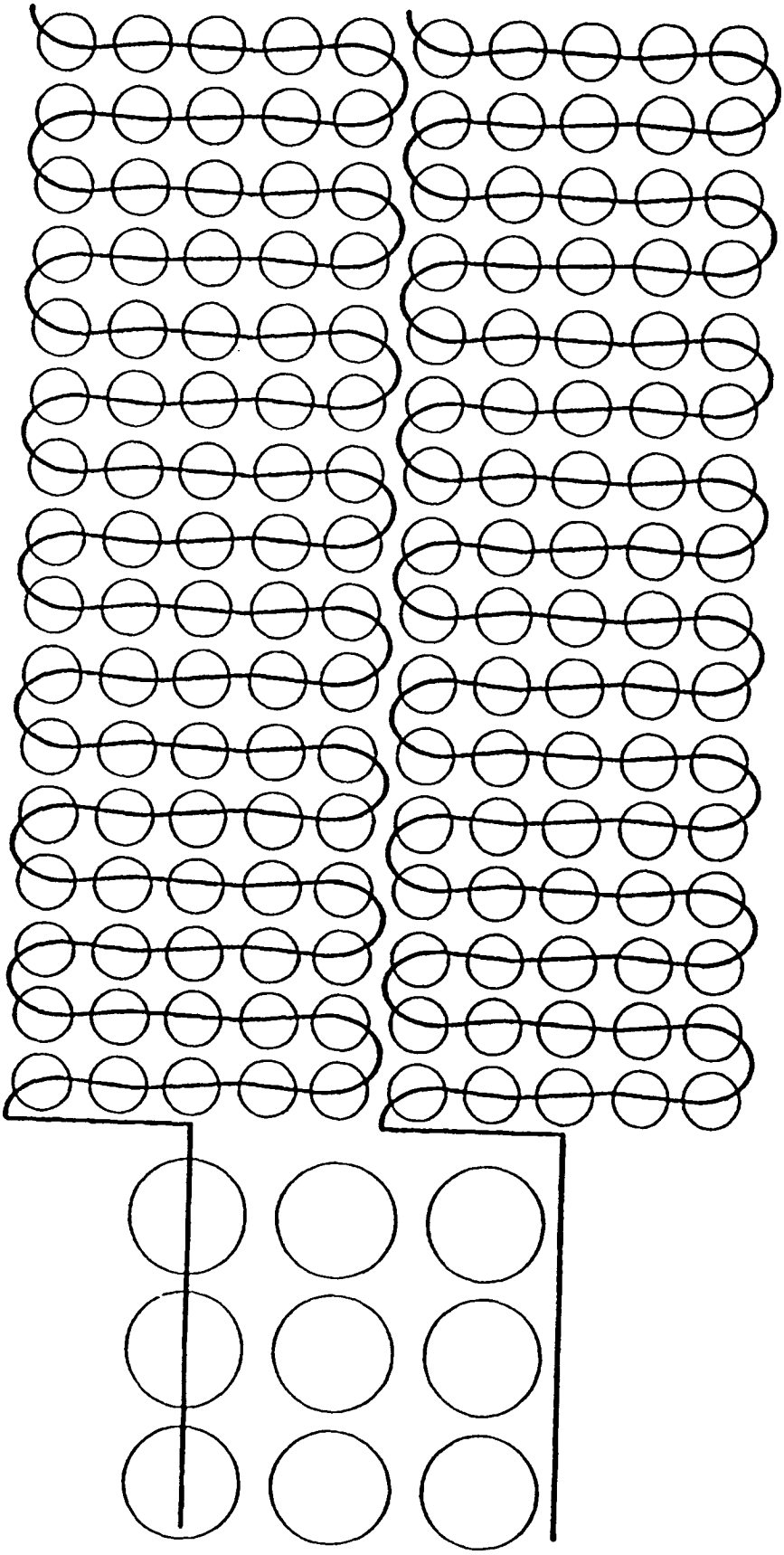


FIG.11b

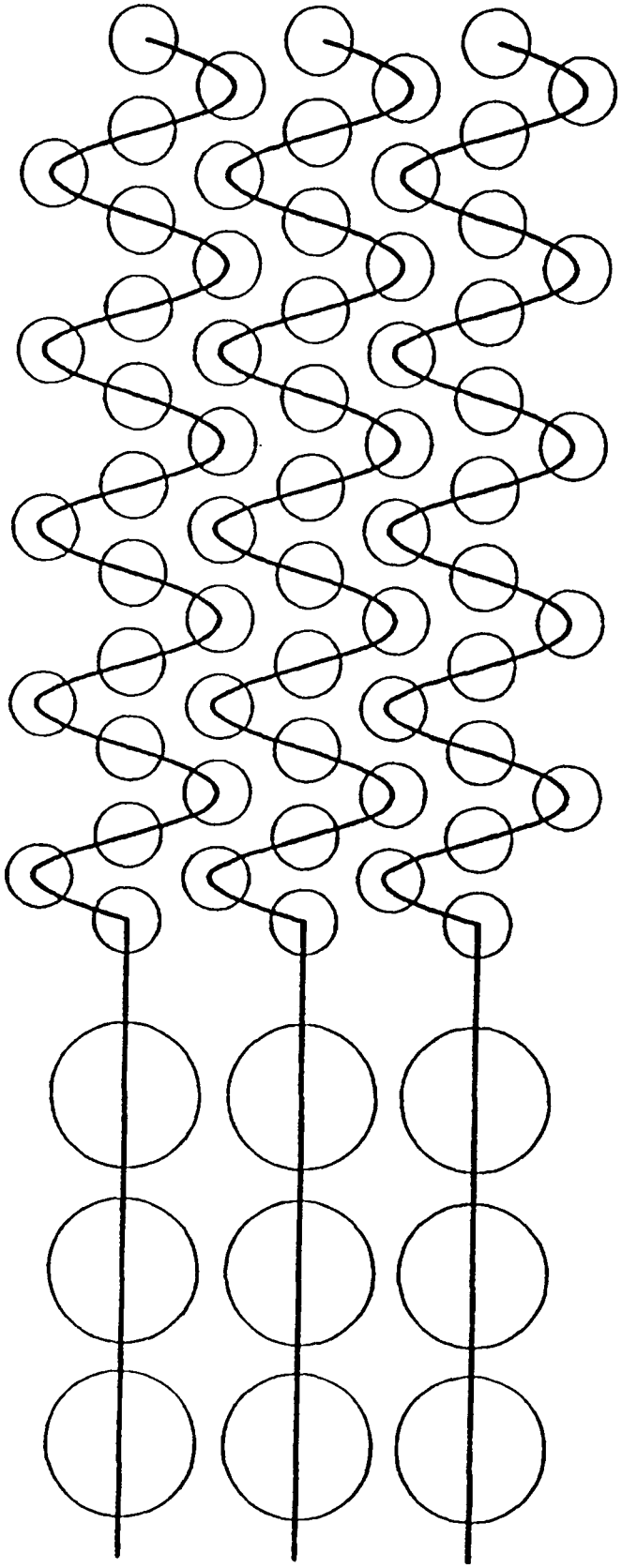
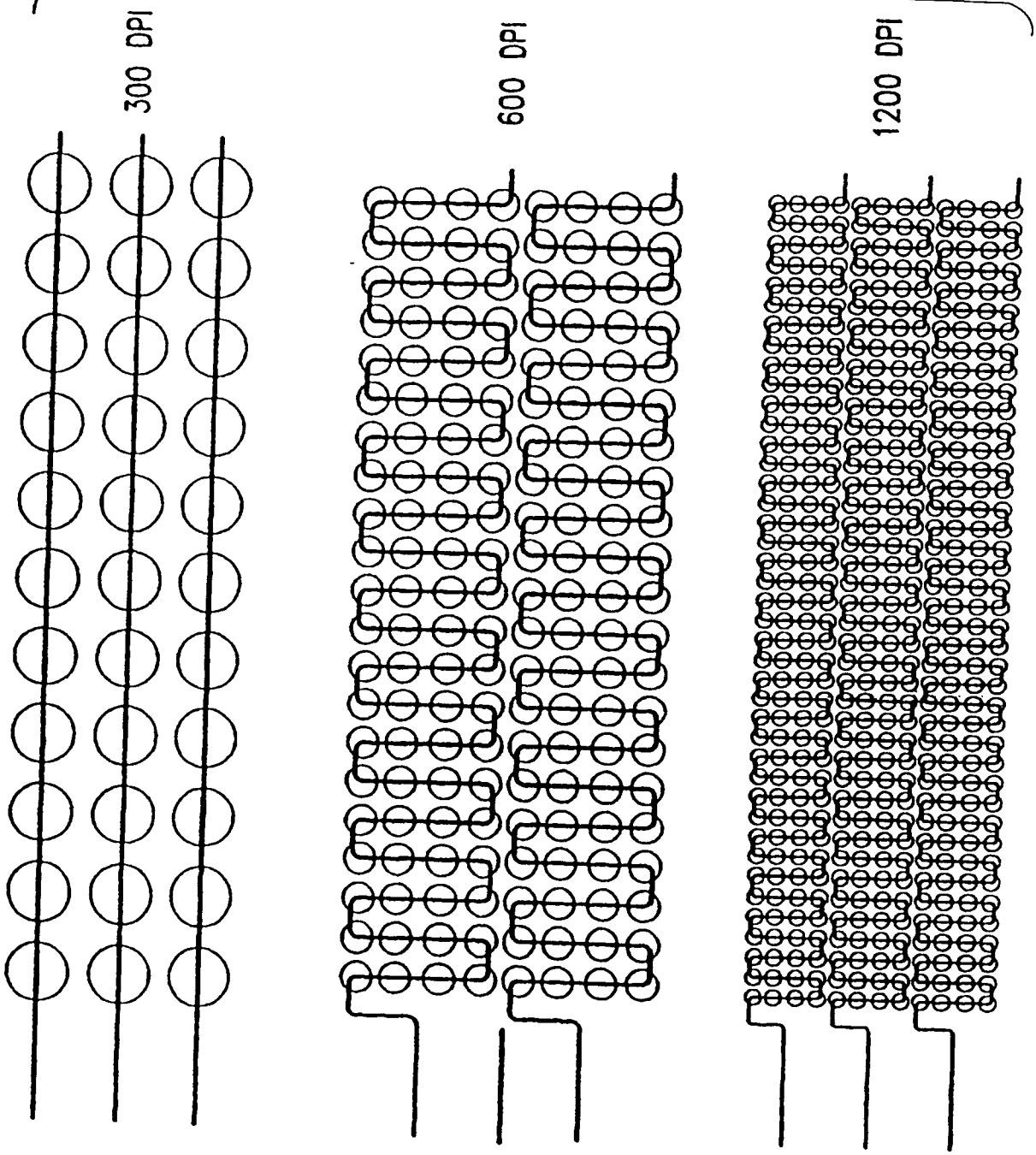


FIG.12

FIG. 13



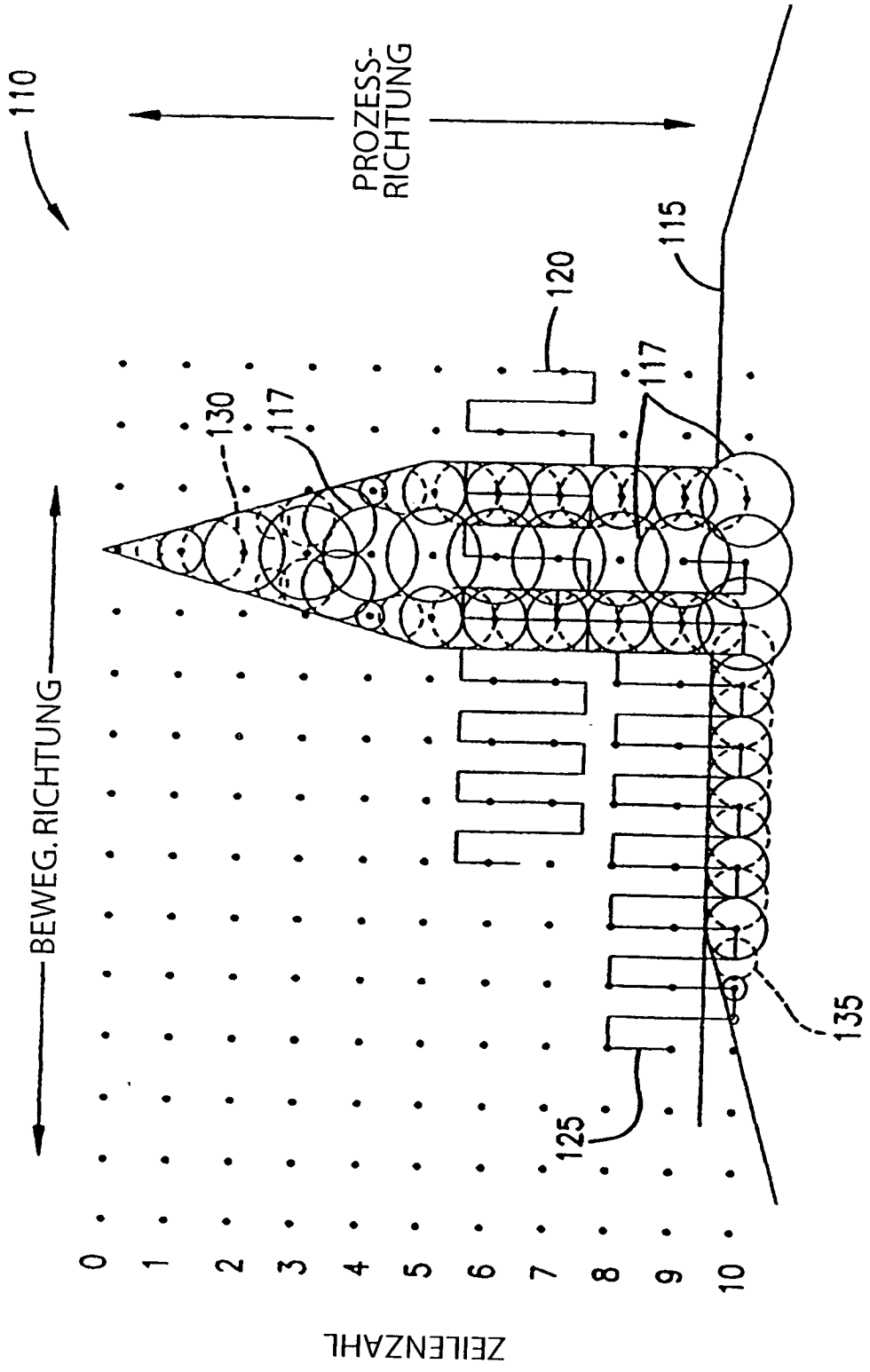

110
PROZESS-
RICHTUNG
115
120
117
130
117
BEWEG. RICHTUNG
135
125
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
ZEILENZAHL

FIG.14

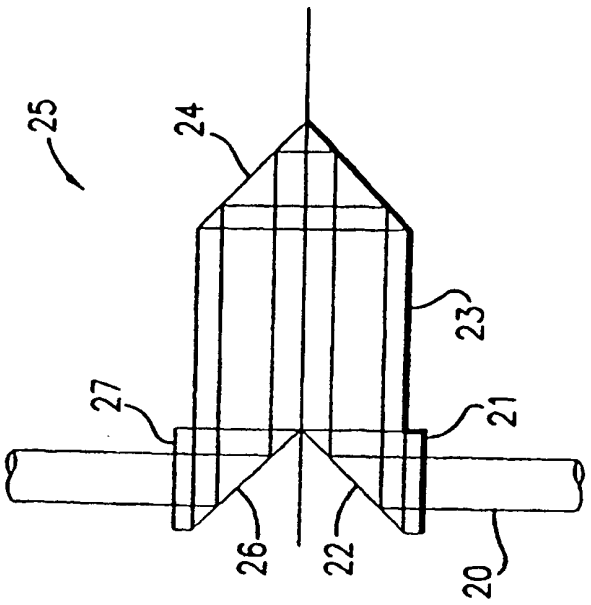


FIG.17

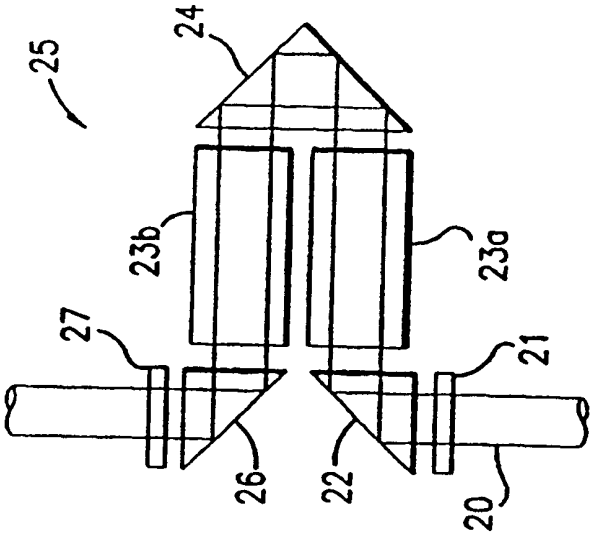


FIG.16

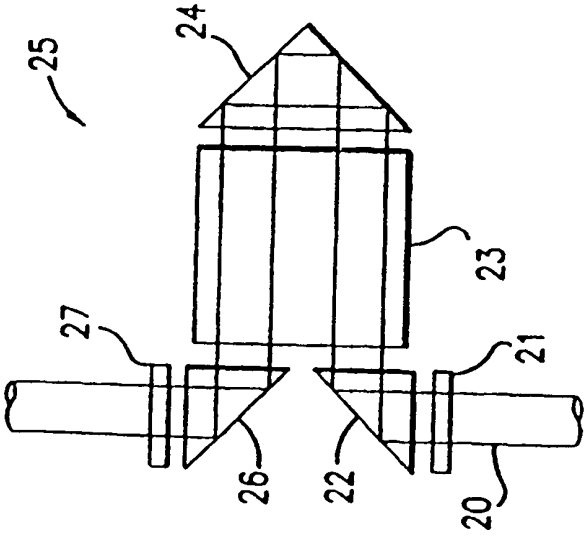


FIG.15