



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 15 965 T2 2004.05.27**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 899 109 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 15 965.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 306 097.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **30.07.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.03.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **02.07.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.05.2004**

(51) Int Cl.7: **B41J 2/14**

B41J 2/16

(30) Unionspriorität:

920478 29.08.1997 US

(73) Patentinhaber:

Hewlett-Packard Co., Palo Alto, Calif., US

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Pidwerbecki, David, Corvallis, US; MacLeod,
Cheryl A., Ramona, US; Boyd, Patrick V., Albany,
US; Kasperchik, Vladek P., Corvallis, US; Kraus,
Gerald T., Albany, US**

(54) Bezeichnung: **Druckkopf mit reduzierten Abmessungen für einen Tintenstrahldrucker**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf einen Druckkopf für einen Tintenstrahldrucker und insbesondere bezieht sich dieselbe auf einen Druckkopf, der kleine Abmessungen verwendet, um Tintentropfen mit reduzierten Tropfengewicht zu erzeugen.

[0002] Tintenstrahldrucker arbeiten durch Ausstoßen eines geringen Tintenvolumens durch eine Mehrzahl von kleinen Löchern in einer Lochplatte, die in der Nähe eines Mediums gehalten wird, auf das ein Drucken oder Markierungen plaziert werden soll. Diese Löcher sind in der Lochplatte auf eine solche Weise angeordnet, daß der Ausstoß von Tintentropfen aus einer ausgewählten Anzahl von Löchern relativ zu einer bestimmten Position des Mediums zu der Erzeugung eines Abschnitts eines gewünschten Zeichens oder Bildes führt. Eine gesteuerte Neupositionierung der Lochplatte oder des Mediums gefolgt durch ein weiteres Ausstoßen von Tintentropfen führt zu der Erzeugung von mehr Segmenten des gewünschten Zeichens oder Bildes. Ferner können Tinten verschiedener Farben mit individuellen Anordnungen von Löchern gekoppelt werden, so daß ein ausgewähltes Abfeuern der Löcher ein mehrfarbiges Bild durch den Tintenstrahldrucker erzeugen kann.

[0003] Es wurden verschiedene Mechanismen verwendet, um die Kraft zu erzeugen, die zum Ausstoßen eines Tintentropfens aus einem Druckkopf notwendig ist, wobei sich piezoelektrische und elektrostatische Mechanismen unter denselben befinden. Während die nachfolgende Erklärung unter Bezugnahme auf thermische Tintenausstoßmechanismen gegeben wird, kann die vorliegende Erfindung ebenfalls eine Anwendung für die anderen Tintenausstoßmechanismen aufweisen.

[0004] Der Ausstoß des Tintentropfens in einem herkömmlichen thermischen Tintenstrahldrucker ist ein Ergebnis einer schnellen thermischen Erwärmung der Tinte auf eine Temperatur, die den Siedepunkt des Tintenlösungsmittels überschreitet, um eine Dampfphasen-Tintenblase zu erzeugen. Ein solch schnelles Erwärmen der Tinte wird allgemein erreicht durch Weiterleiten eines Pulses von elektrischem Strom durch eine Tintenauswurfvorrichtung, die ein individuell adressierbarer Heizerwiderstand ist, üblicherweise für 1 bis 3 Mikrosekunden, und die dadurch erzeugte Wärme wird mit einem kleinen Tintenvolumen gekoppelt, das in einem eingeschlossenen Bereich gehalten wird, der dem Heizerwiderstand zugeordnet ist, und der allgemein als eine Abfeuerungskammer bezeichnet wird. Für einen Druckkopf liegt eine Mehrzahl von Heizerwiderständen und zugeordneten Abfeuerungskammern vor – vielleicht in einer Anzahl von mehreren hundert -, wobei jeder derselben eindeutig adressiert und veranlaßt werden kann, Tinte auf Befehl durch den Drucker auszuwerfen. Die Heizerwiderstände sind in einem Halbleitersubstrat aufgebracht und sind elektrisch mit einer ex-

ternen Schaltungsanordnung mit Hilfe einer Metallisierung verbunden, die auf dem Halbleitersubstrat aufgebracht ist. Ferner können die Heizerwiderstände und die Metallisierung vor chemischen Angriff und mechanischer Abrasion durch eine oder mehrere Schichten einer Passivierung geschützt sein. Eine zusätzliche Beschreibung der grundlegenden Druckkopfstruktur ist offenbart in „The Second-Generation Thermal InkJet Structure“ von Ronald Askeland u. a. im Hewlett-Packard Journal, August 1988, Seiten 28–31. Somit besteht eine der Wände jeder Abfeuerungskammer aus dem Halbleitersubstrat (und üblicherweise einem Abfeuerungswiderstand). Eine andere der Wände der Abfeuerungskammer, die gegenüber dem Halbleitersubstrat bei einer allgemeinen Implementierung angeordnet ist, wird durch die Lochplatte gebildet. Allgemein ist jedes der Löcher in dieser Lochplatte bezüglich einem Heizerwiderstand auf eine Weise angeordnet, die ermöglicht, daß Tinte aus dem Loch ausgestoßen wird. Wenn die Tintendampfblase an dem Heizerwiderstand nukleiert und sich erweitert, verdrängt sie ein Tintenvolumen, das ein entsprechendes Tintenvolumen aus der Öffnung für eine Aufbringung auf das Medium zwingt. Die Blase kollabiert dann, und das verlagerte Tintenvolumen wird von einem größeren Tintenreservoir mit Hilfe eines Tintenzuführkanals in einer der Wände der Abfeuerungskammer wieder aufgefüllt.

[0005] Da Benutzer von Tintenstrahldruckern damit begonnen haben, feinere Details in der gedruckten Ausgabe von einem Drucker zu erwünschen – insbesondere bei der Farbausgabe – wurde die Technik hin zu kleineren Tintentropfen gedrängt, um feinere Details zu erreichen. Kleinere Tintentropfen bedeuten ein verringertes Tropfengewicht und ein verringertes Tropfenvolumen. Die Produktion von solchen Tintentropfen mit geringen Tropfengewicht erfordert kleinere Strukturen in dem Druckkopf. Somit sind kleinere Abfeuerungskammern (die ein kleineres Tintenvolumen beinhalten), kleinere Abfeuerungswiderstände und kleinere Lochbohrungsdurchmesser erforderlich.

[0006] Es ist bei thermischen Tintenstrahldrucker-Druckköpfen axiomatisch, daß die Lochplattendicke nicht weniger als ungefähr 45 µm dick ist. Lochplatten, die dünner als 45 µm sind, leiden an dem ernsthaften Nachteil, daß sie zu schwach zum handhaben sind, und daß es wahrscheinlich ist, daß dieselben in einer Produktionsumgebung auseinanderbrechen oder durch eine Wärmeverarbeitung des Druckkopfs verzerrt werden. Lochplatten werden üblicherweise durch ein Elektroformen von Nickel auf einem Dorn und nachfolgendes Plattieren mit einer Schutzmetallschicht auf dem Nickel hergestellt, wie zum Beispiel in der EP-A-0490061. Eine herkömmliche Waferhandhabungs-Produktionsausrüstung kann die dünne Lochplatte zum Verarbeiten in einer Herstellungsumgebung nicht manövrieren. Ferner, da eine Mehrzahl von Lochplatten als eine Elektroform erzeugt wird, wird ein Singulieren jeder Lochplatte von den anderen an der Nickelelektroform

praktisch unmöglich mit der Produktionsausrüstung, wenn die Metallochplatte weniger als 45 µm dick ist. Sogar wenn die Produktionsschwierigkeiten mit dünnen, herkömmlich hergestellten Lochplatten gelöst werden würden, sind die dünnen Lochplatten zu anfällig für eine Verzerrung aufgrund von Spannungen, wenn die dünne Lochplatte positioniert und an der Barrierschicht des Druckkopfs gesichert wird.

[0007] Üblicherweise ist eine Lochplatte für einen thermischen Tintenstrahldrucker-Druckkopf aus einer Metallage gebildet, die mit einer Mehrzahl von kleinen Öffnungen perforiert ist, die in einer Seite der Metallage zu der anderen führen. Die Verwendung einer Polymerlage, durch die Öffnungen als eine Lochplatte ablatiert wurden, hat sich ebenfalls erhöht. Bei dem Beispiel der Metallochplatte wurde das Verfahren der Herstellung in der Literatur ausgeführt. Siehe zum Beispiel Gary L. Siewell u. a., „The Thinkjet Orifice Plate: a Part With Many Functions“, Hewlett-Packard Journal, Mai 1985, Seiten 33–37; Ronald A. Askeland u. a., „The Second-Generation Thermal InkJet Structure“, Hewlett-Packard Journal, August 1988, Seiten 28–31; und das zuvor genannte U.S.-Patent Nr. 5,167,776, „Thermal InkJet Printhead Orifice Plate and Method of Manufacture“.

[0008] Da die reduzierte Größe von Druckkopfabfeuerungskammern und Lochbohrungsdurchmesser Probleme bei herkömmlichen Lochplatten erzeugen, wie zum Beispiel übermäßige Erwärmung aufgrund des großen Heizerwiderstands, der durch die dicke Lochplatte erforderlich ist, und erhöhte Anfälligkeit gegenüber Partikelverschmutzung in der Lochbohrung, ist es wünschenswert die Dicke der Lochplatte zu reduzieren. Da die Lochplatte am besten mit Dickeabmessungen größer als 45 µm hergestellt und verwendet wird, ist es wünschenswert, Druckköpfe mit Lochplatten von dieser Dicke oder mehr herzustellen. Diese Schwierigkeit muß gelöst werden, um Tintentropfen mit niedrigen Tropfengewicht zu erhalten.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Die vorliegende Erfindung schafft ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens gemäß Anspruch 1. Bevorzugte Ausführungsbeispiele sind in den Ansprüchen 2, 3 definiert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] **Fig. 1** ist eine isometrische Ansicht eines Tintenstrahldrucker-Druckkopfs, der die vorliegende Erfindung verwenden kann.

[0011] **Fig. 2** ist ein Abschnitt eines Querschnitts des Druckkopfs aus **Fig. 1** entnommen entlang der Schnittlinie A-A.

[0012] **Fig. 3** ist ein vereinfachtes Flußdiagramm eines Wärmebehandlungsprozesses, der bei der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

[0013] **Fig. 4** ist ein Graph, der den Betrag von

Lochplatten-Materialschrumpfung bei verschiedenen Temperaturen zeigt.

[0014] **Fig. 5** ist ein Graph der Knoop-Härte einer Lochplatte bei verschiedenen Temperaturen.

[0015] **Fig. 6** ist ein Graph der thermischen Ausdehnung einer Nickellochplatte, der die Wirkung eines Wärmebehandlungsschrittes zeigt, der bei der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

[0016] **Fig. 7** ist ein Graph, der die geschätzte Korngröße einer Lochplatte bei verschiedenen Glühtemperaturen darstellt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

[0017] Eine typische Tintenstrahlkassette ist in der Zeichnung aus **Fig. 1** dargestellt. Ein Kassettenkörperbauglied **101** häuft einen Tintenvorrat und leitet die Tinte über Tintenkanäle zu einem Druckkopf **103**. An der Außenoberfläche des Druckkopfs ist eine Mehrzahl von Löchern sichtbar, einschließlich dem Loch **105**, durch das Tinte selektiv auf Befehle von dem Drucker hin (nicht gezeigt) ausgestoßen wird, wobei die Befehle zu dem Druckkopf **103** durch elektrische Verbindungen **107** und zugeordnete leitfähige Bahnen (nicht gezeigt) auf einem flexiblen Polymerband **109** kommuniziert werden, die wiederum mit der Metallisierung auf dem Halbleitersubstrat des Druckkopfs gekoppelt sind. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel einer Tintenstrahl Druckkassette ist der Druckkopf aus einem Halbleitersubstrat, das Dünnschicht-Heizerwiderstände umfaßt, die in dem Substrat angeordnet sind, einer Photo-definierbaren Barriere- und Haftmittel-Schicht und einer Foraminlochplatte aufgebaut, die eine Mehrzahl von Löchern aufweist, die sich vollständig durch die Lochplatte erstrecken, wie durch das Loch **105** exemplarisch gezeigt ist. Physische und elektrische Verbindungen von dem Substrat werden zu dem flexiblen Polymerband **109** mit Hilfe einer Balkenleiterverbindung oder einer ähnlichen Halbleitertechnik hergestellt und nachfolgend durch ein epoxidähnliches Material für physische Festigkeit und Fluidabstoßung gesichert. Das Polymerband **109** kann aus Kapton™ gebildet sein, das handelsüblich von der 3M Corporation erhältlich ist, oder aus einem ähnlichen Material, das photoablatiert oder chemisch geätzt sein kann, um Öffnungen oder andere gewünschte Charakteristika herzustellen. Kupfer oder andere leitfähige Spuren sind aufgebracht oder anderweitig an einer Seite des Bandes befestigt, so daß elektrische Verbindungen **107** mit dem Drucker in Kontakt gebracht und zu dem Substrat geleitet werden können. Das Band ist üblicherweise an einer Kante der Druckkassette gebogen und befestigt, wie gezeigt ist.

[0018] Ein Querschnitt des Druckkopfs ist in **Fig. 2** gezeigt und ist von dem Teil des Abschnitts A-A entnommen, der in **Fig. 1** gezeigt ist. Ein Abschnitt des Körpers **201** der Kassette **101** ist gezeigt, wo dieselbe an dem Druckkopf durch ein Haftmittel befestigt

ist, das durch Druck aktiviert wird. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird Tinte zu dem Druckkopf mit Hilfe eines gemeinsamen Tintenplenums **205** und durch einen Schlitz **206** in dem Druckkopfsubstrat **207** geliefert. (Alternativ kann die Tinte entlang der Seiten des Substrats geliefert werden). Heizerwiderstände und ihre zugeordneten Löcher sind üblicherweise in zwei im wesentlichen parallelen Reihen in der Nähe des Tinteneinlasses von dem Tintenplenum angeordnet. In vielen Fällen sind die Heizerwiderstände und Löcher in einer versetzt angeordneten Konfiguration in jeder Reihe angeordnet und bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die Heizerwiderstände an gegenüberliegenden Seiten des Schlitzes **206** des Substrats **207** positioniert, wie durch die Heizerwiderstände **209** und **211** in Fig. 2 beispielhaft gezeigt ist.

[0019] Eine herkömmliche Lochplatte **203** wird durch Elektroformen von Nickel auf einem Dorn hergestellt, das isolierende Merkmale mit geeigneten Abmessungen und geeigneten Entwurfswinkeln aufweist, alle in der Form eines Kehrwerts der Merkmale, die in der Lochplatte erwünscht sind. Nach dem Ablauf eines vorbestimmten Zeitbetrags und nachdem eine Dicke von Nickel aufgebracht wurde, wird der resultierende Nickelfilm entfernt und für eine nachfolgende Verwendung behandelt. Die Nickellochplatte wird dann mit einem Edelmetall beschichtet, wie zum Beispiel Gold, Palladium oder Rhodium, um einer Korrosion zu widerstehen. Nachfolgend zu der Herstellung wird die Lochplatte an dem Halbleitersubstrat **207** mit einer Barrierschicht **213** angebracht. Die Löcher, die durch das Elektroformen von Nickel an dem Dorn erzeugt werden, erstrecken sich von der Außenoberfläche der Lochplatte **203** durch das Material zu der Innenoberfläche, der Oberfläche, die eine der Wände der Tintenabfeuerungskammer bildet. Üblicherweise ist ein Loch direkt über dem Heizerwiderstand angeordnet, so daß Tinte von dem Loch ausgestoßen werden kann, ohne daß ein Bahnfehler durch einen Versatz eingebracht wird.

[0020] Das Substrat **207** und die Lochplatte **203** sind miteinander durch ein Barrierschichtmaterial **213** befestigt, wie vorangehend erwähnt wurde. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist das Barrierschichtmaterial **213** auf dem Substrat **207** in einer strukturierten Formation angeordnet, derart, daß die Abfeuerungskammern **215** und **217** in Bereichen um die Heizerwiderstände erzeugt werden. Das Barrierschichtmaterial ist ferner so strukturiert, daß Tinte unabhängig zu den Abfeuerungskammern **215**, **217** geliefert wird, durch einen oder mehrere Tintenzuführkanäle in dem Barriermaterial. Tintentropfen werden selektiv auf das schnelle Erwärmen des Heizerwiderstands **209** oder **211** auf den Befehl durch den Drucker hin ausgestoßen. Das Substrat, das die Barrierschicht aufweist, die an einer Oberfläche desselben angebracht ist, ist somit im Hinblick auf die Lochplatte derart positioniert, daß die Löcher mit den Heizerwiderständen des Substrats ausgerichtet sind.

[0021] Die Barrierschicht **213** verwendet bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ein vordefinierbares Polymermaterial, wie zum Beispiel ParadTM, VacrTM, IJ5000 oder andere Materialien, die ein Negativfilm-Photoempfindlich-Mehrfachkomponenten-Polymer-Trockenfilm sind, der durch Belichtung durch Licht oder eine ähnliche elektromagnetische Strahlung polymerisiert. Materialien dieses Typs sind erhältlich von E. I. DuPont de Nemours Company of Wilmington, Delaware. Die Barrierschicht wird zuerst als eine kontinuierliche Schicht auf das Substrat **207** mit der Anwendung von ausreichend Druck und Wärme aufgebracht, das geeignet für das bestimmte ausgewählte Material ist. Die Photolithographieschicht wird dann durch eine Negativmaske ultravioletem Licht ausgesetzt, um das Barrierschichtmaterial zu polymerisieren. Die belichtete Barrierschicht wird dann einem chemischen Waschen unter Verwendung eines Entwicklerlösungsmittels unterzogen, so daß die nicht belichteten Bereiche der Barrierschicht durch chemische Aktion entfernt werden. Die verbleibenden Bereiche der Barrierschicht bilden Seitenwände jeder Tintenabfeuerungskammer um jeden Heizerwiderstand. Ferner bilden die verbleibenden Bereiche der Barrierschicht die Wände der Tintenzuführkanäle, die von der Tintenabfeuerungskammer zu einer Tintenquelle führen (wie zum Beispiel dem Tintenplenum **205** durch den Schlitz, wie in Fig. 2 gezeigt ist). Diese Tintenzuführkanäle ermöglichen das anfängliche Füllen der Tintenabfeuerungskammer mit Tinte und liefern ein kontinuierliches Auffüllen der Abfeuerungskammer nach jedem Tintenausstoß aus der Kammer.

[0022] Herkömmliche Lochplatten, die ungefähr 8 mm lang und 7 mm breit sind, werden als eine Quatrafilm-Elektroform hergestellt, die eine Seitenabmessung von 12,7 cm (5 Zoll) aufweist und werden nachfolgend von der Elektroform getrennt, durch Scheren jedes Druckkopfs weg von der Elektroform unter Verwendung von herkömmlichen Techniken, die durch die Halbleiterindustrie eingeführt wurden. Nickel ist das bevorzugte Metall für einen Druckkopf, da es kostengünstig ist, durch Elektroformen leicht herzustellen ist und durch Elektroformen komplizierte Formen hergestellt werden können. Genauer gesagt können kleine Öffnungen zweckmäßig in der Nickellochplatte erzeugt werden, durch elektrisches Isolieren kleiner Abschnitte des Dorns und dadurch Verhindern der Aufbringung von Nickel, was ansonsten eine elektrisch leitfähige Kathodenelektrode in einem modifizierten gemischten Anionenbad vom Watts-Typ wäre. Üblicherweise wird ein Edeldahldorn zuerst mit einem Trockenfilmpositivphotoresist laminiert. Der Photoresist wird dann ultravioletem Licht durch eine Maske ausgesetzt, was nach der Entwicklung des Photoresist Isolierungsmerkmale erzeugt, wie zum Beispiel Anschlußflächen, Säulen und Deiche, die den Löchern und anderen Strukturen entsprechen, die in der Lochplatte erwünscht sind. Nach dem Ablauf einer vorbestimmten Zeitperiode bezüglich Tem-

peratur und Konzentration des Galvanisierbades, dem Betrag des Gleichstroms, der für den Galvanisierstrom verwendet wird, und die Dicke der gewünschten Lochplatte, wird der Dorn und die neu geformte Lochplattenelektroform aus dem Galvanisierbad entfernt, darf Abkühlen und die Lochplattenelektroform wird von dem Dorn abgelöst. Da Edelstahl eine Oxidbeschichtung aufweist, haften galvanisierte Metalle nur schwach an dem Edelstahl und die durch Elektroformen hergestellte Metallochplattenelektroform kann einfach ohne Beschädigung entfernt werden. Die Lochplattenelektroform wird dann in die individuellen Lochplatten geschnitten. Für eine typischerweise Lochplatte, wie zum Beispiel die, die in einer HP51649A-Tintenstrahldruckkassette verwendet wird (handelsüblich geliefert durch die Hewlett-Packard Company), beträgt die Lochplattendicke üblicherweise 51 µm mit einem Lochbohrungsdurchmesser von 35 µm, um einen Tintentropfen mit einem Tropfengewicht von 50 ng zu erzeugen. Eine andere typischerweise Lochplatte, die in einer HP51641A-Tintenstrahldruckkassette verwendet wird (ebenfalls handelsüblich erhältlich von der Hewlett-Packard Company), verwendet eine Lochplattendicke von 51 µm mit einem Lochbohrungsdurchmesser von 27 µm, um einen Tintentropfen mit einem Tropfengewicht von 32 ng zu erzeugen.

[0023] Der vorangehende Prozeß, wenn derselbe für Lochplattendicken von weniger als 45 µm verwendet wird, könnte keine Lochplatte erzeugen, die den Härten der Handhabung in einer Produktionsumgebung standhalten könnte, und erzeugt Probleme in der abschließenden Druckkassette, wie zum Beispiel Drucktropfen-Plazierungsfehler aufgrund von verschiedenen mechanischen Verzerrungen der dünnen Lochplatte. Nichts desto Trotz wurde ein Druckkopf entwickelt, der in der Lage ist, einen Tintentropfen mit einem Tropfengewicht von 10 ng zu liefern, um den Bedarf nach einer feinen Auflösung und einer verbesserten Druckqualität zu erfüllen. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wurde eine Lochplatte mit einer Dicke von zwischen 25 µm und 40 µm und einer bevorzugten Dicke von 28 µm erzeugt. Der Lochbohrungsdurchmesser des bevorzugten Ausführungsbeispiels beträgt 18 µm ± 2 µm.

[0024] Damit eine solch dünne Lochplatte realisiert und in einer Produktionsumgebung praktisch hergestellt werden kann, ist eine erweiterte Wärmebehandlung und ein Weichsinterschritt in dem Lochplattenherstellungsverfahren umfaßt, wie in **Fig. 3** gezeigt ist. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird eine Nickellochplattenelektroform unter Verwendung von herkömmlichen Verfahren mit Elektroformen hergestellt 301, aber die Metallaufbringung wird an dem Punkt gestoppt, an dem die Nenndicke der Lochplatte 28 µm beträgt. Die zarte Elektroform wird dann einem Wärmebehandlungs-/Weichsinterschritt **303** unterzogen, der hierin nachfolgend beschrieben wird. Nachfolgend zu dem Wärmebehandlungsschritt wird

die Elektroform in individuelle Lochplatten geschnitten **305** und an die Barrierschicht des Druckkopfs angebracht **307**, wie vorangehend beschrieben wurde. Um die Barrierschicht auszuhärten und das Halbleitersubstrat und die Lochplatte in der Laminatstruktur zu befestigen, die den Druckkopf aufweist, wird ein Wärmeaushärtsschritt **309** verwendet. Die Anbringung der Lochplatte an die Barrierschicht wird mit der Anwendung von Wärme (ungefähr 200°C) und Druck (zwischen 50 und 250 psi) für eine Zeitperiode von bis zu 15 Minuten erreicht. Haftverstärker, wie zum Beispiel jene, die in der U.S.-Patentanmeldung Nr. 08/742,118 offenbart sind, eingereicht für Garold Radke u. a. am 1. Oktober 1996, können verwendet werden, um die Verbindung zwischen der Lochplatte und der Barrierschicht zu verbessern. Ein abschließender Aufbau des Polymers und ein Aushärten der Verbindung wird dann mit einem thermischen Durchwärmen bei ungefähr 220°C für ungefähr 30 Minuten erreicht. Nachfolgend zu den Wärmeaushärtsschritt wird der fertiggestellte Druckkopf in die Tintenstrahldruckkassette integriert.

[0025] Da die Sandwichanordnung aus Halbleitersubstrat, Barrierschicht und Lochplatte unter Temperatur und Druck angeordnet und nachfolgend Wärmeausgehärtet wird, und im Hinblick auf die Tatsache, daß eine Fehlübereinstimmung bei den Koeffizienten der thermischen Ausdehnung und den Komponenten der Sandwichanordnung vorliegt, entwickelt die Anordnung Restspannungen, wenn dieselbe abkühlt. Auswirkungen dieser Spannungen nehmen häufig die Form von verzerrten Lochplatten und eine Delaminierung von Lochplatte, Barrierschichtmaterial und Substrat an. Dünnere Lochplatten erfahren eine größere Verzerrung, wodurch ein ernsthaftes Problem bei der Punktplazierung und der Gesamtdruckqualität erzeugt wird.

[0026] Es stehen drei unterschiedliche Verhaltensbetriebszustände der Lochplattenlagen, wenn dieselben Temperatur und Zeit ausgesetzt werden. Zuerst erfolgt von Umgebungstemperatur bis ungefähr 200°C ein sehr linearer Schrumpfungsbetrag der Lochplatte über Temperatur. Bei 200°C bis 230°C erhöht sich die Härte und eine ernsthafte Versprödung der Lochplatte findet statt. Über 230°C ändert sich die Steigung von Schrumpfung über Temperatur wieder, und die Härte verringert sich rasch mit der Temperatur, wie erwartet werden würde, wenn das Material ausglühen würde.

[0027] In ersten Betriebszustand (bis 200°C) werden verschiedene Verbundstoffe, die durch den Nickel eingefangen und/oder gelöst werden, wenn derselbe elektroplattiert wird, aus der Elektroform herausgearbeitet. Aus der Röntgenkristallographie wurde bestimmt, daß wenig Kornwachstum in diesem Temperaturbereich stattfindet. In dem zweiten Betriebszustand erscheint, das das Material sintert. Ein Ausglühen findet wahrscheinlich ebenfalls statt, aufgrund der Verringerung der Härte des Materials, daß zusätzliche Zeit bei 200°C gelassen wird. Eine mög-

liche Erklärung für dieses Verhalten ist eine Verdichtung der Lochplatte während des Ausglühens gekoppelt mit Kornwachstum. Die Dichte erhöht sich, wenn die Lochplatten ausglühen. Die Erhöhung der Dichte führt anfänglich zu einer Erhöhung der Härte, während die Korngröße konstant bleibt. Wenn jedoch ein Kornwachstum auftritt, verringert sich die Wahrscheinlichkeit, daß eine Versetzung durch eine Korngrenze gefangen wird, und somit verringert sich die Härte. Über 230°C glüht das Material deutlich, obwohl eine Versprödung immer noch ein Problem bei den getesteten Zeiten und Temperaturen ist. Bei Temperaturen bei oder über 300°C wird eine Verfärbung der Lochplatte bemerkt.

[0028] Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel werden Justiermarken an den Lochplattenelektroformen plaziert. Eine Schrumpfung der Nickellochelektroform wurde gemessen durch Messen der Distanz zwischen Justiermarken vor und nach der Wärmebehandlung. Der Betrag der Schrumpfung ist in **Fig. 4** für verschiedene Temperaturen der Wärmebehandlung skizziert. Zusätzlich dazu wurden die Lochplattenelektroformen für Knoop-Härte getestet und die Abweichung bei der Härte, die aus den unterschiedlichen Temperaturen der Wärmebehandlung resultiert, ist in **Fig. 5** skizziert. Die Verbesserung der Linearität und der Betrag der thermischen Ausdehnung nach der Wärmebehandlung ist **Fig. 6** gezeigt, in der die Kurve **601** die thermische Ausdehnung einer Nickellochplatte ohne Wärmebehandlung zeigt, wenn die Lochplatte auf 250°C bei einem Anstieg von 5°C/min erwärmt wird. Die Kurve **602** zeigt die thermische Ausdehnung der Nickellochplatte nach der Wärmebehandlung unter Verwendung desselben thermischen Anstiegs um 5°C/min. Offensichtlich zeigt die Kurve **602** kein nicht lineares Verhalten und der berechnete Koeffizient der thermischen Ausdehnung liegt im Bereich nahe dem von reinem Nickel (13 $\mu\text{m}/\text{m}^{\circ}\text{C}$). Somit verringert die thermische Behandlung (Glühen) von Nickellochplatten die Fehlübereinstimmung von deren thermischen Ausdehnungskoeffizienten zu dem eines Halbleitersubstrats (thermischer Ausdehnungskoeffizient von Silizium beträgt ungefähr 3,0 $\mu\text{m}/\text{m}^{\circ}\text{C}$) und führt zu einer Reduzierung von Verziehen nach der Anbringung der Lochplatte. Der Mechanismus der Reduzierung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten wird wahrscheinlich durch eine Teilneukristallisierung und ein Lösen von internen Spannungen in der kristallinen Struktur der Nickellochplatte verursacht.

[0029] Eine Röntgendiffraktion wurde verwendet, um die mikrostrukturellen Änderungen zu untersuchen, die in einer Nickellochplatte während des Glühens in der Luft bei verschiedenen Temperaturen auftreten, um das Verfahren besser zu verstehen, das einen thermischen Durchwärmungs- und Weichsinter-Schritt umfaßt. Die getesteten Proben waren singulierte Lochplatten, die aus einer Nickelelektroform bestehen, die mit 1,5 μm Palladium an jeder Seite galvanisiert ist. Die analysierten Proben umfaßten

nichtthermische durchwärmte Lochplatten sowie Lochplatten, die bei 200, 300, 400 und 500°C für 30 Minuten in der Luft glühten.

[0030] Proben wurden auf ein einzelnes „Nullhintergrund-“ (Nicht-Diffraktions-) Kristallsiliziumsubstrat plaziert und Daten wurden mit einem Diffraktometer unter Verwendung einer Cu-Ka-Strahlung von 38 bis 105 Grad (2-Theta) genommen. Röntgendiffraktionsdaten aus dem so erhaltenen Loch und den Lochplatten, die bei 200, 400 und 500°C glühten zeigen, daß alle erwarteten flächenzentrierten kubischen Nickel (fcc-Ni) und fcc-Palladium-Reflexionen für alle Proben beobachtet wurden. Unter Verwendung des Bragg-Gesetzes und unter Annahme von fcc-Materialien wurden die Gitterparameter, die den beobachteten Reflexionen zugeordnet sind, berechnet. Die beobachteten Gitterparameter sind in der Nähe von jenen, die für fcc-Ni und -Pd durch Cullity genannt werden: 3,5239 bzw. 3,8908 Å. Unter Verwendung der Scherrer-Formel kann eine Schätzung der Partikelgröße bei jeder Temperatur für die Nickel-Lochplatte (Kurve **701**) und die Palladium-Plattierung (Kurve **702**) durchgeführt werden, wie in **Fig. 7** gezeigt ist. Die Korngröße ändert sich nicht merklich bis die Glühtemperatur über 200°C liegt. Die elektroplattierte Korngröße wird auf ungefähr 200 Å sowohl für Nickel als auch Palladium vor dem Glühen geschätzt. Somit bestehen elektrogeformte Nickellochplatten, die mit einer Palladiumschicht plaziert sind, aus fcc-Ni und fcc-Pd mit einer Korngröße von ungefähr 200 Å. Glühtemperaturen unter 200°C führen nicht zu großen mikrostrukturellen Änderungen der Lochplatte, erhöhen jedoch wahrscheinlich die Härte aufgrund einer Verdichtung der elektrogeformten Teile. Ein Glühen bei Temperaturen über 300°C führt ferner zu der wahrscheinlichen Bildung einer Ni/Pd-Feststofflösung und einer wahrscheinlichen Verfärbung der Lochplatte aufgrund von Oxidierung von einem oder beiden der verfügbaren Metalle. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ergibt ein Glühwärmehandlungsschritt für die Lochplattenelektroform, der mehr als 15 Minuten und vorzugsweise 30 Minuten bei 220°C dauert eine Lochplattenelektroform mit einer erhöhten Härte und Steifigkeit, was die Herstellung von Lochplatten mit Dicken zwischen 25 μm und 40 μm ermöglicht. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die Lochplatte mit einer Nenndicke von 28 μm hergestellt. Ferner weisen Lochplatten, die einen solchen Glühschritt erfahren, reduzierte Verzerrungen auf, die aus dem Verfahren des Anbringens der Lochplatte an dem Barrierematerial und dem nachfolgenden Aushärten des laminierten Druckkopfs resultieren.

[0031] Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel wurden die Abmessungen von vielen der Elemente des Druckkopfs bedeutend kleiner gemacht als bei vorangehend bekannten Entwürfen, um eine hohe Qualität des Tintendruckens unter Verwendung von kleinen Tintentropfen zu erzeugen. Das Nenntintentropfengewicht beträgt ungefähr 10 ng zum Auswer-

fen aus einem Loch, das einen Bohrungsdurchmesser von $H = 18 \mu\text{m}$ ($\pm 2 \mu\text{m}$) aufweist, wie in **Fig. 2** gezeigt ist. Um eine Tintenabfeuerungskammer-Auffüllrate zu erreichen, die eine 15 KHz-Operationsfrequenz unterstützt, werden zwei Tintenzuführkanäle verwendet, um eine redundante Tintenauffüllfähigkeit zu liefern. Die Lochplatte **203** weist eine Dicke, P, von $28 \mu\text{m} \pm 1,5 \mu\text{m}$ auf, und die Barrierschicht weist eine Dicke, B, von $14 \mu\text{m} \pm 1,5 \mu\text{m}$ auf.

[0032] Somit wurde ein Druckkopf mit reduzierten Abmessungen und einer dünnen Lochplatte erzeugt, der die Probleme überwindet, die vorangehend mit Druckköpfen kleiner Abmessung und Lochplattendicken von weniger als $45 \mu\text{m}$ angetroffen wurden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Druckkopfs für eine Tintenstrahldruckkassette, das folgende Schritte aufweist:

Aufbringen (**301**) eines Metallfilms (**203**) auf einen Dorn;

Entfernen des Metallfilms von dem Dorn, gekennzeichnet durch:

Anwenden (**303**) von Wärme auf den Metallfilm mit einer vorbestimmten Temperatur für eine vorbestimmte Zeit, wodurch Herstellungsspannungen von dem Metallfilm gelöst werden;

Teilen (**305**) des Metallfilms für eine Lochplatte in geeignete Abschnitte nach dem Schritt der Wärmeanwendung;

Laminieren (**307**) des geteilten Metallfilms (**203**) an ein Haftbarrierematerial (**213**) und des Haftbarrierematerials (**213**) an ein Halbleitersubstrat (**207**), um einen Druckkopf zu bilden; und

Anwenden (**309**) von Wärme auf den Druckkopf, wodurch die Druckkopf-Haftbarrierschicht ausgehärtet wird.

2. Ein Verfahren gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Schritt des Anwendens von Wärme auf den Metallfilm ferner folgende Schritte aufweist:

Erhöhen der Temperatur des Metallfilms auf zwischen 200°C und 230°C ; und Beibehalten dieser Temperatur für eine Zeitspanne von nicht weniger als 15 Minuten.

3. Ein Verfahren gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Schritt des Trennens des Metallfilms ferner den Schritt des Scherschneidens des Metallfilms aufweist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

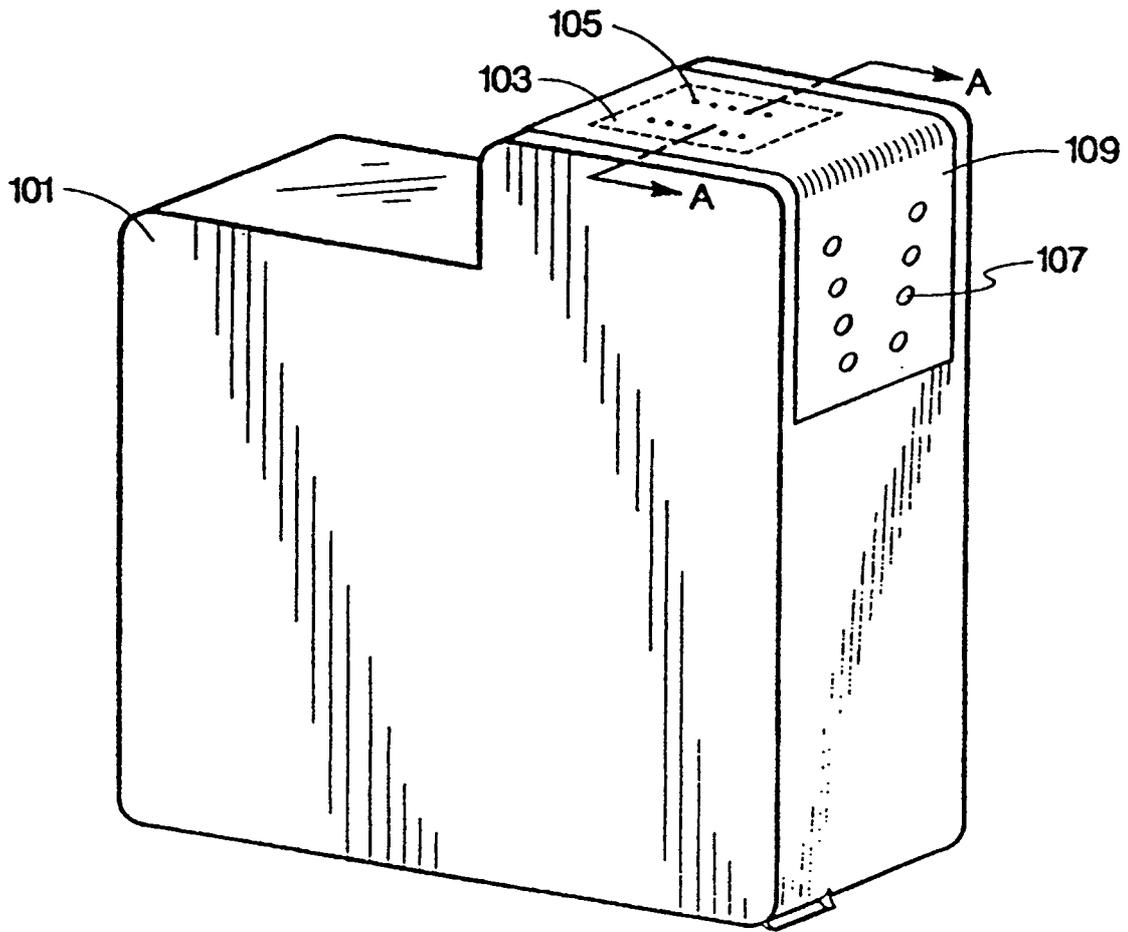


FIG. 1

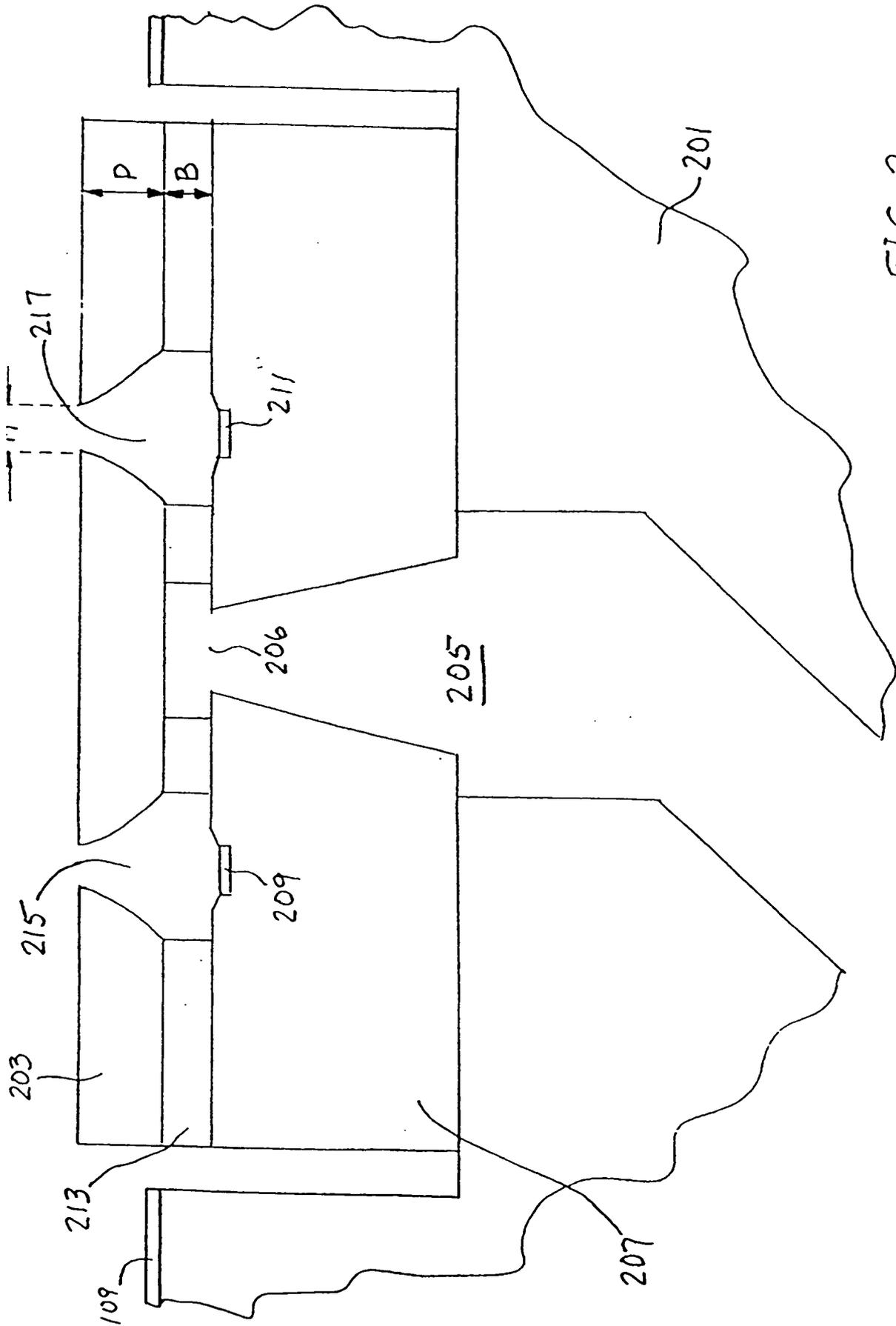


FIG. 2

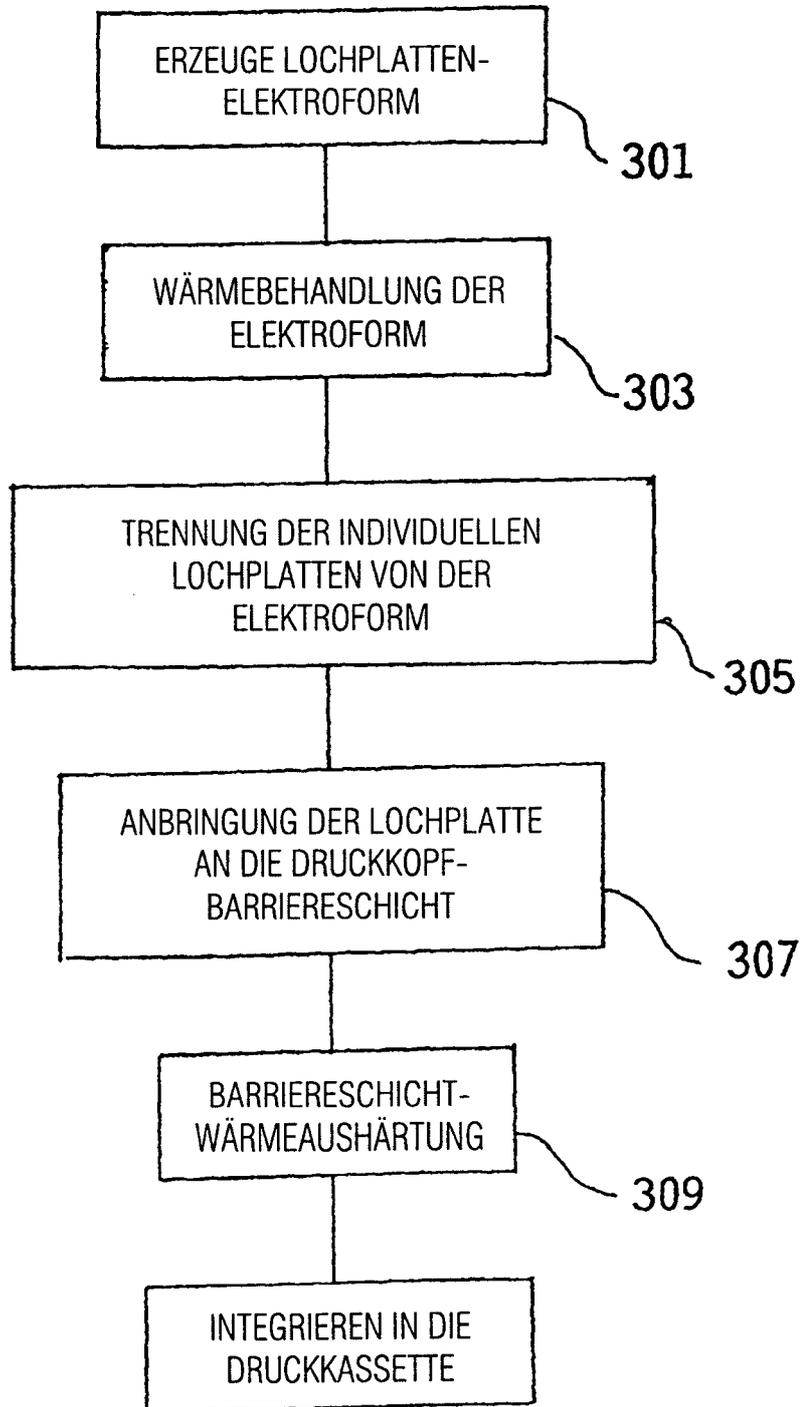


FIG. 3

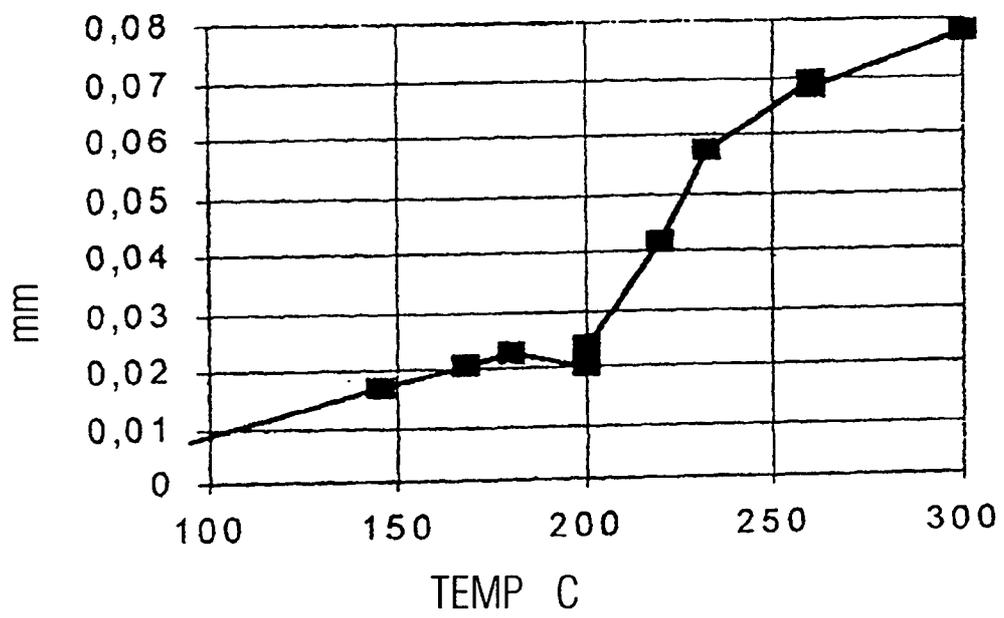


FIG. 4

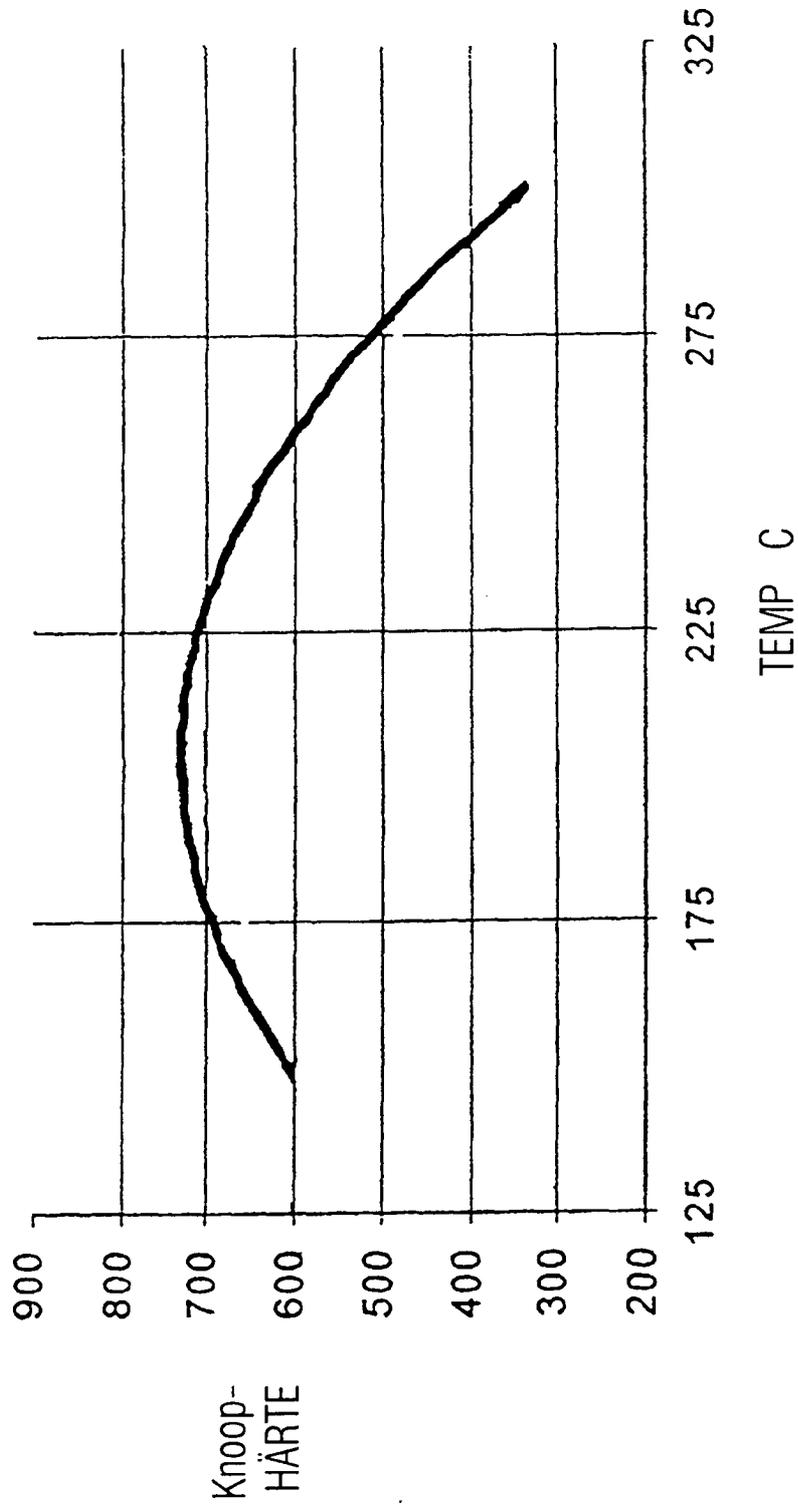


FIG. 5

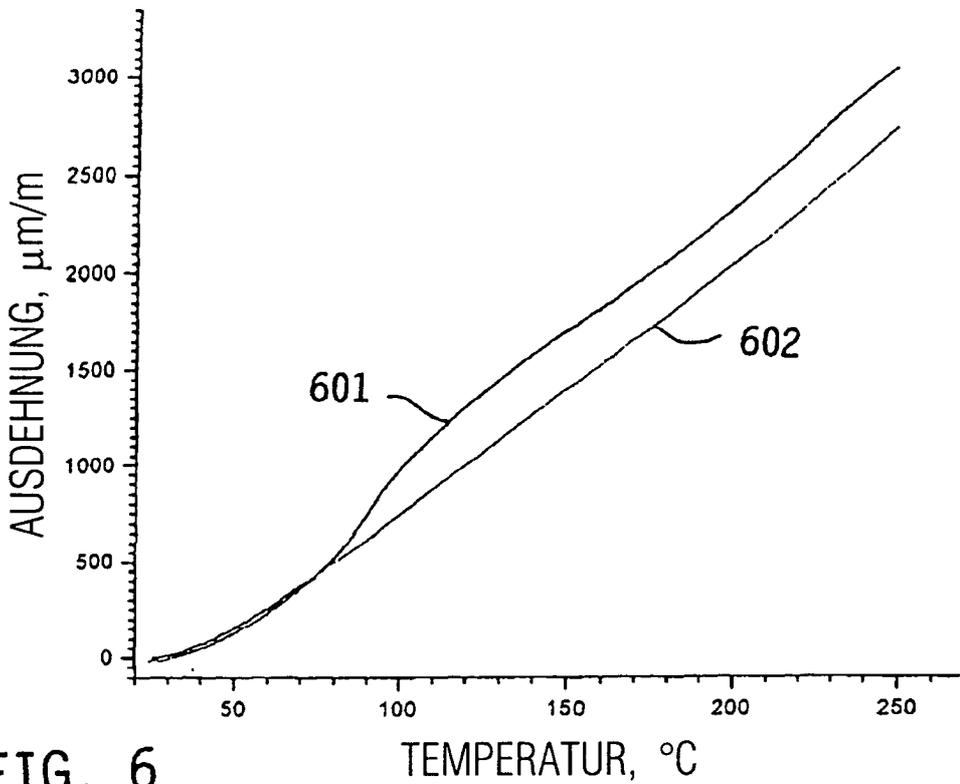


FIG. 6

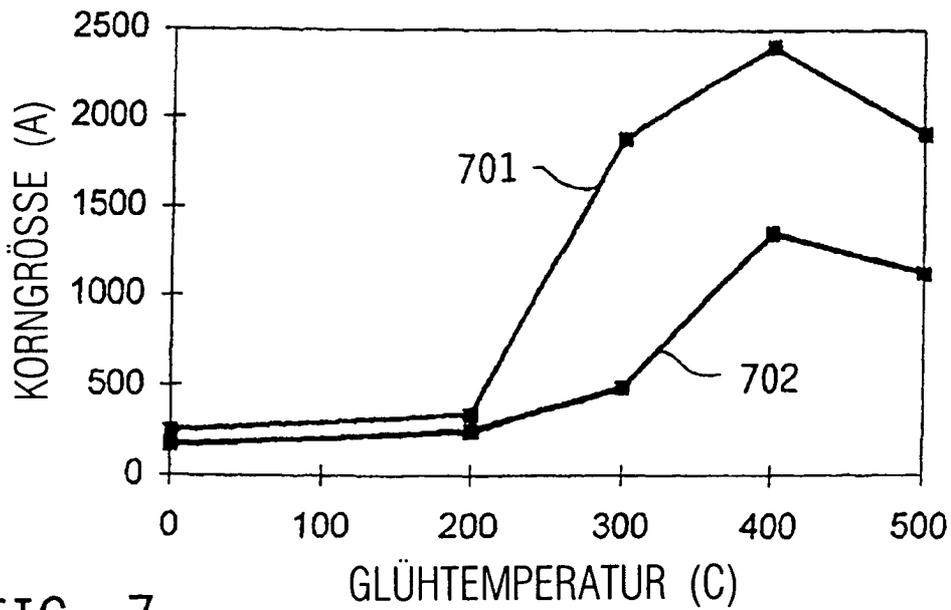


FIG. 7