



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 698 12 025 T2 2004.03.04

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 908 315 B1

(51) Int Cl.⁷: B41J 2/125

(21) Deutsches Aktenzeichen: 698 12 025.6

(96) Europäisches Aktenzeichen: 98 308 138.1

(96) Europäischer Anmeldetag: 06.10.1998

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 14.04.1999

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 12.03.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 04.03.2004

(30) Unionspriorität:
946190 07.10.1997 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

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

(72) Erfinder:
**Schantz, Christopher A., Redwood City, US;
Sorenson, Paul R., San Diego, US**

(74) Vertreter:
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(54) Bezeichnung: **Tintentropfendetektion**

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 eingelebt, 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

- [0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf das Gebiet der Drucker. Genauer gesagt bezieht sich diese Erfindung auf einen kostengünstigen Tintentropfendetektor.
- [0002] Herkömmliche Drucker, die Schwarzweißdrucker und Farbdrucker umfassen, umfassen im allgemeinen einen oder mehrere Druckköpfe, die Tintentropfen auf Papier ausstoßen. Ein solcher Druckkopf umfaßt normalerweise mehrere Düsen, durch die Tintentropfen ausgestoßen werden. Typischerweise stößt ein Druckkopf Tintentropfen ansprechend auf Antriebssignale aus, die durch eine Drucksteuerungsschaltungsanordnung in dem Drucker erzeugt werden. Ein Druckkopf, der Tintentropfen ansprechend auf Antriebssignale ausstößt, kann auch als ein Tropfen-Auf-Aufforderung-Druckkopf bezeichnet werden.
- [0003] Ein Typ von Tropfen-Auf-Aufforderung-Druckkopf verwendet piezoelektrische Kristalle, die ansprechend auf die Antriebssignale Tintentropfen durch Düsen in dem Druckkopf hinausdrücken. Ein weiterer Typ von Tropfen-Auf-Aufforderung-Druckkopf verwendet Wärmeelemente, die ansprechend auf die Antriebssignale Tintentropfen durch Düsen in dem Druckkopf hinauskochen. Solche Druckköpfe können auch als thermische Tintenstrahldruckköpfe bezeichnet werden.
- [0004] Typischerweise werden die Düsen, durch die Tintentropfen ausgestoßen werden während dem normalen Betrieb mit Papierfasern oder anderen Teilchen verstopft, oder während verlängerten Leerlaufperioden mit trockener Tinte verstopft. Herkömmliche Drucker umfassen normalerweise Mechanismen zum Reinigen des Druckkopf und zum Entfernen der Teilchen. Ein solcher Mechanismus kann auch als Druckkopfwartungsstation bezeichnet werden und kann Mechanismen zum Wischen des Druckkopfs und Anlegen eines Saugvorgangs an den Druckkopf umfassen, um alle blockierten Düsen zu reinigen.
- [0005] Herkömmlichen Druckern fehlt typischerweise ein Mechanismus zum Bestimmen, ob der Druckkopf tatsächlich Reinigen erfordert. Solche Drucker legen die Wartungsstation typischerweise auf der Basis einer Bestimmung, ob der Druckkopf möglicherweise Reinigen erfordert, an den Druckkopf an. Leider müssen solche Drucker dann ein Überreinigen verwenden, das normalerweise den Gesamtdruckdurchsatz verlangsamt.
- [0006] Es wäre wünschenswert, einen Drucker mit einem Mechanismus zum Erfassen, ob Tintentropfen von dem Druckkopf ausgestoßen werden, zu versehen. Ein solcher Mechanismus könnte verwendet werden, um zu bestimmen, ob ein Druckkopf tatsächlich Reinigen erfordert. Außerdem könnte ein Mechanismus zum Erfassen von Tintentropfen verwendet werden, um permanente Ausfälle von einzelnen Düsen zu erfassen, die beispielsweise durch Ausfälle von Wärmeelementen in einem thermischen Tintenstrahldruckkopf bewirkt werden könnten.
- [0007] Ein mögliches Verfahren zum Erfassen des Ausstoßes von Tintentropfen von einem Druckkopf ist es, den Drucker mit einer Tropfenerfassungsstation auszustatten, die piezoelektrisches Material verwendet, und einer zugeordneten Schaltungsanordnung, die das Auftreffen der Tintentropfen erfaßt, die die Erfassungsstation treffen. Leider ist solches piezoelektrisches Material relativ teuer und erhöht die Herstellungskosten eines Druckers. Außerdem kann ein solcher Mechanismus normalerweise keine extrem kleinen Tintentropfen erfassen, wie sie bei Hochauflösungs- und Farbdruckern verwendet werden. Darüber hinaus verliert piezoelektrisches Material typischerweise an Empfindlichkeit, wenn sich Tinte an der Oberfläche desselben sammelt, wodurch die Fähigkeit desselben reduziert wird, das Auftreffen von Tintentropfen zu erfassen.
- [0008] Eine weitere mögliche Lösung ist es, den Drucker mit einem optischen Detektor auszustatten, der eine Lichtquelle und einen Detektor umfaßt. Typischerweise muß eine Tintenstrahldüse so ausgerichtet sein, daß Tintentropfen zwischen der Lichtquelle und dem Detektor verlaufen, und Lichtstrahlen abtrennen, die zwischen der Lichtquelle und dem Detektor verlaufen. Leider ist die Schaltungsanordnung für solch einen optischen Detektor normalerweise aufwendig und erhöht daher die Herstellungskosten eines Druckers. Außerdem erfordert eine solche Technik normalerweise eine sehr feine Steuerung über das Positionieren des optischen Detektors bezüglich Düsen, die getestet werden. Darüber hinaus kann Nebel oder Sprühen von der Düse den optischen Detektor verunreinigen und Zuverlässigsprobleme verursachen.
- [0009] Eine weitere mögliche Lösung, die für thermische Tintenstrahldruckköpfe spezifisch ist, ist es, den Druckkopf selbst mit einem akustischen Detektor auszustatten. Typischerweise erfaßt ein solcher akustischer Tropfendetektor die Stoßwelle, im Zusammenhang dem Zusammenbruch von Tintenblasen in dem Drucker. Leider können solche Tintenblasenstoßwellen auch auftreten, wenn keine Tinte von dem Druckkopf ausgestoßen wird. Außerdem können akustische Messungen durch große Strompulse, die während dem Druckerbetrieb auftreten, verfälscht werden. Darüber hinaus ist der akustische Detektor und die zugeordnete Signalverstärkerschaltungsanordnung für einen solchen akustischen Detektor normalerweise aufwendig und erhöht die Gesamtherstellungskosten eines Druckers.
- [0010] Die US-A-4,323,905 offenbart eine Tintentropfenerfassungseinrichtung, bei der Tintentropfen auf eine metallisierte Spule auftreffen und die Spule biegen, um eine Änderung bei der Kapazität zu bewirken, die erfaßt und ausgewertet wird.
- [0011] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Tintentropfensalvendetektor vorgesehen, der folgende Merkmale umfaßt: ein Erfassungselement, das mit einem elektrischen Stimulus beaufschlagt

wird, wenn es von jedem Tintentropfen in einer Reihe von Tintentropfensalven getroffen wird, die von einem Druckkopf ausgestoßen werden sollen;

einen Erfassungsverstärker, der mit dem Erfassungselement gekoppelt ist, und eine Verarbeitungseinrichtung, die mit dem Erfassungsverstärker verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß:

eine Einrichtung zum Herstellen einer Potentialdifferenz zwischen dem Druckkopf und dem Erfassungselement vorgesehen ist, wodurch bewirkt wird, daß sich eine elektrische Ladung in den ausgestoßenen Tintentropfen sammelt, wobei der elektrische Stimulus das Beaufschlagen des Erfassungselements mit der gesammelten Ladung ist, daß der Erfassungsverstärker auf eine Frequenz abgestimmt ist, mit der die Tintentropfensalven von dem Druckkopf ausgestoßen werden sollen und daß die Verarbeitungseinrichtung eine Amplitude eines Ausgangssignals bestimmt, das durch den Erfassungsverstärker bei der Frequenz erzeugt wird, mit der die Tintentropfensalven ausgestoßen werden sollen, so daß die Amplitude eine Charakteristik der Tintentropfen darstellt, die während jeder Salve ausgestoßen werden.

[0012] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Erfassen von Tintentropfensalven von einem Druckkopf vorgesehen, das folgende Schritte umfaßt:

Erzeugen eines elektrischen Signals ansprechend auf jede einer Reihe von Salven von Tintentropfen von dem Druckkopf;

Erfassen und Verstärken der elektrischen Signale, um ein Ausgangssignal mit einer Frequenz zu erzeugen, mit der die Salven von dem Druckkopf ausgestoßen werden; und

Bestimmen einer Amplitude des Ausgangssignals bei der Frequenz durch Durchführen einer Digitalsignalverarbeitungsfunktion bezüglich des Ausgangssignals, so daß die Amplitude eine Charakteristik der Tintentropfen in jeder Salve anzeigt, wobei das elektrische Signal durch Herstellen einer Potentialdifferenz zwischen dem Druckkopf und der Erfassungseinrichtung erzeugt wird, wodurch bewirkt wird, daß sich eine elektrische Ladung in den ausgestoßenen Tintentropfen sammelt und bewirkt wird, daß das elektrische Signal durch das Beaufschlagen der Erfassungseinrichtung mit der gesammelten Ladung bewirkt wird.

[0013] Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Tintentropfendetektor vorgesehen, der folgende Merkmale umfaßt:

ein Erfassungselement, das mit einem elektrischen Stimulus beaufschlagt wird, wenn dasselbe durch eine Reihe von Tintentropfensalven kontaktiert wird, die von einem Druckkopf ausgestoßen werden, wobei die Tintentropfensalven in einem vorbestimmten Muster von Frequenzen erscheinen, dadurch gekennzeichnet, daß der Tintentropfendetektor ferner folgende Merkmale umfaßt:

eine Einrichtung zum Herstellen einer Potentialdifferenz zwischen dem Druckkopf und dem Erfassungselement, wodurch bewirkt wird, daß sich eine elektrische Ladung in den ausgestoßenen Tintentropfen sammelt, wobei der elektrische Stimulus das Beaufschlagen des Erfassungselements mit der gesammelten Ladung ist; einen Erfassungsverstärker, der auf das vorbestimmte Muster von Frequenzen abgestimmt ist, wobei der Erfassungsverstärker ansprechend darauf, daß die Tintentropfensalven das Erfassungselement kontaktieren, ein Ausgangssignal erzeugt;

eine Verarbeitungseinrichtung, die eine Amplitude des Ausgangssignals bei jeder Frequenz in dem vorbestimmten Muster von Frequenzen bestimmt, so daß jede Amplitude eine Charakterisierung der Tintentropfen in jeder entsprechenden Salve liefert.

[0014] Systeme gemäß der vorliegenden Erfindung minimieren die Kosten eines Druckers durch Verwenden bereits existierender Digitalsignalverarbeitungselemente und kostengünstiger analoger Erfassungsschaltungsanordnung.

[0015] Andere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden von der folgenden detaillierten Beschreibung offensichtlich.

[0016] Die vorliegende Erfindung ist mit Bezugnahme auf spezielle beispielhafte Ausführungsbeispiele derselben beschrieben und nachfolgend wird auf die Zeichnungen Bezug genommen.

[0017] **Fig. 1** stellt einen kostengünstigen Tintentropfendetektor dar, der bereits existierende Digitalsignalverarbeitungselemente in einem Drucker zusammen mit kostengünstigen analogen Erfassungselementen verwendet;

[0018] **Fig. 2** stellt eine beispielhafte Reihe von Tintentropfensalven dar, die während einem Tintentropfentestzyklus von dem Druckkopf abgefeuert werden;

[0019] **Fig. 3** stellt die Digitalsignalverarbeitungsschritte dar, die durch den Druckerprozessor durchgeführt werden;

[0020] **Fig. 4** ist ein Graph, der die Tropfenerfassungswerte über der Anzahl von Tintentropfen zeigt, die in jedem der Salven eines Tintentropfentestzyklus enthalten sind; und

[0021] **Fig. 5abis 5c** stellen verschiedene beispielhafte Konfigurationen für das Erfassungselement dar.

[0022] **Fig. 1** stellt einen kostengünstigen Tintentropfendetektor dar, der bereits existierende Digitalsignalverarbeitungselemente in einem Drucker zusammen mit kostengünstigen analogen Erfassungselementen verwendet. Die bereits existierenden Digitalsignalverarbeitungselemente umfassen einen Analog/Digital-Wandler 18, einen Druckerprozessor 20 und einen Speicher 22. Die kostengünstigen analogen Erfassungselemente

umfassen ein elektrostatisches Erfassungselement **14** und einen Erfassungsverstärker **16**.

[0023] Die Digitalsignalverarbeitungsfähigkeit, die durch die bereits existierenden Elemente in dem Drucker geliefert wird, ermöglicht die Verwendung einer relativ wenig empfindlichen, langsamen und daher kostengünstigen Implementierung des Erfassungsverstärkers **16**. Die Digitalsignalverarbeitung ermöglicht die Extraktion eines zuverlässigen Tropfenerfassungswerts von dem kostengünstigen Verstärker, obwohl das Ausgangssignal des kostengünstigen Verstärkers geringer sein kann als das elektrische Rauschen desselben.

[0024] Ein Druckkopf ist während der Tintentropfenerfassung gegenüberliegend zu dem Erfassungselement **14** in einem Abstand von mehreren Millimetern positioniert. Bei einem Ausführungsbeispiel ist der Druckkopf **10** 3 mm entfernt von dem Erfassungselement **14** positioniert. Das Erfassungselement **14** kann in einer bestehenden Wartungsstation in dem Drucker angeordnet sein. Das Erfassungselement **14** wird durch eine Leistungsversorgung **24** mit einem Spannungspotential V_0 versorgt. Der Druckkopf **10** wird mit einer Antriebsspannung V_{DRIVE} zum Betätigen der Tintentropfenabfeuerungsmechanismen seiner Düsen versorgt. Das Spannungspotential V_{DRIVE} , das in dem Druckkopf **10** angelegt ist, ist im Vergleich zu V_0 relativ niedrig. Beispielsweise ist V_{DRIVE} bei einem Ausführungsbeispiel etwa 5 Volt und die Leistungsversorgung **24** legt eine V_0 von etwa 100 Volt an. Dies führt zu einem elektrischen Feld zwischen dem Druckkopf **10** und dem Erfassungselement **14** von etwa 30 Volt/mm.

[0025] Der Druckkopf **10** stößt während einem Tintentropfentestzyklus eine Reihe von Tintentropfen **12** aus. Das relativ hohe elektrische Feld zwischen dem Druckkopf **10** und dem Erfassungselement **14** bewirkt die Akkumulation elektrischer Ladung in den Abschnitten der Tintentropfen **12** am nächsten zu dem Erfassungselement **14**, während dieselben von einer Düse des Druckkopfs **10** abscheren. Während sich jeder der Tintentropfen **12** von dem Druckkopf **10** trennt, behält er seine akkumulierte elektrische Ladung bei. Jeder der Tintentropfen **10** befördert somit seine induzierte Ladung zu dem Erfassungselement **14**.

[0026] Folglich beaufschlagt jeder der Tintentropfen **12** eine Spitze oder einen Impuls elektrischer Ladung auf das Erfassungselement **14**, während derselbe Kontakt herstellt. Diese Spitzen oder Pulse auf dem Erfassungselement **14** sind durch einen Eingangskondensator C_{IN} mit einem Eingang des Erfassungsverstärkers **16A** wechselstromgekoppelt. Der Erfassungsverstärker **16** erzeugt ein Ausgangssignal **40**, ansprechend auf die elektrische Spannung, die durch die Salven der Tintentropfen **12** auf das Erfassungselement **14** ausgeübt wird. Der Erfassungsverstärker **16** verstärkt die Pulse und liefert Filtern.

[0027] Der Erfassungsverstärker **16** ist ein relativ kostengünstiger Verstärker, der nicht ausreichend Empfindlichkeit oder Geschwindigkeit aufweist, um einzelne der Tintentropfen **12** zu erfassen. Bei einem Ausführungsbeispiel ist der Erfassungsverstärker **16** mit einem Zweitstufen-einzelversorgungsbetriebsverstärker realisiert, der auf einem CMOS-integrierte-Schaltung-Chip implementiert ist. Die erste Stufe ist mit dem Erfassungselement **14** wechselstromgekoppelt und wandelt den elektrischen Strom, der durch die Tintentropfen **12** zu dem Erfassungselement **14** übertragen wird, in eine Spannung um. Die zweite Stufe liefert eine Spannungsverstärkung des Spannungsausgangs der ersten Stufe, um das Ausgangssignal **40** zu liefern. Der Gewinn der zweiten Stufe ist eingestellt, so daß eine Millisekunde Strompuls von 200 Picoampere an dem Eingang zu der ersten Stufe zu einem 2,5-Volt-Pulse des Ausgangssignals **40** führt.

[0028] Um die geringe Empfindlichkeit und Geschwindigkeit des Erfassungsverstärkers **16** auszugleichen, werden die Tintentropfen **12** in einer Reihe von Salven abgefeuert, die eine vorbestimmte Frequenz oder ein vorbestimmtes Muster von Frequenzen aufweisen. Der Erfassungsverstärker **16** ist eingestellt, um Signale von dem Erfassungselement **14** bei der Frequenz oder Frequenzen des vorbestimmten Musters zu verstärken. Das Ausgangssignal **40** von dem Erfassungsverstärker **16** wird an einen Analog/Digital-Wandler **18** geliefert, der eine digitalisierte Version erzeugt. Diese digitalisierte Version des Ausgangssignals **40** wird an den Druckerprozessor **20** geliefert, der den Signalverarbeitungscode **62** ausführt.

[0029] Wenn der Druckerprozessor **20** den Signalverarbeitungscode **62** ausführt, führt derselbe eine Digitalsignalverarbeitungsfunktion auf der digitalisierten Version des Ausgangssignals **40** durch. Die Digitalsignalverarbeitungsfunktion, die durch den Druckerprozessor **20** durchgeführt wird, bestimmt einen Betrag oder eine Größe des Ausgangssignals **40** bei der vorbestimmten Frequenz oder bei dem vorbestimmten Muster von Frequenzen, bei der Tintentropfen von dem Druckkopf **10** ausgestoßen werden. Dieser Betrag liefert dann einen Tropfenerfassungswert, der dann verwendet wird, um Tintentropfen zu charakterisieren, die während einem Tintentropfentestzyklus von dem Druckkopf **10** ausgestoßen werden. Ein Charakteristikum, für dessen Bestimmung der Tropfenerfassungswert verwendet wird, ist, ob während dem Tintentropfentestzyklus irgendwelche Tintentropfen ausgestoßen wurden. Ein weiteres Charakteristikum ist das Volumen der Tintentropfen, die während dem Tintentropfentestzyklus ausgestoßen werden. Ein weiteres Charakteristikum ist die Geschwindigkeit der Tintentropfen, die während dem Tintentropfentestzyklus ausgestoßen werden.

[0030] Fig. 2 stellt ein beispielhaftes Muster von Tintentropfensalven **30–32** dar, die während einem Tintentropfentestzyklus von dem Druckkopf **10** abgefeuert werden. Jede der Salven **30–32** umfaßt eine Reihe von 8 Tintentropfen. Bei einem Ausführungsbeispiel weist jede der Salven **30–32** eine Dauer von T_0 und eine Periode von T_1 auf. Die Gesamtzahl der Salven **30–32** in einem Tintentropfentestzyklus ist gleich N. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die vorbestimmte Frequenz der Salven **30–32** während der Dauer eines Tintentropfentest-

zyklus $1/T_1$.

[0031] Bei einem Beispiel ist T_0 0,8 Millisekunden und T_1 ist 1,6 Millisekunden, was einen Arbeitszyklus von 50 Prozent ergibt. Die vorbestimmte Frequenz der Salven **30–32** ist 1/1,6 Millisekunden oder 625 Hertz. Die Abfeuerungsrate von einzelnen Tintentropfen während jeder der Salven **30–32** ist 10 Kilohertz. Für dieses Ausführungsbeispiel ist der Erfassungsverstärker **16** auf 625 Hertz eingestellt, was im Vergleich zu der 10-Kilohertz- Düsenabfeuerungsrate der von dem Druckkopf **10** relativ langsam ist.

[0032] Ein Signalverlauf **40** stellt das Ausgangssignal **40** des Erfassungsverstärkers **16** ansprechend auf die Salven **30–32** dar. Der Signalverlauf **40** weist eine periodische Form auf, die der Frequenz der Salven **30–32** grob entspricht. Der Analog/Digital-Wandler 18 tastet den Signalverlauf **40** während jedem Zyklus des Signalverlaufs **40** bei gleichen Zeitintervallen mehrere Male ab. Beispielsweise beginnt der Analog/Digital-Wandler 18 das Abtasten des Signalverlaufs **40** zu einem Zeitpunkt t_1 und beendet einen Abtastzyklus zu einem Zeitpunkt t_2 , was genau vor dem Beginn der Salve **31** ist. Der Analog/Digital-Wandler beginnt dann mit dem Abtasten des nächsten Zyklus des Signalverlaufs **40**, der der Salve **31** entspricht, zu einem Zeitpunkt t_3 , und so weiter.

[0033] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel werden die Salven **30–32** von dem Druckkopf **10** in einem vorbestimmten Muster von Frequenzen ausgestoßen. Ein solches vorbestimmtes Muster kann ein sich verschiebendes Muster von Frequenzen sein. Beispielsweise kann sich die Frequenz der Salven **30–32** in einem wiederholenden Muster von 500 Hertz bis 525 Hertz zu 550 Hertz und zurück zu 500 Hertz verschieben. Jede Frequenz in dem sich verschiebenden Muster liegt innerhalb des Frequenzantwortbereichs des Verstärkers **16**. Das sich verschiebende Muster von Frequenzen vermeidet Fehler, die durch eine Bedingung bewirkt werden können, bei der eine spezielle Frequenz der Salven **30–32** mit einer Frequenz von Rauschen übereinstimmt, das in der Umgebung des Druckers existiert. Das sich verschiebende Muster macht es wahrscheinlich, daß eine oder mehrere der Frequenzen in dem Muster frei von Rauschen sein werden und zum Aufbereiten eines Tropfenerfassungswerts verwendbar sind. Es ist vorzuziehen, daß die Frequenzen in dem sich verschiebenden Muster nicht Mehrfache voneinander sind. Es ist außerdem vorzuziehen, daß die Frequenzen dem sich verschiebenden Muster keine Harmonische voneinander sind.

[0034] **Fig. 3** stellt ein Ausführungsbeispiel der Digitalsignalverarbeitungsschritte dar, die durch den Druckerprozessor **20** durchgeführt werden, wenn derselbe den Signalverarbeitungscode **62** ausführt. Bei Schritt 100 verwendet der Druckerprozessor **20** den Analog/Digital-Wandler 18, um S digitalisierte Abtastwerte für jeden der N Zyklen des Ausgangssignals **40** von dem Erfassungsverstärker **16** zu erhalten. Bei Schritt 102 erzeugt der Druckerprozessor ein signalgemitteltes Datenarray durch Überlagern der S Abtastwerte für jeden der N Zyklen des Ausgangssignals **40** und Erzeugen eines gemittelten Werts für jeden der S Abtastwerte. Die gemittelten Werte in dem signalgemittelten Datenarray eliminieren Rauschen in dem Ausgangssignal **40**. Das signalgemittelte Datenarray enthält 5 gemittelte Werte.

[0035] Bei Schritt 104 bestimmt der Druckerprozessor **20** einen Tropfenerfassungswert von dem signalgemittelten Datenarray durch Anpassen des Datenarrays an einen Zielsignalverlauf mit einer Frequenz gleich der vorbestimmten Frequenz der Salven **30–32**. Bei einem Ausführungsbeispiel wird das signalgemittelte Datenarray an eine Funktion angepaßt, die die folgende Form aufweist:

$$\text{Asin}(\omega t + \theta)$$

[0036] Die Amplitude A liefert den Tropfenerfassungswert, der die Amplitude des Ausgangssignals **40** bei der vorbestimmten Frequenz der Tropfen **30–32** ist, die w ist. Bei dem obigen Beispiel ist w gleich 625 Hertz. Der Phasenwinkel θ ist ein Charakteristikum der speziellen Implementierung des Erfassungsverstärkers **16** und wird bei einem Ausführungsbeispiel durch eine Messung bestimmt und für den Druckerprozessor **20** gespeichert. Alternativ kann der Phasenwinkel θ als eine Variable auf gleiche Weise abgeleitet werden wie die Amplitude A.

[0037] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel ist der Zielsignalverlauf eine Rechteckwelle, die die vorbestimmte Salvenzyklusfrequenz aufweist. Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel ist der Zielsignalverlauf ein experimentell abgeleiteter Signalverlauf, der mit der tatsächlich gemessenen Antwort des Erfassungsverstärkers **16** übereinstimmt.

[0038] Bei noch einem weiteren Ausführungsbeispiel extrahiert der Druckerprozessor **20** den Tropfenerfassungswert von dem Datenarray durch Multiplizieren des Datenarrays durch ein Sinusarray und ein Kosinusarray, anschließendes Summieren der Ergebnisse und dann Ziehen der Quadratwurzel der Summe der Quadrate gemäß der folgenden Gleichung:

$$\text{Wert} = \sqrt{\left(\sum_{n=0}^{s-1} \left(D_{(n)} * \sin\left(\frac{2\pi n}{s-1}\right)\right)^2 + \sum_{n=0}^{s-1} \left(D_{(n)} * \cos\left(\frac{2\pi n}{s-1}\right)\right)^2\right)}$$

wobei

$$D_{(n)} = \sum_{m=1}^N D_{(n)} + D_{((m+s)+n)}$$

[0039] Der Druckerprozessor **20** ist mit Nachschlagetabellen versehen, die die Werte für die Sinus- und Kosinusarrays enthalten.

[0040] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel führt der Digitalsignalprozessor **20** eine schnelle Fourier-Transformation (FFT) an der digitalisierten Version des Ausgangssignals **40** durch und extrahiert dann die Amplitude bei den Frequenzen von Interesse, nämlich der vorbestimmten Frequenz der Salven **30–32**.

[0041] Der resultierende Tropfenerfassungswert bei Schritt 104 ist proportional zu der Anzahl von Tropfen, die von dem Druckkopf **10** abgefeuert werden. Der resultierende Tropfenerfassungswert ist ebenfalls proportional zu dem Volumen der Tintentropfen, die ausgestoßen werden, und der Geschwindigkeit der Tintentropfen, die ausgestoßen wurden, abhängig davon, welches Charakteristikum bestimmt wird. Beispielsweise ist der Tropfenerfassungswert eine lineare Funktion der Anzahl von Tintentropfen in jeder der Salven **30–32**, der Anzahl von Düsen, die während jedem der Salven **30–32** abgefeuert werden, und der Vorspannung V_0 , die an das Erfassungselement **14** angelegt wird, falls die Geschwindigkeit und das Volumen der Tintentropfen konstant bleiben.

[0042] Bei einem Ausführungsbeispiel, bei dem die Tropfen **30–32** in einem vorbestimmten Muster von Frequenzen angeordnet sind, kann der Schritt der Signalmittelbildung minimiert oder ausgelassen werden. Ein Tropfenerfassungswert wird für jede der Frequenzen in dem vorbestimmten Muster der Salven **30–32** bestimmt, unter Verwendung der oben beschriebenen Techniken oder deren Äquivalente. Beispielsweise kann für jede Frequenz in dem vorbestimmten Muster ein Datenarray erzeugt werden, und ein Signalverlaufanpassungsschritt kann an jedem der Datenarrays durchgeführt werden. Die resultierenden Tropfenerfassungswerte werden dann für eine Vielzahl von Bestimmungen verwendet, wie es hierin nachfolgend beschrieben ist.

[0043] **Fig. 4** ist ein Graph, der den Tropfenerfassungswert über der Anzahl von Tintentropfen zeigt, die in jeder der Salven **30–32** eines Tintentropfentestzyklus enthalten sind. Der Graph zeigt die Vorteile der Verwendung von Tintentropfensalven mit mehreren Tintentropfabfeuerungen bezüglich der relativ geringen Empfindlichkeit des Erfassungsverstärkers **16**. Beispielsweise erzielt der Erfassungsverstärker **16** bei der Frequenz von Interesse ein niedriges Ausgangssignal, wie es durch den Graph gezeigt ist, wenn in jeder der Salven **30–32** 5 oder weniger Tropfen enthalten sind.

[0044] Die Werte bei diesem Graph werden durch den Druckerprozessor **20** für eine nachfolgende Verwendung gespeichert, wenn Tintentropfen erfaßt werden oder Tintentropfen, die von dem Druckkopf **10** ausgestoßen werden, charakterisiert werden. Die Daten für diesen Graph können zu dem Zeitpunkt der Herstellung in eine Tabelle in dem Signalverarbeitungscode **62** vorprogrammiert werden, oder der Druckerprozessor **20** kann die Daten zu jedem Zeitpunkt nach der Herstellung sammeln.

[0045] Der Druckerprozessor **20** vergleicht den Tropfenerfassungswert oder die Werte, die von einem Tintentropfentestzyklus erhalten werden, mit der gespeicherten Darstellung dieses Graph, um die Anzahl von Tropfen zu bestimmen, die durch den Druckkopf **10** während dem Tintentropfentestzyklus abgefeuert werden. Falls der Tropfenerfassungswert von einem Tintentropfentestzyklus beispielsweise innerhalb eines Toleranzwerts der Anzahl $N1$ liegt, kann daraus geschlossen werden, daß während jeder der Salven **30–32** 10 Tintentropfen das Erfassungselement **14** getroffen haben. Falls die Antriebssteuerelektronik für den Druckkopf **10** zehn Abfeuerungen pro Salve betätigt hat, kann daraus geschlossen werden, daß die spezielle Düse des Druckkopfs **10**, der getestet wird, richtig funktioniert. Falls andererseits die Antriebssteuerelektronik **10** Abfeuerungen betätigt hat und der resultierende Tropfenerfassungswert wesentlich unterhalb $N1$ liegt, kann daraus geschlossen werden, daß die spezielle zu testende Düse nicht richtig funktioniert.

[0046] Die Tropfenerfassungswerte sind sinnvoll zum Aufbereiten einer Gut/Schlecht-Entscheidung für jede der Düsen in dem Druckkopf **10**. Beispielsweise testet der Druckerprozessor **20** bei einem Ausführungsbeispiel opportunistisch einige Düsen während dem Betrieb am Ende eines Druckzyklus auf einer Seite. Falls der Tropfenerfassungswert von einem speziellen Tintentropfentestzyklus zu niedrig ist, legt der Drucker den Druckkopf

10 an die Wartungsstation in dem Drucker an. Falls nach einer mehrfachen Reinigung die spezielle Düse oder die Düsen nach wie vor schlecht sind, kann der Druckerprozessor **20** dessen Druckalgorithmus einstellen, der in dem Druckcode **60** enthalten ist, um die schlechte Düse auszugleichen oder einem Benutzer eines Druckers eine Fehleranzeige zu liefern, daß der Druckkopf **10** ersetzt werden sollte.

[0047] Der Tropfenerfassungswert ist auch sinnvoll zum Charakterisieren der einzelnen Düsen des Druckkopfs **10**, um eine Grauskalierung oder Farbauflösung zu verbessern. Beispielsweise kann der Druckerprozessor **20** kumulative Tropfenerfassungswerte für jede der Düsen des Druckkopfs **10** erhalten. Diese Pro-Düse-Tropfenerfassungs-Daten können verwendet werden, um die Größe oder das Volumen der einzelnen Tropfen, die durch spezielle Düsen in dem Druckkopf **10** ausgestoßen werden, auf einer Pro-Düse-Basis zu schätzen. Das Volumen von Tintentropfen von einzelnen Düsen kann aufgrund einer Prozeßschwankung während der Herstellung des Druckkopfs **10** variieren. Das Volumen von Tintentropfen von einer speziellen Düse kann auch im Verlauf der Zeit variieren, während der Druckkopf **10** übermäßig verwendet wird. Der Druckerprozessor **20** kann die Pro-Düse-Tropfenerfassungs-Daten verwenden, um die Anzahl von Tintentropfen, die von speziellen Düsen ausgestoßen werden, für einen gewünschten Grauskalierungspegel einzustellen.

[0048] Der Tropfenerfassungswert ist auch sinnvoll zum Einstellen der Antriebsspannungen für einzelne oder Gruppen von Düsen in einem thermischen Druckkopf, um die Lebensdauer der Wärmeelemente zu verbessern, die in demselben enthalten sind. Prozeßsteuerschwankungen während der Herstellung eines thermischen Druckkopfs können bewirken, daß bestimmte Düsen bei einer höheren oder niedrigeren Antriebsspannung abfeuern als andere. Außerdem können Gruppen von Düsen höhere Antriebsspannungen erfordern, aufgrund von Busschwankungen bei einem thermischen Druckkopf und auf Prozeßsteuerschwankungen zwischen den Düsen. Darüber hinaus können diese Einschaltenergiepegel für einzelne Düsen im Verlauf der Zeit mit ausgedehnter Verwendung des thermischen Druckkopfs variieren. Der Druckerprozessor könnte Abfeuerungsversuche an einzelnen Düsen oder Gruppen von Düsen durchführen, um den minimalen Antriebsspannungspegel zu erfassen, der zum Abfeuern von Tintentropfen erforderlich ist. Während diesen Versuchen variiert der Druckerprozessor **20** die Antriebsspannungen oder die Pulsbreite der Antriebsspannungen, bis der Tropfenerfassungswert optimale Antriebsbedingungen für eine spezielle Düse anzeigt. Der Druckerprozessor **20** wählt einen Minimalspannungsbetriebspunkt aus, der die Lebensdauer der Wärmeelemente in dem thermischen Druckkopf erweitert.

[0049] **Fig. 5a-5c** zeigen verschiedene Konfigurationen für das Erfassungselement **14**. Bei jeder Konfiguration ist das Erfassungselement in einer Mulde oder einem Speibecken enthalten, das Testtintentropfen aufnimmt, die von dem Druckkopf **10** abgefeuert werden. Das Speibecken verhindert, daß Testtintentropfen andere Teile des Druckers verunreinigen. Das Speibecken kann ein bestehendes Speibecken in der Wartungsstation des Druckers sein, oder ein zusätzliches Speibecken, das für eine Tintentropfenerfassung vorgesehen ist.

[0050] **Fig. 5a** zeigt das Erfassungselement **14** als eine Schicht von elektrisch leitfähigem Kunststoffschaum, der in einem Speibecken **50** angeordnet ist. Die Schaumschicht **14** ist komprimierbar und absorbiert Tintentropfen, um eine Druckerverunreinigung zu verhindern. Die Schicht **14** ist durch eine elektrische Signalleitung (nicht gezeigt) elektrisch mit dem Eingangskondensator C_{IN} für den Erfassungsverstärker **16** gekoppelt.

[0051] **Fig. 5b** zeigt das Erfassungselement **14** als ein Gitter von feinem rostfreien Stahldraht, der an der Öffnung des Speibeckens **54** positioniert ist. Der rostfreie Stahldraht **14** ist durch eine elektrische Signalleitung (nicht gezeigt) elektrisch mit dem Eingangskondensator C_{IN} für den Erfassungsverstärker **16** gekoppelt. Das Speibecken **54** enthält eine Schicht **52** aus nicht leitfähigem Schaum, der die Testtintentropfen absorbiert.

[0052] **Fig. 5c** zeigt eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC = Application Specific Integrated Circuit) **64**, die in der Mulde eines Speibeckens **54** enthalten ist. Die ASIC **64** implementiert die Schaltungsanordnung des Erfassungsverstärkers **16**. Die ASIC **64** ist durch eine isolierende Schicht **68** umhüllt. Das Erfassungselement **14** ist eine Metallschicht, die auf der isolierenden Schicht **68** angeordnet ist, und ist durch ein Durchgangsloch **66** durch die isolierende Schicht **68** elektrisch mit der Schaltungsanordnung auf der ASIC **64** gekoppelt. Eine Schicht **60** aus isolierendem Schaum bedeckt die Mulde des Speibeckens **56**.

[0053] Bei einer Alternative zum Plazieren in einem Speibecken einer Wartungsstation kann das Erfassungselement **14** unter einem Papierweg in einem Druckbereich gegenüberliegend zu dem Druckkopf **10** positioniert sein. Ein solches Erfassungselement **14** kann aus einer leitfähigen Anschlußfläche aus Schaum oder einem metallischen oder einem leitfähigen Kunststoffbauglied aufgebaut sein.

[0054] Die vorhergehende detaillierte Beschreibung der vorliegenden Erfindung ist zu Darstellungszwecke vorgesehen und soll nicht ausschließlich sein oder die Erfindung auf das genau offenbare Ausführungsbeispiel beschränken. Folglich ist der Schutzbereich der vorliegenden Erfindung durch die angehängten Ansprüche definiert.

Patentansprüche

1. Ein Tintentropfensalvendektor, der folgende Merkmale umfaßt

ein Erfassungselement (14), das mit einem elektrischen Stimulus beaufschlagt wird, wenn es von jedem Tintentropfen in einer Reihe von Tintentropfensalven getroffen wird, die von einem Druckkopf (10) ausgestoßen werden sollen;

einen Erfassungsverstärker (16), der mit dem Erfassungselement gekoppelt ist, und eine Verarbeitungseinrichtung (18, 20, 22), die mit dem Erfassungsverstärker verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß: eine Einrichtung zum Herstellen einer Potentialdifferenz zwischen dem Druckkopf und dem Erfassungselement vorgesehen ist, wodurch bewirkt wird, daß sich eine elektrische Ladung in den ausgestoßenen Tintentropfen sammelt, wobei der elektrische Stimulus das Beaufschlagen des Erfassungselements mit der gesammelten Ladung ist, daß der Erfassungsverstärker auf eine Frequenz abgestimmt ist, mit der die Tintentropfensalven von dem Druckkopf ausgestoßen werden sollen, und daß die Verarbeitungseinrichtung eine Amplitude eines Ausgangssignals bestimmt, das durch den Erfassungsverstärker bei der Frequenz erzeugt wird, mit der die Tintentropfensalven ausgestoßen werden sollen, so daß die Amplitude eine Charakteristik der Tintentropfen darstellt, die während jeder Salve ausgestoßen werden.

2. Der Tintentropfendetektor gemäß Anspruch 1, bei dem die Verarbeitungseinrichtung die Amplitude durch Durchführen einer Digitalsignalverarbeitungsfunktion bezüglich des Ausgangssignals bestimmt.

3. Der Tintentropfendetektor gemäß Anspruch 1, bei dem die Charakteristik ist, ob während jeder Salve irgendwelche Tintentropfen ausgestoßen wurden.

4. Der Tintentropfendetektor gemäß Anspruch 1, bei dem die Charakteristik das Volumen der Tintentropfen bei jeder Salve ist.

5. Der Tintentropfendetektor gemäß Anspruch 1, bei dem die Charakteristik die Geschwindigkeit der Tintentropfen bei jeder Salve ist.

6. Der Tintentropfendetektor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das Erfassungselement in einem Speibecken enthalten ist.

7. Der Tintentropfendetektor gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das Erfassungselement in einem Druckbereich gegenüber dem Druckkopf positioniert ist.

8. Ein Verfahren zum Erfassen von Tintentropfensalven von einem Druckkopf, das folgende Schritte umfaßt:

Erzeugen eines elektrischen Signals ansprechend auf jede einer Reihe von Salven von Tintentropfen von dem Druckkopf;

Erfassen und Verstärken der elektrischen Signale, um ein Ausgangssignal mit einer Frequenz zu erzeugen, mit der die Salven von dem Druckkopf ausgestoßen werden; und

Bestimmen einer Amplitude des Ausgangssignals bei der Frequenz durch Durchführen einer Digitalsignalverarbeitungsfunktion bezüglich des Ausgangssignals, so daß die Amplitude eine Charakteristik der Tintentropfen in jeder Salve anzeigt, wobei das elektrische Signal durch Herstellen einer Potentialdifferenz zwischen dem Druckkopf und der Erfassungseinrichtung erzeugt wird, wodurch bewirkt wird, daß sich eine elektrische Ladung in den ausgestoßenen Tintentropfen sammelt, und bewirkt wird, daß das elektrische Signal durch das Beaufschlagen der Erfassungseinrichtung mit der gesammelten Ladung bewirkt wird.

9. Das Verfahren gemäß Anspruch 8, bei dem die Amplitude ein Volumen der Tintentropfen umfaßt, die durch den Druckkopf ausgestoßen werden.

10. Das Verfahren gemäß Anspruch 8, bei dem der Schritt des Bestimmens der Amplitude die Schritte des Digitalisierens des Ausgangssignals umfaßt, um ein Datenarray zu erzeugen, und dann das Anpassen des Datenarrays auf einen Zielsignalverlauf, der die Frequenz aufweist.

11. Das Verfahren gemäß Anspruch 8, bei dem der Schritt des Bestimmens der Amplitude mit einem bereits bestehenden Prozessor und einem bereits bestehenden Analog/Digitalwandler in einem Drucker, der den Druckkopf enthält, durchgeführt wird.

12. Ein Tintentropfendetektor, der folgende Merkmale umfaßt:

ein Erfassungselement, das mit einem elektrischen Stimulus beaufschlagt wird, wenn dasselbe durch eine Reihe von Tintentropfensalven kontaktiert wird, die von einem Druckkopf ausgestoßen werden, wobei die Tintentropfensalven in einem vorbestimmten Muster von Frequenzen erscheinen, dadurch gekennzeichnet, daß der

DE 698 12 025 T2 2004.03.04

Tintentropfendetektor ferner folgende Merkmale umfaßt: eine Einrichtung zum Herstellen einer Potentialdifferenz zwischen dem Druckkopf und dem Erfassungselement, wodurch bewirkt wird, daß sich eine elektrische Ladung in den ausgestoßenen Tintentropfen sammelt, wobei der elektrische Stimulus das Beaufschlagen des Erfassungselements mit der gesammelten Ladung ist;

einen Erfassungsverstärker, der auf das vorbestimmte Muster von Frequenzen abgestimmt ist, wobei der Erfassungsverstärker ansprechend darauf, daß die Tintentropfensalven das Erfassungselement kontaktieren, ein Ausgangssignal erzeugt;

eine Verarbeitungseinrichtung, die eine Amplitude des Ausgangssignals bei jeder Frequenz in dem vorbestimmten Muster von Frequenzen bestimmt, so daß jede Amplitude eine Charakterisierung der Tintentropfen in jeder entsprechenden Salve liefert.

13. Der Tintentropfendetektor gemäß Anspruch 12, bei dem die Verarbeitungseinrichtung die Amplituden durch Durchführen einer Digitalsignalverarbeitungsfunktion bezüglich des Ausgangssignals bei jeder Frequenz in dem vorbestimmten Muster von Frequenzen bestimmt.

14. Der Tintentropfendetektor gemäß Anspruch 12 oder 13, bei dem das vorbestimmte Muster von Frequenzen vorausgewählt ist, um fehlerhafte Ergebnisse bei der Bestimmung der Amplituden zu vermeiden, die durch Rauschen in dem Erfassungsverstärker bewirkt werden.

15. Der Tintentropfendetektor gemäß Anspruch 12, bei dem die Verarbeitungseinrichtung die Amplituden durch Digitalisieren des Ausgangssignals, um ein Datenarray für jede Frequenz in dem vorbestimmten Muster zu erzeugen, und dann durch Anpassen jedes Datenarrays an einen entsprechenden Zielsignalverlauf mit einer entsprechenden Frequenz in dem vorbestimmten Muster bestimmt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

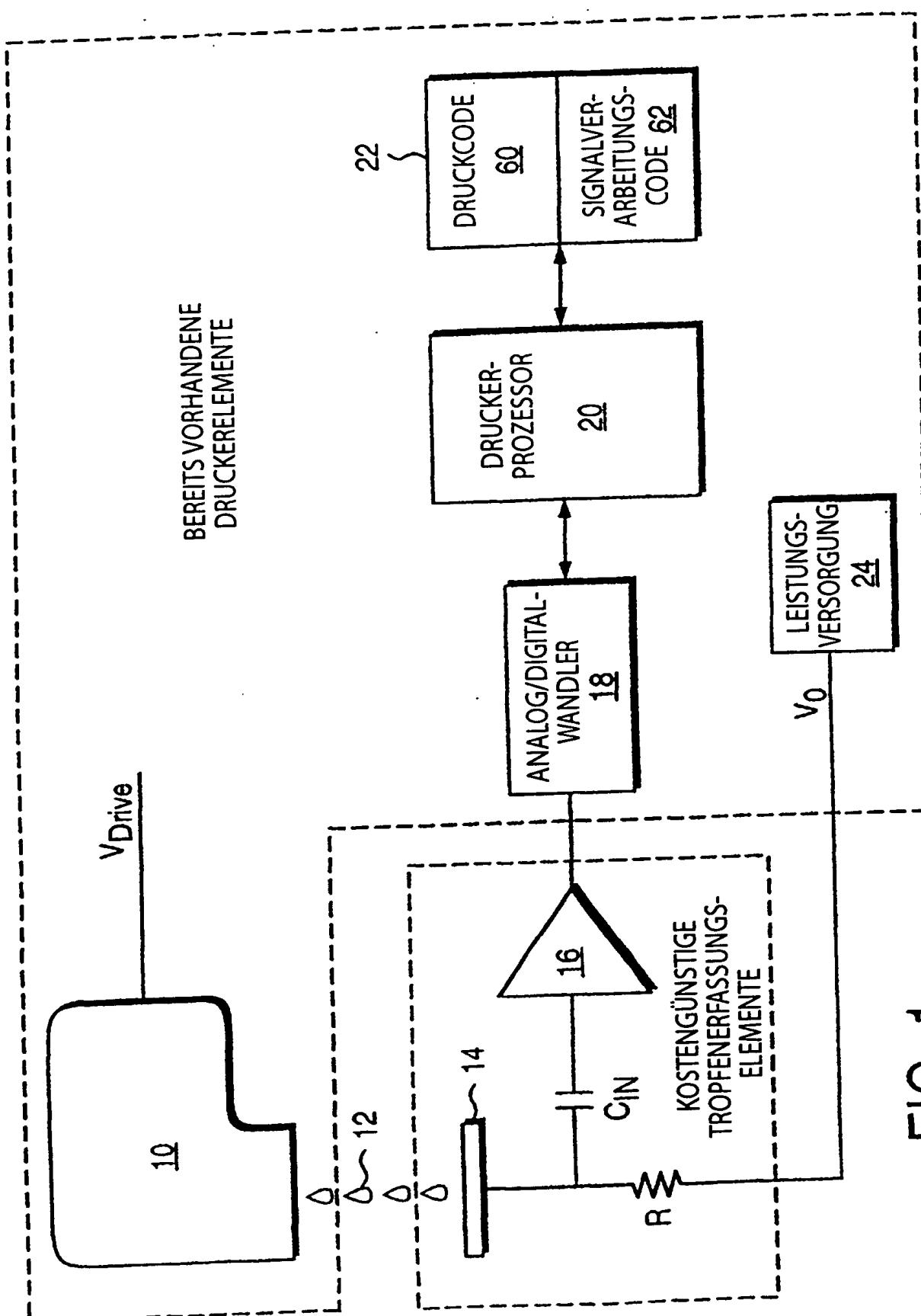


FIG. 1

FIG. 2

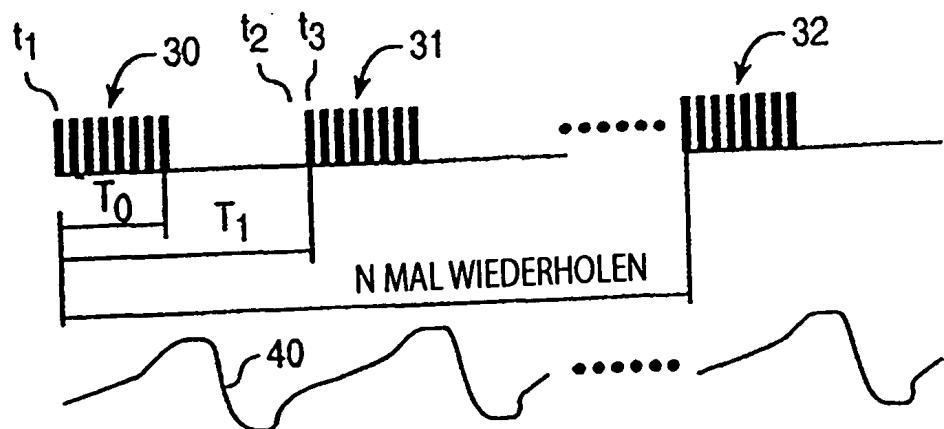


FIG. 3

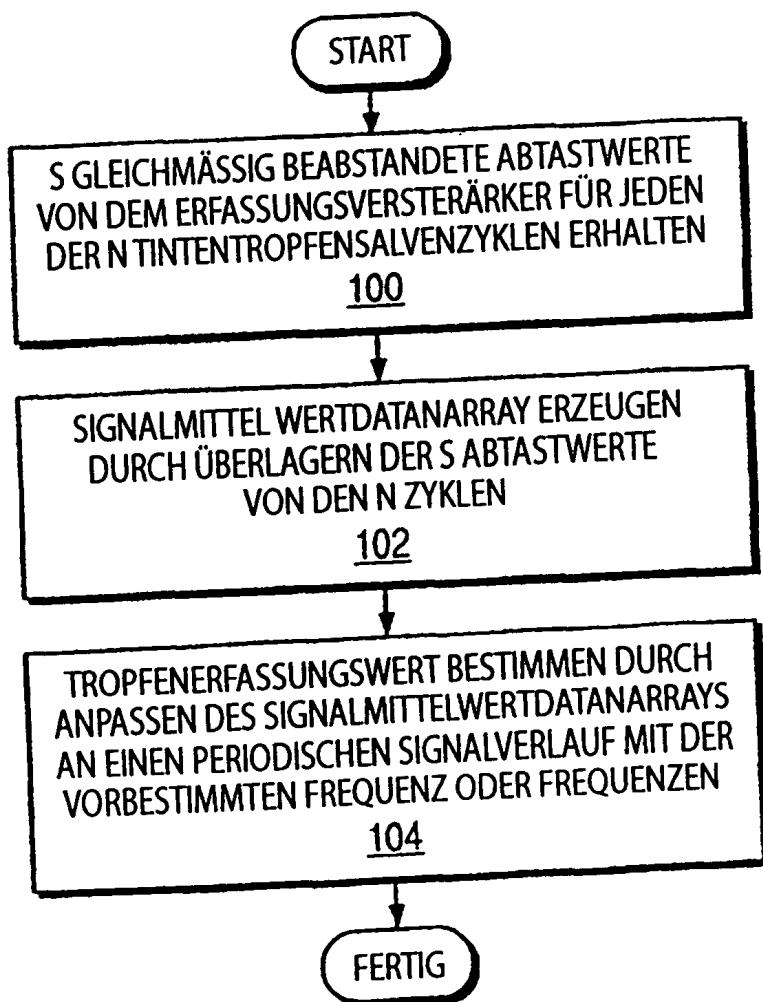


FIG. 4

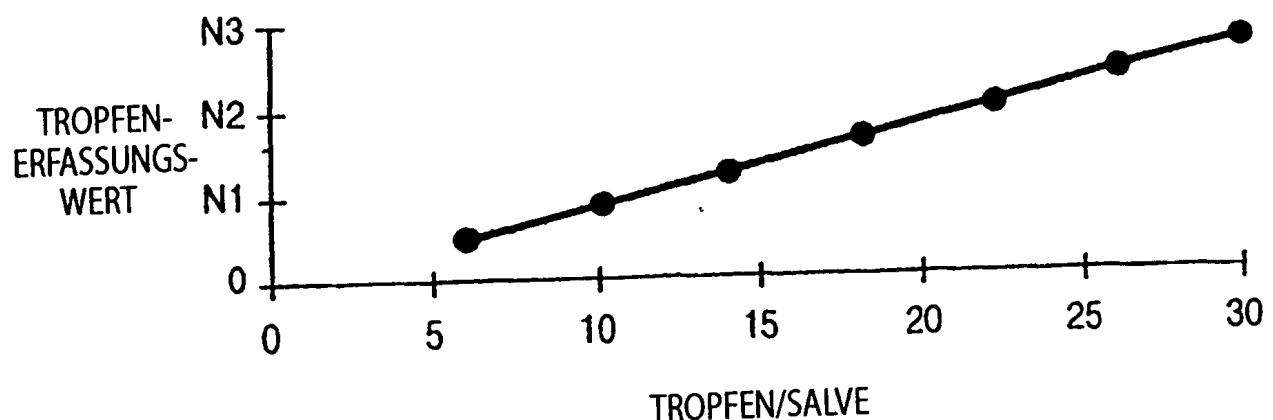


FIG. 5A

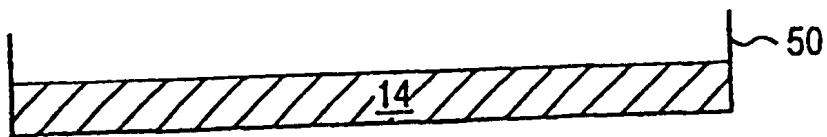


FIG. 5B

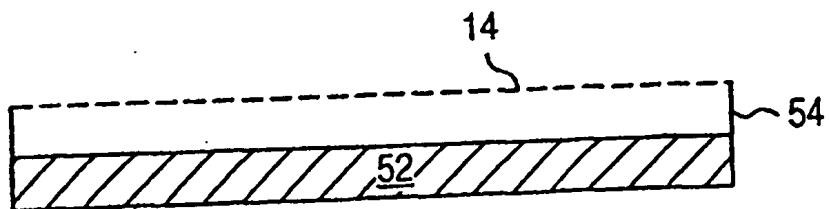


FIG. 5C

