

(19)



(11)

EP 2 655 074 B9

(12)

KORRIGIERTE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(15) Korrekturinformation:

Korrigierte Fassung Nr. 1 (W1 B1)

Korrekturen, siehe

**Beschreibung Abschnitt(e) 17, 26, 38, 41, 48,
53**

Ansprüche DE 1, 2

(48) Corrigendum ausgegeben am:

24.12.2014 Patentblatt 2014/52

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des

Hinweises auf die Patenterteilung:

09.04.2014 Patentblatt 2014/15

(21) Anmeldenummer: **10803055.2**

(22) Anmeldetag: **21.12.2010**

(51) Int Cl.:

B41J 2/21 (2006.01)

B41J 2/165 (2006.01)

B41J 2/125 (2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2010/007811

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2012/083980 (28.06.2012 Gazette 2012/26)

(54) TINTENSTRAHL-DRUCKKOPF MIT INTEGRIERTER OPTISCHER ÜBERWACHUNG DER DÜSENFUNKTION

**INKJET PRINT HEAD WITH INTEGRATED OPTICAL SENSING OF THE NOZZLEFUNCTIONING
TÊTE IMPRIMANTE À JET D'ENCRE AVEC UNE SURVEILLANCE INTEGRÉE DES BUSES**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

30.10.2013 Patentblatt 2013/44

(73) Patentinhaber: **Baumer Innotec AG
8500 Frauenfeld (CH)**

(72) Erfinder: **MASSEN, Robert**

78337 Öhningen (DE)

(74) Vertreter: **Strauss, Steffen**

Baumer Innotec AG

Hummelstrasse 17

Group Intellectual Property

8501 Frauenfeld (CH)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A2- 2 033 791 US-A- 4 510 504

US-A1- 2009 096 826 US-A1- 2009 184 993

EP 2 655 074 B9

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Hochauflösende industrielle Tintenstrahldrucker lösen bei zahlreichen industriellen Dekorationsaufgaben, wie etwa dem Dekorationsdruck von Fußböden und Möbelflächen, bei der Herstellung klassischer Printmedien, beim Verpackungsdruck aber auch bei dem so genannten funktionellen Druck wie der Erzeugung von Schaltkreisen, Solarzellen, Biochips, etc. die klassischen Druckverfahren wie Offset- und Tiefdruck, Siebdruck ab.

[0002] Der Begriff "Tinte" und "Tintenstrahldruck" wird im Rahmen dieser Schrift im allgemeinsten Sinne verstanden. Während bei der Erzeugung graphischer Endprodukte wie Plakate, bedruckte Verpackungen usw. tatsächlich Tinten im engeren Sinn durch die Druckköpfe in Form kleiner Tröpfchen auf das zu bedruckende Substrat wie Papier, Folie, Karton, Textilien usw. geschleudert wird und dieses farblich gestaltet, werden bei dem sog. "funktionellen" Tintenstrahldruck mit einem im Prinzip gleichen Aufbau spezielle Flüssigkeiten auf ein Substrat in Form kleiner Tröpfchen geschleudert, um auf diesem Substrat eine chemische/physikalische Funktionalität zu schaffen: silberhaltige Flüssigkeiten zur Erzeugung von Leiterbahnen, molekularbiologisch aktive Flüssigkeiten zur Erzeugung sog. Bio-Chips, Halbleiter-Flüssigkeiten um Bildschirme zu "drucken" usw.. Alle diese Verfahren werden oft auch unter dem unscharfen Begriff des "Digitaldrucks" bezeichnet.

[0003] Dieser sog. "Digitaldruck" nutzt zumindest im industriellen Bereich vorwiegend piezo-keramische sog. drop-on-demand Druckköpfe, bei welchen durch piezoelektrisch erzeugte Scher- und/oder Druckkräfte kleinste Tintentropfen von typ. 10 Picoliter pro Tropfen mit Wiederholfrequenzen bis zu 20 kHz durch eine große Anzahl eng benachbarter Düsen auf das zu bedruckende Substrat geschleudert werden.

[0004] Neben dem unbestrittenen Vorteil einer quasi direkten Übertragung einer elektronisch gespeicherten Datei auf einen physikalischen Träger, der damit verbundenen Möglichkeit des Druckens kleinerer Chargen usw. bleibt aber ein prinzipieller Schwachpunkt bestehen. Durch die extrem hohe Anzahl von Düsen-Schaltungen pro Flächeneinheit, beispielsweise ca. 100 Millionen pro qm eines zu dekorierten Möbelpaneele, ist die Wahrscheinlichkeit des vorübergehenden oder totalen Versagens einer Düse nicht vernachlässigbar.

[0005] Typische Düsenfehler sind durch Tintenverunreinigung, durch Sedimentation oder durch Luftblasen verstopfte Düsen, nicht mehr korrekt schließende Düsen oder unregelmäßig funktionierende Düsen. Zahlreiche neue Entwicklungen wie die sogenannten "side-shooter" Düsenköpfe der Firma Xaar (www.xaar.com) verringern zwar die Wahrscheinlichkeit solcher Fehlfunktionen, können sie aber nicht gänzlich ausschließen. Die Problematik des Düsenausfalls wird unter anderem in Chry Lynn: "Drops and Spots: Latest Trends in Inkjet Printheads and Printer Design"; SGIA Journal, 4th quarter 2009, pp.14-17 beschrieben.

[0006] Da die technologische Entwicklung zu immer hochauflösenderen Druckköpfen mit immer höheren Schaltfrequenzen geht, wird dieses systemimmanente Problem zunehmen und die weitere Verbreitung einer wirtschaftlich und technologisch überaus interessanten Technik behindern.

[0007] Es hat bereits sehr früh in der Entwicklungsgeschichte der Tintenstrahl-Drucker für den Digitaldruck Bemühungen gegeben, die korrekte Funktion von Tintenstrahldruckern zu überwachen.

[0008] Diese Überwachung kann grundsätzlich auf zwei Ebenen geschehen:

- 15 a) die Überwachung jeder einzelnen Tintenauswurfdüse auf korrekten Tröpfchen-Auswurf durch einen in der Regel berührungslosen Sensor
- b) die Überwachung des Druckergebnisses, in der Regel durch bildgebende Erfassung des bedruckten Substrates (Papier, Holzpaneel, Solarzellen-Glas usw.) mit kamerabasierten Verfahren

[0009] So hat die Firma Siemens AG, München bereits in 1991 in der WO 91/00807 ein Verfahren beschrieben, bei welchem mit Hilfe eines Wärmesensors den Austritt des (warmen) Tintentröpfchens aus der Düse berührungslos erfasst wird.

[0010] Im US Patent 6,350,006 wird weiterhin gelehrt, die optische Dichte des durch die Tröpfchenexplosion gebildeten Tintenvorhangs mit Hilfe von Photosensoren zu überwachen.

[0011] Die Firma Hewlett-Packard setzt bei ihrem industriellen Tintenstrahlgroßdrucker HPT300 Color Inkjet Web Press ein eigenes kamerabasiertes Bildverarbeitungssystem ein, welches ein in periodischen Abständen gedrucktes Testmuster erfasst und hierdurch Düsenfehler erkennt.

[0012] Die Auswirkung der Erkennung einer Fehlfunktion in einem Tintenstrahl-Druckkopf ist in der Regel ein Anhalten der laufenden Produktion und eine Wartung/Reinigung der betroffenen Druckköpfe. Es besteht kein Zweifel daran, dass ein solches temporäres Anhalten die Produktivität stark verringert und damit sehr kostspielig ist.

Darüber hinaus hat es eine Reihe von Vorschlägen gegeben, die visuelle Auswirkung von unvermeidlichen Druckfehlern zu minimieren, d.h. beim Auftreten eines Druckfehlers Maßnahmen zu treffen, um die visuelle Auswirkung der ausgefallenen Düsen zu minimieren ohne die Produktion zu stoppen.

So wird in dem US Patent 6,786,568 B2 ein Verfahren beschrieben, mit Hilfe einer Reihe zusätzlicher Düsen die fehlerhaften Stellen mit einer gesonderten Farbe zu überdrucken, um die optische Erkennung zu vertuschen. Dies setzt aber eine ausreichend robuste Erkennung der Düsenfehlfunktion voraus.

[0013] In der Dissertation von Jia WEI "Silicon MEMS for Detection of Liquid and Solid Fronts", TU Delft, 13. July 2010, Chapter 4: "Liquid Surface Position Detection

for Inkjet Meniscus Monitoring" wird weiterhin beschrieben, wie durch extrem miniaturisierte Sensoren innerhalb einer Tintenstrahldüse die korrekte Ausbildung des Tintenmeniskus kapazitiv überwacht werden kann.

[0014] Auch das Dokument US 7841682 beschreibt einen solchen Tintenstrahldrucker.

[0015] Trotz dieser genannten bekannten Verfahren zur Überwachung der einzelnen Düsen eines Tintenstrahldruckers werden heute wegen der Unzuverlässigkeit und Komplexität dieser zusätzlichen Überwachungsorgane Tintenstrahldruckköpfe selten mit einer integrierten individuellen Düsenüberwachung ausgeliefert und eingesetzt. Die Endkunden behelfen sich mit dem häufigen Druck und der Auswertung von Testmustern und nehmen bisher die damit verbundenen Produktionsausfälle in Kauf.

[0016] Es gibt daher ein hohes wirtschaftliches und technologisches Interesse an einem Verfahren und einer Anordnung zum Durchführen des Verfahrens welches es ermöglicht, Tintenstrahl-Druckköpfe herzustellen und zu betreiben, welche über eine integrierte kostengünstige Überwachung der einzelnen Düsen mit möglichst wenig zusätzlichen Arbeitsgängen und Komponenten verfügen.

[0017] Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0018] Demgemäß ist ein Tintenstrahldrucker für das Bedrucken eines Substrates mit graphischen und/oder funktionellen Tinten vorgesehen, welcher zumindest einen Druckkopf aufweist, wobei in den oder die Druckköpfe eine optische Einrichtung zur Überwachung der korrekten Funktion der Tintenstrahldüsen integriert ist, welche mittels des Lichts einer Lichtquelle die von den Düsen ejektierten Tropfen aus Richtung der Düsen durch den Druckkopf hindurch durch zeitlich konstante oder zeitlich veränderliche Beleuchtungssignale beleuchtet, wobei die optische Einrichtung zumindest ein lichtleitendes Element aufweist, durch welches das von den aus der Düse ausgestoßenen Tropfen rückwärts in Richtung der Düsen reflektierte Licht während des Tropfenfluges auf lichtempfindliche Sensoren, beziehungsweise Lichtsensoren leitbar ist, und wobei eine Auswerteeinrichtung vorgesehen ist, welche aus dem spezifischen zeitlichen Verlauf der Sensorsignale die korrekte Formung und das korrekte Herausschleudern der Tropfen geschlossen überprüft wird.

[0019] Der erfindungsgemäße Tintenstrahldrucker verfügt damit über eine integrierte optische Überwachung der korrekten Funktion jeder der die Tinte auf das Substrat schleudernden Düsen. Hierzu werden die von den Düsen ejektierten Tropfen aus der Richtung der ejizierenden Düsen beleuchtet und das von dem wegfliegenden Tropfen rückwärts reflektierte Licht während des Tropfenfluges auf die lichtempfindlichen Sensoren geleitet. Aus dem spezifischen zeitlichen Verlauf dieser elektrischen Sensorsignale kann damit die korrekte Düsen-

funktion im Prinzip sogar bei jedem einzelnen Tropfen überprüft werden.

[0020] Erfindungsgemäß wird also mit anderen Worten eine im Druckkopf integrierte optische Überwachung des Tröpfchen-Ausstosses jeder einzelnen Düse dadurch erreicht, dass die ausgestoßenen Tröpfchen durch eine oder mehrere transparente Teile des Druckkopf hindurch von einer Lichtquelle im Auflicht beleuchtet werden, wobei das an den aus der Düse heraus geschleuderten Tröpfchen reflektierte Licht zurück über eine oder mehrere transparente Teile des Druckkopfs auf zumindest einen Lichtsensor geleitet wird.

[0021] Sowohl die Leitung des beleuchtenden Lichtes hin zu dem aus der Düse wegfliegenden Tropfen als auch die Rückleitung des am Tropfen während seines Fluges zurück in Düsenrichtung reflektierte Licht werden vorzugsweise über zumindest ortsweise transparente und lichtleitende Teile im Druckkopf übernommen.

[0022] Die Anordnung lässt sich insbesondere durch den Einsatz transparenter und lichtleitender Piezokeramiken soweit miniaturisieren, dass jede einzelne Düse überwacht werden kann. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist daher ein piezokeramischer Druckkopf vorgesehen, welcher zumindest bereichsweise aus lichtleitendem keramischen Material besteht, wobei die Lichtquelle und die lichtempfindlichen Sensoren so angeordnet sind, dass die Hinleitung des Lichts von der zumindest einen Lichtquelle oder die Rückleitung des an den von den Düsen ausgestoßenen Tropfen reflektierten Lichtes durch das lichtleitende keramische Material hindurch erfolgt.

[0023] Die transparenten Teile des Druckkopfs können dabei durch transparentes und lichtleitendes piezokeramisches Material des Druckkopfs gebildet werden. Alternativ oder zusätzlich können lichtleitende Elemente im Druckkopf integriert werden, welche das Licht durch den Druckkopf in den Tropfenejektionsraum und von dort zurück durch den Druckkopf zu einem Sensor leiten.

[0024] Der Erfindungsgedanke umfasst eine Vielzahl von Möglichkeiten der Beleuchtung. Unter anderem sind im Rahmen der Erfindung folgende Anordnungen möglich:

a) die Beleuchtung aller Tropfenaustrittsräume durch eine gemeinsame Beleuchtungsquelle; diese kann aus Dauerlicht bestehen oder aber im Rhythmus des Tröpfchenaustritts gepulst werden.

b) die gepulste Beleuchtung jeweils nur eines Tropfenaustrittsraumes und die Überprüfung nur der entsprechenden Düse zu diesem Zeitpunkt. Eine solche Auslegung vermeidet evtl. störendes Fremdlicht und Übersprechen zwischen den einzelnen Kanälen.

c) Kombinationen der beiden Szenarien a) und b), beispielsweise die gleichzeitige Beleuchtung beschränkt auf nicht benachbarte Düsenräume, um optisches Übersprechen zu verhindern.

[0025] Durch ein schnelles Pulsen der Beleuchtung kann weiterhin die Reflexion am fliegenden Tropfen zu diskreten und bekannten Zeitpunkten aufgenommen werden. Hierdurch lassen sich beispielsweise nach dem in der Signalverarbeitung bekannten lock-in Betrieb durch ebenfalls zeitlich synchrones Auslesen des Bildsensors eine deutliche Verbesserung des Signal/Rauschverhältnisses erzielen.

[0026] Mit dem erfundungsgemäßen Tintenstrahldrucker ist damit allgemein ein Verfahren zum Überprüfen der Funktion des Tintenstrahldruckers durchführbar, wobei der Tintenstrahldrucker einen Druckkopf mit mehreren Düsen, den Düsen zugeordnete Lichtsensoren und zumindest eine Lichtquelle aufweist, wobei während des Drucks auf ein Substrat während der Ejektion eines Tintentropfens Licht einer Lichtquelle durch zumindest ein lichtleitendes Element durch den Druckkopf hindurch zur Tropfenaustrittsseite des Druckkopfs geleitet, das Licht an einem vom Druckkopf erzeugten und herausgeschleuderten Tropfen reflektiert, in ein lichtleitendes Element des Druckkopfs wieder eingekoppelt und durch das lichtleitende Element zu einem der Düse, welche den Tintentropfen herausschleudert, zugeordneten Lichtsensor geleitet wird, und wobei das von dem Lichtsensor abgegebene Signal ausgewertet wird, indem das Signal mit Referenzwerten verglichen und bei einer Abweichung des Signals von den Referenzwerten eine fehlerhafte Funktion der Düse ermittelt wird. Die Referenzwerte können dabei auch Referenzbereiche sein, beziehungsweise Referenzbereiche festlegen.

[0027] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und den beigeschlossenen Figuren näher erläutert. Dabei verweisen in den Figuren gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder entsprechende Elemente.

Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht eines piezokeramischen Druckkopfs nach dem "side-shooter"-Prinzip.

Fig. 2 zeigt eine Weiterbildung eines Druckkopfs gemäß der Erfindung.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Druckkopfs mit einer Düsenplatte 6, welche Aussparungen oder Fenster aufweist, um das zur Beleuchtung des Tropfen-Ejektionsraumes eingesetzte Licht aus den dahinterliegenden transparenten und lichtleitenden Kanalstegen auszukoppeln, sowie um das an einem ejektierten Tropfen während seiner Flugbahn reflektierte Licht wieder in Kanalstege einzukoppeln und zu Lichtsensoren an der Rückseite des Druckkopfes zu leiten.

Fig. 4 zeigt eine alternative Ausführung mit einem über die gesamte Breite des Druckerkopfes reichenden Beleuchtungsschlitz 41 und mit bei-

spielsweise N=9 Öffnungen 42, um das an den ejektierten Tropfen während deren Flugbahn zurück reflektierte Licht in die zu den Lichtsensoren an der Rückseite des Druckerkopfes führenden lichtleitenden Kanalstege einzukoppeln.

Fig. 5 zeigt eine alternative Ausgestaltung der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform.

Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 7 zeigt schematisch Signalverläufe, wie sie mit einer erfundungsgemäßen Anordnung mit Lichtsensor und Beleuchtung eines Tintentropfens durch den Druckkopf hindurch erhalten werden. Das oberste Diagramm zeigt den Signalverlauf S0(t) eines von der Lichtquelle eingespeisten Beleuchtungsimpulses, das mittlere Diagramm den Signalverlauf S1(t) des vom korrekt ejektierten Tropfen während seiner Flugbahn rückwärts reflektierten Lichtes und das untere Diagramm den Signalverlauf S2(t) des bei einem fehlenden oder fehlerhaft ausgebildeten Tropfen reflektierten Lichtes, aufgetragen über der Zeit t der Flugdauer.

Fig. 8 zeigt als Blockschaltbild eine Schaltung für die Steuerung der Beleuchtung und Auswertung der Lichtsignale.

Fig. 9 zeigt die Erfassung der Reflektionen eines von einer einzelnen aktiven Düse Do, 611, erzeugten Tropfens 22 mit mehreren Aufnahmekanälen, beziehungsweise durch mehrere benachbarte Lichtsensoren.

[0028] In Fig. 1 ist zunächst eine Ansicht eines piezokeramischen Druckkopfs 1 nach dem "side-shooter"-Prinzip gezeigt. Der Druckkopf umfasst einen undurchsichtigen piezo-keramischen Grundkörper 7, in welchem sich Tintenkanäle 3 mit einem rechteckigen Querschnitt befinden. Die Tinte wird jedem der länglichen Kanäle 3 gleichzeitig von der Seite 4 her, zu welcher die Kanäle 3 offen sind, zugeführt. Der Grundkörper wird noch von einem Deckelelement 8 abgeschlossen, welches bei der in Fig. 1 gezeigten Bauform die Seite 4 verschließt. Das Deckelelement ist in Fig. 1 zum Zwecke der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

[0029] Die Stege zwischen den länglichen Kanälen sind mit flächigen Elektroden 2 ausgestattet. Diese werden zum Ausstoss eines Tintentropfens mit einer Treiberspannung beaufschlagt, die im piezoelektrischen Material Scherkräfte erzeugt und damit die Kanalwände verformt. Diese schnelle Verformung überträgt einen Druckimpuls auf die Tinte in dem Kanal, so dass diese auf der Stirnseite 5 als kleinstes Tröpfchen heraus geschleu-

dert wird. Der plötzliche Druckstoß treibt einen sehr kleinen Tropfen mit einem Volumen von typischerweise einigen zehn Picolitern, beispielsweise etwa 40 Picoliter aus der Düse auf der Stirnseite 5 aus. An der Stirnseite 5 ist zur Tröpfchenformung eine Blenden- oder Düsenplatte 6 mit jeweils einer Düsenöffnung 61 pro Kanal 3 befestigt, welche zur besseren Darstellung in Fig. 1 aber von der Stirnseite 5 getrennt dargestellt ist. Typisch sind weiterhin Auswurf-Frequenzen von 5000 bis 20.000 Tröpfchen pro Sekunde. Ohne Beschränkung auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, die Treiberspannung, die Düsengröße und die Tinte (insbesondere deren Oberflächenspannung und Viskosität) so zu wählen, dass beim Anlegen der Treiberspannung ein Tröpfchen der Größe 10 bis 100 Picoliter erzeugt wird.

[0030] Der in Fig. 1 gezeigte Druckkopf weist zwölf Kanäle 3 auf. Selbstverständlich kann die Anzahl der Düsenkanäle 3 nahezu beliebig variiert werden.

[0031] Der piezo-keramische Grundkörper wird typischerweise aus einer PLZT Keramik gefertigt. Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, diesen piezokeramischen Grundkörper zumindest teilweise aus transparenter und lichtleitender PLZT Keramik oder einem ähnlichen lichtleitenden piezokeramischen Material herzustellen und/oder zu verwenden.

[0032] Die Herstellung solcher zumindest in einem eingeschränkten Wellenlängenbereichen transparenten piezo-keramischer Werkstoffe wird von den Autoren K. Nagata et al. in der Fachzeitschrift Ceramurgia International, Volume 3, Ausgabe 2, 1977, Seite 53-56, Verlag Elsevier Sciences Ltd in einem Beitrag mit dem Titel "Vacuum Sintering of Transparent Piezo-Ceramics" beschrieben. Die darin beschriebenen transparenten piezoelektrischen Materialien werden demgemäß vollumfänglich auch zum Gegenstand der Erfindung gemacht.

[0033] Gillespie et al. beschreiben in der WO 2007/007070 A1 vom 10.7.2006 ebenfalls solche optisch transparente piezo-keramische Materialien aus Lithium Niobat.

[0034] Die Begriffe "transparent", "optisch leitend" und "Licht" sind im Rahmen dieser Anmeldung im weitesten Sinne zu verstehen; das betrachtete Licht kann in Bereich der für das menschliche Auge sichtbaren aber auch der unsichtbaren Wellenlängen liegen; es kann breitbandig oder schmalbandig, inkohärent oder kohärent sein. Erfindungsgemäß wird weiterhin unter einer Lichtquelle sowohl eine zeitlich konstante als auch eine geschaltete Lichtquelle verstanden. Dieser erweiterte Begriff betrifft auch die Propagation von Licht im Innern eines sog. "transparenten" piezo-keramischen Materials. Auch die "Transparenz" bzw. "Lichtleitfähigkeit" kann entsprechend breitbandig oder schmalbandig, gerichtet oder diffus sein.

[0035] Fig. 2 zeigt dazu eine erfindungsgemäße Ausgestaltung eines Druckerkopfes nach Fig. 1. Der Grundkörper 1 umfasst hier ein transparentes, lichtleitendes, piezokeramisches Material 21. Mittels einer Lichtquelle

23 wird Licht gleichzeitig in jeden zweiten transparenten Steg 10 des Grundkörpers 1 eingekoppelt. Das Licht wird an der Frontseite 5 des Druckkopfs wieder ausgekoppelt. Damit wird die Beleuchtung ausgestossener Tropfen 22 mit einer Lichtquelle 23 ermöglicht, die aus Platzgründen gar nicht oder nur unter großen Schwierigkeiten noch zwischen dem Druckkopf und dem gegenüber der Frontseite 5 angeordneten, zu beschichtenden Substrat angeordnet werden könnte. Die Rückübertragung des am Tropfen 22 reflektierten Lichts kann über die benachbarten, nicht von der Lichtquelle 23 durchleuchteten Stegen erfolgen. Diesen nicht durchleuchteten Stegen 10 sind Lichtsensoren 24 an der Rückseite des Druckerkopfes 1 zugeordnet und detektieren das reflektierte und durch die Stege 10 zurückgeleitete Licht. Ohne Beschränkung auf das in Fig. 2 gezeigte Ausführungsbeispiel werden also die Stege 10 als Bestandteil der integrierten optischen Einrichtung verwendet, mit welcher das Licht durch den Druckkopf geleitet wird. Demgemäß basiert diese Ausführungsform der Erfindung darauf, dass der Druckkopf Tintenkanäle aufweist, welche durch Stege 10 begrenzt werden, wobei die Stege 10 Bestandteil der optischen Einrichtung sind und für das Licht der Lichtquelle 23 transparent sind, und wobei die Lichtquelle 23 und die Lichtsensoren so angeordnet sind, dass die Stege das Licht der Lichtquelle durch den Druckkopf hindurch auf einen ejektierten Tropfen oder das von einem ejektierten Tropfen reflektierte Licht durch den Druckkopf hindurch zu einem Lichtsensor leiten.

[0036] Um nach dem Erfindungsgedanken den Verlauf der korrekten Tröpfchenbildung für jede Düse durch eine integrierte Vorrichtung und ein hierfür geeignetes Verfahren überwachen zu können, ist also allgemein, ohne Beschränkung auf die in Fig. 2 gezeigte Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, den Grundkörper 1 zumindest in einigen Teilen aus für das Licht einer Lichtquelle lichtdurchlässigem piezokeramischen Material 21 herzustellen, beziehungsweise zu verwenden. Solche transparente piezo-elektrische Materialien sind geeignet, das Licht einer Lichtquelle 23 zwecks Beleuchtung in den Tropfen-Ejektionsraum 20 hin zu leiten und das von einem ejektierten Tropfen 22 reflektierte Licht zurück zu einem oder mehreren Lichtsensoren 24 zu leiten.

[0037] Hierzu wird Licht beispielsweise aus der Lichtquelle 23 in jeden zweiten transparenten Steg 10 von der Rückseite 7 her für die Beleuchtung des Tropfen-Ejektionsraums 20 eingekoppelt. Dieses Licht wird entlang des Steges bis in den Ejektionsraum 20 geleitet und beleuchtet, dort den ejektierten Tropfen 22 näherungsweise in Richtung der Tropfen-Trajektorie. Das an dem Tropfen zurück reflektierte Licht wird beispielsweise über den benachbarten, nicht von der Lichtquelle 23 beleuchteten Kanalwandsteg aufgefangen und durch den lichtleitenden Steg 10 zur Rückseite des Druckkopfes 1 geleitet und in einen 4-fach Lichtsensor 24 eingekoppelt. Das durch den Lichtsensor erzeugte, als Beispiel in Fig. 2 dargestellte elektrische Signal S, Bezugszeichen 25, bildet damit in Form eines zeitlichen Spannungs- oder

Stromverlaufs die am ejektierten Tropfen reflektierte Lichtmenge über der Zeit t ab.

[0038] Der Erfindungsgedanke umfasst daher gegenüber dem Stand der Technik zwei Neuheiten:

- a) anstatt den aus der Düse ejektierten Tropfen beispielweise mit einer Kamera aus einer Position quer zur Trajektorie zu beobachten wird der Tropfen in Richtung seiner Trajektorie von der Düse bis zum Auftritt auf das zu bedruckende Substrat, vorzugsweise nicht bildgebend, beobachtet
- b) anstatt ein Bild des Tropfens zu verschiedenen Zeitpunkten aus der Seitenansicht ortsaufgelöst zu erfassen wird die vom fliegenden Tropfen rückwärts reflektierte Lichtmenge zeitaufgelöst gemessen

[0039] Da wie oben beschrieben, bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform sowohl die Einkopplung des Lichts der Lichtquelle, als auch die Detektion des von den Tropfen reflektierten Lichts jeweils an der Rückseite des Druckkopfs erfolgt, basiert diese Ausführungsform der Erfindung weiterhin auf folgenden Merkmalen:

- Der Druckkopf weist eine Vorderseite 5 auf, aus welcher Tintentröpfchen ausschleuderbar sind, sowie eine der Vorderseite gegenüberliegende Rückseite.
- Die Lichtquelle ist so angeordnet, dass deren Licht in die Rückseite eingekoppelt und durch den Druckkopf 1 zur Vorderseite 5 geleitet wird.
- Die Lichtsensoren 24 sind so angeordnet, dass von herausgeschleuderten Tropfen reflektiertes, in die Vorderseite eintretendes und durch den Druckkopf 1 zur Rückseite geleitetes Licht von den Lichtsensoren 24 detektierbar ist.

[0040] Fig. 3 zeigt skizzenhaft die Düsenplatte 6 mit bei diesem Beispiel $N=8$ Düsenöffnungen 61 sowie die für die Lichtleitung genutzten $N=8$ optischen Öffnungen oder Fenster zu den Kanalstegen 10 aus transparentem piezokeramischen Material, wobei jeweils die Hälfte dieser Öffnungen 33 Licht zur Beleuchtung austreten lassen und die andere Hälfte dieser Öffnungen 34 das von dem Tropfen zurück reflektierte Licht empfangen und an den Lichtsensor an dem der Düsenplatte gegenüberliegenden Rückseite des Druckkopfes leitet. Gemäß dieser Weiterbildung der Erfindung ist also allgemein vorgesehen, dass der Druckkopf eine Düsenplatte 6 aufweist, in welcher die Düsen 61 für die Tropfenejektion angeordnet sind, wobei die Düsenplatte Fenster oder Aussparungen aufweist, um das durch den Druckkopf geleitete Licht der Lichtquelle 23 auszukoppeln oder das an einem Tröpfchen reflektierte Licht in den Druckkopf einzukoppeln. Dabei kann auch die gesamte Düsenplatte 6 als Fenster ausgebildet sein, wenn die Düsenplatte 6 aus transparentem Material gefertigt ist. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung werden die Austrittsöffnungen, Fenster oder Aussparungen durch allgemein strahlformende, insbesondere auch abbildende oder fokussierende opti-

sche Elemente abgeschlossen. Allgemein können demgemäß an der Düsenplatte strahlformende, insbesondere auch fokussierende optische Elemente angeordnet sein. Dazu können eingesetzt werden:

- 5 a) strahlformende Optiken welche die Beleuchtung auf die SOLL-Trajektorie der Tintentropfen konzentrieren
- 10 b) abbildende Optiken, welche das vom Tropfen reflektierte Licht auf die Öffnungen in der Düsenplatte konzentrieren, welche das Licht auf die Lichtsensoren 24 leiten.

[0041] Diese Optiken werden vorzugsweise aus diffraktiven optischen Elementen gebildet, welche bei Verwendung von schmalbandigen Beleuchtungen besonders einfach herzustellen sind.

[0042] Bei den in den Fig. 2 und Fig. 3 gezeigten Beispielen wird jeweils, wie oben beschrieben, durch erste Stege 10 jeweils Licht hin zum Tropfenejektionsraum 20 und durch benachbarte, beziehungsweise intermittierend angeordnete zweite Stege dort reflektiertes Licht zurück durch den Druckkopf zu den Sensoren geleitet. Demgemäß ist in weiterer Ausgestaltung der Erfindung, ohne Beschränkung auf die speziellen Beispiele der Fig. 2 und Fig. 3 vorgesehen, dass die Lichtquelle 23 und die Detektoren 24 so angeordnet sind, dass erste Stege Licht von der Lichtquelle 23 zur Tropfenaustrittsseite des Druckkopfs, hier also der Frontseite 5 leiten und zweite Stege von Tropfen reflektiertes Licht durch den Druckkopf 1 hindurch zu den Lichtsensoren 24 leiten, wobei die ersten und zweiten Stege abwechselnd angeordnet sind.

[0043] Fig. 4 zeigt eine alternative oder zusätzliche Auslegung der Anordnung, bei welchem der lichtleitend ausgebildete keramische Bodenteil 100 des Druckkopfes 1 zur Zuführung von Beleuchtungslicht in den Tropfenaum genutzt wird. Dieses wiederum auf der Rückseite eingekoppelte Licht tritt beispielsweise im unteren Bereich der Düsenplatte 6 schlitzförmig aus. Bei dieser Variante einer für alle in diesem Beispiel $N=8$ Düsenräume gemeinsamen Beleuchtung können alle Kanalsteg 10 über die entsprechenden Düsenschlitze als Aufnehmer für das von den ausgeschleuderten Tropfen reflektierten Lichtes genutzt werden. Damit kann auf der Rückseite entsprechend für jeden Kanalsteg 10 ein Lichtsensor 24 vorgesehen werden.

[0044] In den Fig. 3 und 4 ist weiterhin auch das Deckelelement 8 dargestellt, welches die schlitzförmigen Tintenkanäle seitlich verschließt.

[0045] Die in Fig. 4 gezeigte Ausführungsform der Erfindung basiert also, ohne Beschränkung auf die beispielhaft dargestellte Ausführung darauf, dass der Druckkopf einen piezokeramischen Grundkörper 7 aufweist, der von einem Deckelelement 8 abgeschlossen ist, wobei der piezokeramische Grundkörper ein lichtleitend ausgebildetes keramisches Bodenteil 100 aufweist, wobei die Lichtquelle 23 so angeordnet ist, dass deren Licht

durch das keramische Bodenteil 100 hindurch zur Seite des Druckkopfs, welche die Düsen aufweist, also die Frontseite 5, geleitet wird.

[0046] Fig. 5 zeigt eine alternative Ausgestaltung der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform mit prinzipiell gleichem Aufbau, aber mit dem Unterschied, dass jeder der beleuchtende Stege 10 des Druckkopfs 1 von einer eigenen, im Rhythmus der Tropfen-Ejektion individuell schaltbaren Lichtemitter 231 beleuchtet wird und damit selektiv einzelne Tropfkanäle ohne gegebenenfalls störendes optisches Übersprechen durch benachbarte Düsen optisch überwacht werden können. Demgemäß umfasst die Lichtquelle 23 hier mehrere Lichtemitter 231, die so angeordnet sind, dass ein Emitter jeweils nur einen Kanalsteg 10 beleuchtet, wobei eine Beleuchtungssteuerungs-Einheit 84 vorgesehen ist, welche einen Lichtemitter 231 dann anschaltet, wenn ein zum Kanalsteg 10 gehörender, beziehungsweise vom Kanalsteg 10 begrenzter Tintenkanal 11 angesteuert wird, um einen Tintentropfen auszuschleudern, so dass der ausgeschleuderte Tintentropfen mittels des Lichtemitters 231 durch den Druckkopf hindurch beleuchtet wird. Mit anderen Worten wird also jeder der beleuchtenden Stege von einem eigenen, im Rhythmus der Tinten-Ejektion angesteuerten Lichtemitter 231 beleuchtet, so dass immer nur zum Zeitpunkt der Tropfenejektion oder innerhalb eines die Tropfenejektion einschließenden Zeitfensters ein Kanalsteg den ihm zugeordneten Ejektionsraum beleuchtet. Hierfür werden vorzugsweise schnell gepulste Leuchtdioden als Lichtemitter verwendet. Diese Weiterbildung der Erfindung ist auch nicht auf die spezielle Ausführungsform der Erfindung mit lichtleitenden Stegen 10 beschränkt, sondern allgemein auf lichtleitende Elemente als Bestandteil des Druckkopfs anwendbar. Demgemäß ist in Ausgestaltung der Erfindung allgemein vorgesehen, dass die Lichtquelle 23 mehrere Lichtemitter 231 umfasst, wobei jedem Lichtemitter 231 ein lichtleitendes Element zugeordnet ist, in welches das Licht des Lichtemitters einkoppelbar ist, und wobei den Lichtemittern 231 unterschiedliche Düsen zugeordnet sind, und die lichtleitenden Elemente so angeordnet sind, dass durch einen Lichtleiter geführtes Licht jeweils lokal den Bereich vor dem Druckkopf beleuchtet, in den von einer zugeordneten Düse Tropfen herausschleuderbar sind, und wobei eine Beleuchtungssteuerungs-Einheit 84 vorgesehen ist, welche so eingerichtet ist, dass sie die Lichtemitter 231 individuell anschaltet, wenn ein Tropfen durch eine zugeordnete Düse 61 herausgeschleudert wird.

[0047] Fig. 6 verdeutlicht beispielhaft eine besonders einfache Gestaltung der Beleuchtungs-Zuführung und der Rückleitung des vom Tropfen während seiner Trajektorie reflektierten Lichtes zu den Lichtsensoren 24. Bei dieser Ausführungsform wird der Tropfenejektionsraum 20 schlitzförmig, beziehungsweise fächerförmig durch das transparente keramische Bodenteil 100 beleuchtet und über in dem keramischen Deckelelement 8 eingelassene lichtleitende Zonen oder Strukturen 80, wie beispielsweise eingelassene Glasfasern das von den

Tropfen reflektierte Licht zurück an die Lichtsensoren 24 auf der Rückseite des Tintenstrahlkopfes geleitet wird.

[0048] Ähnlich wie bei der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform wird also der Tropfenaum-Ejektionsraum 20 5 schlitzförmig über die gesamte Breite beleuchtet durch eine lichtleitende Zone 101 im Bodenteil 100 des Grundkörpers 7 des Druckkopfes 1. Die lichtleitende Zone 101 kann durch das Bodenteil 100 selbst gebildet sein oder ein Bereich des Bodenteils 100 ist lichtleitend ausgebildet.

[0049] Alternativ zu eingelassenen Lichtleitern kann das reflektierte Licht auch über die gesamte Breite des Deckelelements 8 schlitzförmig aufgenommen und durch das Deckelelement 8 auf die Rückseite des Druckkopfs 1 geleitet werden. Allerdings können bei dieser sehr einfachen Anordnung unter Umständen nur Szenarien ausgewertet werden, bei welchen jeweils nur eine Düse aktiv ist, so dass sich keine Signale von mehreren gleichzeitig ejektierten Tropfen störend überlagern.

[0050] Fig. 7 verdeutlicht anhand von drei Diagrammen die von dem Lichtsensor 24 erzeugten Spannungssignale als Funktion der Zeit. In diesem Beispiel wird eine gepulste Lichtquelle verwendet, wie sie beispielhaft anhand der in Fig. 5 gezeigten Ausführungsform erläutert 20 wurde. Der im oberen Diagramm gezeigte Spannungsverlauf $S_0(t)$ stellt den Spannungsimpuls dar, mit welchem die beleuchtende Lichtquelle 23 angesteuert wird; die Frequenz entspricht der Tropfenfrequenz, typischerweise 5 bis 10 kHz; die Impulsdauer wird vorzugsweise 25 so gewählt, dass sie etwas kürzer ist als die Flugdauer des ejektierten Tröpfchens.

[0051] Wird ein Tropfen erzeugt und korrekt ausgeschleudert, so erzeugt die auf den Lichtsensor 24 reflektierte Lichtmenge ein im mittleren Diagramm dargestelltes Signal $S_1(t)$, welches der Reflexion des rückgestreuten Beleuchtungslichtes an dem sich von der Austrittsdüse 61 weg bewegenden Tropfen entspricht. Diesem Signal ist in der Regel einem Hintergrundsignal h_0 überlagert, welches von ungewünschten, nicht am fliegenden 30 Tropfen entstehenden Reflexion des eingespeisten Lichtes herrührt. Solche unerwünschte Hintergrundsignale können auch durch unvermeidbare optische Kopplungen zwischen den Kanalwänden, benachbarten Tropfen oder dem zu bedruckenden Substrat herrühren. Da sie aber 35 im Wesentlichen konstant sind, können sie leicht fortlaufend oder in vorgegebenen Zeitabständen gemessen und kompensiert werden.

[0052] Bei einem fehlenden oder falsch ausgebildeten Tropfen wird ein signifikant unterschiedliches Signal 40 $S_2(t)$ erzeugt, aus welchem die zu geringe Menge an rückwärts reflektiertem Licht durch den fehlenden Tropfen klar erkennbar ist. Ein solches Signal ist beispielhaft im unteren Diagramm der Fig. 7 dargestellt.

[0053] Fig. 8 zeigt ein Blockschaltbild für eine Steuer- und Auswerteschaltung zur Steuerung des erfindungsgemäßen Druckkopfes. Diese Steuer- und Auswerteschaltung umfasst Einrichtungen zur Steuerung der Beleuchtung und zur Auswertung der von den Lichtsenso- 45

ren 24 empfangenen Lichtsignale, also der erfindungsgemäßen Auswerteeinrichtung.

[0054] Die Steuer- und Auswerteschaltung umfasst einen Rasterbild-Prozessor (RIP) 81. Dieser generiert Ansteuersignale 82 für die Düsen des Druckkopfs 1 anhand einer zu druckenden Datei 80. Mit Hilfe der von den gleichen Ansteuersignalen 82 oder aus diesen Ansteuersignalen abgeleiteten Signalen wird die Beleuchtungssteuerungs-Einheit 84 angesteuert. Demgemäß ist nach dieser Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass der Tintenstrahldrucker einen Rasterbild-Prozessor 81 umfasst, welcher dazu eingerichtet ist, die Daten einer Druckdatei in Ansteuersignale für die Düsen des Druckkopfs 1 umzusetzen, wobei der Druckkopf 1 eingerichtet ist, unter Ansprechen auf die Ansteuersignale aus den Düsen Tintentropfen herauszuschleudern, und wobei die Beleuchtungssteuerungs-Einheit 84 eingerichtet ist, unter Ansprechen auf die Ansteuersignale die den Düsen, für welche die Ansteuersignale bestimmt sind, zugeordneten Lichtemitter 231 individuell anzuschalten.

[0055] Die vom Druckkopf 1 emittierten Tröpfchen bedrucken ein Substrat 85, welches in bekannter Weise während des Drucks zur Erzeugung eines flächigen Druckbildes entsprechend der Druckdatei relativ zum Druckkopf 1 bewegt wird.

[0056] Mit der in Fig. 8 gezeigten Ausführungsform kann nach einer gewünschten Regel die Beleuchtung und Überprüfung der Düsen durch die Prüfeinheit 86 festgelegt werden. Das Ergebnis der Prüfung wird über Datenleitungen 87 einer übergeordneten Recheneinheit 79 mitgeteilt. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung wird die Information über ausgefallene Düsen zurück an den Rasterbild-Prozessor 81 geleitet um dort lokale Änderungen in der Druckdatei 80 zu erzeugen, welche geeignet sind, den durch die fehlerhafte Düse erzeugten Fehler visuell weniger auffällig erscheinen zu lassen. Allgemein ist also gemäß dieser Weiterbildung der Erfindung, ohne Beschränkung auf die in Fig. 8 gezeigte Ausführungsform vorgesehen, mittels der Auswerteeinrichtung eine Druckdatei, welche Daten eines Druckbilds erhält, unter Ansprechen auf die Erkennung, dass zumindest eine der Düsen des Druckkopfs fehlerhaft arbeitet, zu ändern.

[0057] Interessant für die genauere Prüfung einer Düse sind auch Beleuchtungszenarien bei denen eine "freigestellte" Düse aktiviert ist, d.h. wenn in einer Druckzeile eine aktive 611 Düse von K-1 inaktiven Düsen 612 eingerahmt ist. Wie in Fig. 9 am Beispiel von 9 Düsen 611, 612 einer Düsenplatte 6 gezeigt, können in diesem Fall die Lichtsensoren 242, welche benachbarten Düsen 612, beziehungsweise Aufnahmekanälen zugeordnet sind, zusätzlich zu dem der zentralen, aktiven Düse 611 zugeordneten Lichtsensor 241, beziehungsweise dem zugeordneten Aufnahmekanal abgefragt werden. Damit kann zusätzliche Informationen über die Breite des ejektierten Tropfens, seiner Symmetrie, evtl. auftretenden "Satelliten"-Tröpfchen in Form eines diskreten 2-dimensionalen Signalgebirges $S [t_i, x_i]$ gewonnen und durch

die Auswerteeinrichtung ausgewertet werden. Durch eine solche Art der Signalaufnahme und -auswertung können die Nachteile einer nicht bildgebenden, mit Kameras aufgenommenen Düsenprüfung weitgehend ausgeglichen werden.

[0058] Wenn eine gepulste Beleuchtung wie bei dem in Fig. 5 gezeigten Beispiel verwendet wird, können entsprechende Beleuchtungszenarien unmittelbar aus dem Signal des Rasterbild-Prozessors 81, welches die Piezo-Elemente der einzelnen Düsen ansteuert, abgeleitet werden. Falls immer nur zu jedem Druckzeitpunkt eine Düse 611, 612 überprüft werden soll, wird die Beleuchtung und die Signalauswertung nur dann gestartet, wenn aus dem Rasterbild-Prozessor 81 eine Druckkopf-Ansteuerung erfolgt, bei welcher nur eine der N Düsen aktiv ist.

[0059] Hierzu wird bei der Schaltung nach Fig. 8 die zu druckende Datei 80 mit Hilfe des Rasterbild-Prozessors 81 in eine schnelle Folge von N-fach Steuersignalen 82 des Druckkopfes umgewandelt. Dieses Signal wird in die Beleuchtungssteuerungs-Einheit 84 geleitet, welche anhand von einstellbaren Parametern der gewünschte Beleuchtungs- und Prüfablauf erzeugt. Solche möglichen Prüfabläufe können sein:

- a) pro Druckzeile wird immer nur eine Düse geprüft,
- b) pro Druckzeile werden immer nur wenige, weit auseinander liegende Düsen geprüft,
- c) usw.

[0060] Die maximal N ausgelesenen Reflektionssignale $S_1(t)$, wie sie im mittleren und unteren Diagramm der Fig. 7 beispielhaft dargestellt sind, werden von der Prüfeinheit 86 ausgewertet. Durch Vergleich mit Referenz- oder Soll-Reflektionssignalen kann dann die Güte und Funktionsfähigkeit der jeweiligen Düse 611 beurteilt werden.

[0061] Weiterhin können die Sensorsignale der Lichtsensoren 241, 242 auch zu mehreren diskreten Zeitpunkten aufgezeichnet und ausgewertet werden. Bei dem in Fig. 9 zusätzlich dargestellten Diagramm wurde zu $M=4$ diskreten Zeitpunkten t_i mit gleichzeitig $K = 6$ Lichtaufnahme-Kanälen D2 bis D3 von Lichtsensoren 242, welche benachbart zu dem Lichtsensor 241 sind, aufgezeichnet. Dabei werden als Beispiel jeweils drei Kanäle links und 3 Kanäle rechts von der Düse 611 an insgesamt 6 Lichtsensoren ausgewertet. Damit wird die im Diagramm dargestellte zweidimensionale Orts-Zeit-Funktion $S[t_i, x_j]$ erzeugt.

[0062] Die Funktionswerte der Orts-Zeit-Funktion $S[t_i, x_j]$ bilden ein diskretes Gebirge 94, aus welchem sehr viel präzisere Informationen über die Funktion dieser Düse und der erzeugten Tropfenformation, wie beispielsweise das Auftreten von störenden, sogenannten Satelliten-Tröpfchen 93 gewonnen werden, können als bei der Erfassung des rückgestreuten Lichtes durch lediglich zwei Lichtaufnahme-Kanäle links und rechts des Aufnahmekanals D0 der aktiven Düse 611.

[0063] Die Auswertung der empfangenen Lichtsignale durch die Auswerteeinrichtung kann in einfacher Weise wieder durch Vergleich mit Referenzwerten erfolgen. Damit basiert die in Fig. 9 gezeigten Ausführungsform der Erfindung insbesondere auch darauf, dass die Auswerteeinrichtung dazu eingerichtet ist, zusätzlich zu dem Signal eines Lichtsensors, welcher einer Düse zugeordnet ist, die unter Ansprechen eines Ansteuersignals aktiviert wird und einen Tropfen herausschleudert, die Signale benachbarter Lichtsensoren, die nicht aktivierten Düsen zugeordnet sind, auszuwerten, wobei die Auswerteeinrichtung eingerichtet ist, die Signale des Lichtsensors, der der aktivierten Düse zugeordnet ist, sowie die Signale der benachbarten Lichtsensoren mit Referenzsignalen zu vergleichen und anhand einer Abweichung von den Referenzsignalen eine Fehlerklassifizierung vornimmt. Insbesondere kann dazu die Orts-Zeit-Funktion $S [t_i, x_i]$ mit einer Referenzfunktion, beziehungsweise Referenzwerten verglichen werden. So wird bei korrekter Funktion der Düse das Signal mit fortschreitender Entfernung der Lichtsensoren 242 zu der Düse 61 zugeordneten Lichtsensor 241 stark abfallen. Eine entsprechende, beispielsweise zuvor aufgezeichnete Orts-Zeit-Funktion $S [t_i, x_i]$ kann dann als Referenzfunktion verwendet werden. Zeigt sich beispielsweise eine einseitige Verbreiterung oder gar ein zusätzlicher Peak, kann dies auf ein Satelliten-Tröpfchen hindeuten.

[0064] Diese Erfassungsart kann immer dann geschehen, wenn das zu druckende Muster mindestens eine, vorzugsweise mindestens drei Düsen 612 links und rechts von der zu prüfenden Düse 611 nicht aktiviert. Ein weiterer Erfindungsgedanke ist es, das Ergebnis der Düsenprüfung zurück an den Rasterbildprozessor 81 zu leiten um dort lokale Änderungen des Druckbildes zu veranlassen, welche den Ausfall visuell kaschieren.

[0065] Der Wellenlängenbereich der Beleuchtung der Lichtquelle 23, beziehungsweise deren Lichtemitter 231 wird vorzugsweise so gewählt, dass das an den ejektierten Tintentropfen (oft mit den Farben CYMK) reflektierte Licht sich deutlich gegenüber dem Hintergrund abhebt. Dies kann z.B. durch die Nutzung von Licht im kurzweligen Bereich (UV bis blau) bestehen, da durch die in den Tinten enthaltenen sehr kleinen Farbpartikel der Reflexionsgrad umso größer ist, je kurzwelliger das Licht ist (wellenlängenabhängige Rückstreuung aus einer Flüssigkeit mit Fremdteilen). Demgemäß ist in Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass die Lichtquelle Licht einer Wellenlänge kleiner als 500 Nanometer abgibt.

[0066] Gemäß noch einer Weiterbildung der Erfindung kann auch Licht von gleichzeitig mehreren unterschiedlichen schmalbandigen Quellen eingesetzt werden, um verschiedene sich widersprechende Eigenschaften zu optimieren:

- a) die bessere Reflektion von kurzwelligem Licht an einer partikelgefüllten Tinte
- b) die bessere Durchdringung des Tropfennebels um optische Eigenschaften des Substrates zu erfas-

sen und vom eigentlichen Tropfensignal zu diskriminieren.

[0067] Im Allgemeinen ist es ausreichend, wenn die 5 lichtleitende Eigenschaft des Druckkopfs nur für einen schmalen Bereich der Wellenlängen besteht, in welchem übliche halbleitende Lichtsensoren und Lichtemitter arbeiten. Vorzugsweise sind die lichtleitenden Elemente des Druckkopfs dazu im Bereich 400 nm bis 1000 nm 10 transparent.

[0068] Eine solche schmalbandige Beleuchtung ist 15 auch von Vorteil, da für schmalbandige Wellenlängen-Bereiche einfache diffraktive Abbildungsoptiken hergestellt werden können.

[0069] Gemäß noch einer Weiterbildung der Erfindung 20 wird die Lichtleitung innerhalb der Tintenflüssigkeit des sich formenden Tropfens, solange dieser noch mit der Düse verbunden ist und noch nicht abgelöst ist durch einen in der ejektierenden Düse und/oder im Tintenkanal dieser Düse befindlichen Lichtsensor oder Lichtleiter zu einem Lichtsensor geführt und in ein auswertbares elektrisches Signal umgewandelt.

[0070] Der Erfindungsgedanke betrifft nicht nur Tintenstrahldrucker im eigentlichen Sinne für die Herstellung 25 von Druckerzeugnisse sondern auch strahlbasierte Druckverfahren, welche mit sog. funktionellen Tinten arbeiten wie z.B. elektrische leitende Tinten zur Herstellung von Leiterbahnen, biologisch aktive Tinten zur Herstellung von sog. Bio-Chips, Kunststoff-Tinten zur Herstellung 30 3-dimensionaler Körper durch sog. layer-Verfahren usw.. Alle diese Verfahren verwenden ähnlich aufgebauten Druckköpfen mit sehr kleinen Dimensionen und ähnliche Tropfenauswurf Mechanismen, welche leicht versagen können. Der eigentliche Unterschied zu Tintenstrahldrucker für Print-Medien ist die ganz andere Anwendung 35 in der Produktion von neuartigen Produkten durch Aufbringen kleinster Mengen einer flüssigen Phase auf ein Substrat.

40

Patentansprüche

1. Tintenstrahldrucker für das Bedrucken eines Substrates (85) mit graphischen und/oder funktionellen Tinten, welcher zumindest einen Druckkopf (1) aufweist, wobei in den oder die Druckköpfe eine optische Einrichtung zur Überwachung der korrekten Funktion der Tintenstrahldüsen integriert ist, welche mittels des Lichts einer Lichtquelle (23) die von den Düsen (61, 611, 612) ejektierten Tropfen (22) aus Richtung der Düsen (61, 611, 612) durch den Druckkopf (1) hindurch durch zeitlich konstante oder zeitlich veränderliche Beleuchtungssignale beleuchtet, wobei die optische Einrichtung zumindest ein lichtleitendes Element aufweist, durch welches das von den aus der Düse (61, 611, 612) ausgestoßenen Tropfen (22) rückwärts in Richtung der Düsen (61, 55 611, 612) reflektierte Licht während des Tropfenflugs 45 50 55

- ges auf lichtempfindliche Sensoren (24, 241, 242) leitbar ist, und wobei eine Auswerteeinrichtung vorgesehen ist, welche aus dem spezifischen zeitlichen Verlauf der Sensorsignale die korrekte Formung und das korrekte Herausschleudern der Tropfens (22) geschlossen überprüft wird.
- 5
2. Tintenstrahldrucker nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** einen piezokeramischen Druckkopf, welcher zumindest bereichsweise aus lichtleitendem keramischen Material (21) besteht, und wobei die Lichtquelle (23) und die lichtempfindlichen Sensoren (24, 241, 242) so angeordnet sind, dass die Hinleitung des Lichts von der zumindest einen Lichtquelle (23) oder die Rückleitung des an den von den Düsen (61, 611, 612) ausgestoßenen Tropfen (22) reflektierten Lichtes durch das lichtleitende keramische Material (21) hindurch erfolgt.
- 10
3. Tintenstrahldrucker gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckkopf (1) Tintenkanäle (3, 11) aufweist, welche durch Stege (10) begrenzt werden, wobei die Stege (10) Bestandteil der optischen Einrichtung sind und für das Licht der Lichtquelle (23) transparent sind, und wobei die Lichtquelle (23) und die lichtempfindlichen Sensoren (24, 241, 242) so angeordnet sind, dass die Stege (10) das Licht der Lichtquelle (23) durch den Druckkopf (1) hindurch auf einen ejektierten Tropfen (22) oder das von einem ejektierten Tropfen (22) reflektierte Licht durch den Druckkopf (1) hindurch zu einem Lichtsensor (24, 241, 242) leiten.
- 15
4. Tintenstrahldrucker gemäß dem vorstehenden Anspruch, wobei die Lichtquelle (23) und die Detektoren (24, 241, 242) so angeordnet sind, dass erste Stege (10) Licht von der Lichtquelle (23) zur Tropfenaustrittsseite des Druckkopfs (1) leiten und zweite Stege (10) von Tropfen (22) reflektiertes Licht durch den Druckkopf (1) hindurch zu den Lichtsensoren (24, 241, 242) leiten, wobei die ersten und zweiten Stege (10) abwechselnd angeordnet sind.
- 20
5. Tintenstrahldrucker gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Druckkopf (1) einen piezokeramischen Grundkörper (7) aufweist, der von einem Deckelelement (8) abgeschlossen ist, wobei der piezokeramische Grundkörper (7) ein lichtleitend ausgebildetes keramisches Bodenteil (100) aufweist, wobei die Lichtquelle (23) so angeordnet ist, dass deren Licht durch das keramische Bodenteil (100) hindurch zur Seite des Druckkopfs (1), welche die Düsen (61, 611, 612) aufweist, geleitet wird.
- 25
6. Tintenstrahldrucker gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckkopf (1) eine Düsenplatte (6) aufweist, in welcher die Düsen (61, 611, 612) für die Tropfenejektion angeordnet sind, wobei die Düsenplatte (6) Fenster oder Aussparungen aufweist, um das durch den Druckkopf (1) geleitete Licht der Lichtquelle (23) auszukoppeln oder das an einem Tröpfchen (22) reflektierte Licht in den Druckkopf (1) einzukoppeln.
- 30
7. Tintenstrahldrucker gemäß dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Düsenplatte (6) strahlformende, insbesondere abbildende oder fokussierende optische Elemente angeordnet sind.
- 35
8. Tintenstrahldrucker gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Druckkopf (1) eine Vorderseite (5) aufweist, aus welcher Tintenropfchen (22) ausschleuderbar sind, sowie eine der Vorderseite (5) gegenüberliegende Rückseite (7), und wobei die Lichtquelle (23) so angeordnet ist, dass deren Licht in die Rückseite (7) eingekoppelt und durch den Druckkopf (1) zur Vorderseite (5) geleitet wird und wobei die Lichtsensoren (24, 241, 242) so angeordnet sind, dass von herausgeschleuderten Tropfen (22) reflektiertes, in die Vorderseite (5) eintretendes und durch den Druckkopf (1) zur Rückseite (7) geleitetes Licht von den Lichtsensoren (24, 241, 242) detektierbar ist.
- 40
9. Tintenstrahldrucker gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Lichtquelle (23) mehrere Lichtemitter (231) umfasst, wobei jedem Lichtemitter (231) ein lichtleitendes Element zugeordnet ist, in welches das Licht des Lichtemitters (231) einkoppelbar ist, und wobei den Lichtemittern (231) unterschiedliche Düsen (61, 611, 612) zugeordnet und die lichtleitenden Elemente so angeordnet sind, dass durch die Lichtleiter geführtes Licht jeweils lokal den Bereich vor dem Druckkopf (1) beleuchtet, in den von einer zugeordneten Düse (61, 611, 612) Tropfen (22) herauschleuderbar sind, und wobei eine Beleuchtungssteuerungs-Einheit (84) vorgesehen ist, welche so eingerichtet ist, dass sie die Lichtemitter (231) individuell anschaltet, wenn ein Tropfen (22) durch eine zugeordnete Düse (61, 611, 612) herausgeschleudert wird.
- 45
10. Tintenstrahldrucker gemäß dem vorstehenden Anspruch, **gekennzeichnet durch** einen Rasterbild-Prozessor (81), welcher dazu eingerichtet ist, die Daten einer Druckdatei (80) in Ansteuersignale (82) für die Düsen (61, 611, 612) des Druckkopfes (1) umzusetzen, wobei der Druckkopf (1) eingerichtet ist, unter Ansprechen auf die Ansteuersignale (82) aus den Düsen (61, 611, 612) Tintentropfen (22) herauszuschleudern, wobei die Beleuchtungssteuerungs-Einheit (84) eingerichtet ist, unter Ansprechen auf die Ansteuersignale (82) die den Düsen (61, 611, 612), für welche die Ansteuersignale (82) bestimmt
- 50
- 55

- sind, zugeordneten Lichtemitter (231) individuell anzuschalten.
11. Tintenstrahldrucker gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinrichtung eingerichtet ist, eine Druckdatei (80), welche Daten eines Druckbilds erhält, unter Ansprechen auf die Erkennung, dass zumindest eine der Düsen (61,611,612) des Druckkopfs (1) fehlerhaft arbeitet, zu ändern. 5
12. Tintenstrahldrucker gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Auswerteeinrichtung dazu eingerichtet ist, zusätzlich zu dem Signal eines Lichtsensors (24, 241, 242), welcher einer Düse (61, 611, 612) zugeordnet ist, die unter Ansprechen eines Ansteuersignals (82) aktiviert wird und einen Tropfen (22) herausschleudert, die Signale benachbarter Lichtsensoren (24, 241, 242), die nicht aktivierten Düsen (612) zugeordnet sind, auszuwerten, wobei die Auswerteeinrichtung eingerichtet ist, die Signale des Lichtsensors (24, 241, 242), der der aktivierten Düse (611) zugeordnet ist, sowie die Signale der benachbarten Lichtsensoren (24, 241, 242) mit Referenzsignalen zu vergleichen und anhand einer Abweichung von den Referenzsignalen eine Fehlerklassifizierung vornimmt. 10
13. Verfahren zum Überprüfen der Funktion eines Tintenstrahldruckers, welcher einen Druckkopf (1) mit mehreren Düsen (61, 611, 612), den Düsen (61, 611, 612) zugeordnete Lichtsensoren (24, 241, 242) und zumindest eine Lichtquelle (23) aufweist, wobei während des Drucks auf ein Substrat (85) während der Ejektion eines Tintentropfens (22) Licht einer Lichtquelle (23) durch zumindest ein lichtleitendes Element durch den Druckkopf (1) hindurch zur Tropfenaustrittsseite des Druckkopfs (1) geleitet, das Licht an einem vom Druckkopf (1) erzeugten und herausgeschleuderten Tropfen (22) reflektiert, in ein lichtleitendes Element des Druckkopfs (1) wieder eingekoppelt und durch das lichtleitende Element zu einem der Düse (61, 611, 612), welche den Tintentropfen (22) herausschleudert, zugeordneten Lichtsensor (24, 241, 242) geleitet wird, und wobei das von dem Lichtsensor (24, 241, 242) abgegebene Signal ausgewertet wird, indem das Signal mit Referenzwerten verglichen und bei einer Abweichung des Signals von den Referenzwerten eine fehlerhafte Funktion der Düse (61, 611, 612) ermittelt wird. 15
14. Verfahren gemäß dem vorstehenden Anspruch, wobei während des Herausschleuderns eines Tropfens (22) zusätzlich zu dem Signal eines Lichtsensors (24, 241, 242), welcher einer Düse (61, 611, 612) zugeordnet ist, die unter Ansprechen eines Ansteuersignals (82) aktiviert wird und einen Tropfen (22) herausschleudert, die Signale benachbarter Lichtsensoren (24, 241, 242), die nicht aktivierten Düsen 20
- (612) zugeordnet sind, ausgewertet werden, wobei die Sensorsignale der Lichtsensoren (24, 241, 242) zu mehreren diskreten Zeitpunkten aufgezeichnet und ausgewertet werden, wobei zur Auswertung eine Orts-Zeit-Funktion $S[t_i, x_j]$ gebildet und mit einer Referenzfunktion verglichen wird. 25

Claims

1. Ink-jet printer for printing a substrate (85) with graphic and/or functional inks which has at least one print head (1), whereby an optical device is integrated in the print head(s) to monitor the correct functioning of the ink-jet nozzles, which illuminates the drops (22) ejected from the nozzles (61, 611, 612) by means of the light from a light source (23) from the direction of the nozzles (61, 611, 612) through the print head (1) by means of illumination signals which are either constant in time or changeable in time, whereby the optical device has at least one light-conducting element through which the light reflected by the drop (22) ejected from the nozzle (61, 611, 612) during the flight of the drop can be conducted backwards in the direction of the nozzles (61, 611, 612) onto light-sensitive sensors (24, 241, 242) and whereby an evaluation device is provided for to examine the correct form and the correct ejection of the drop (22), concluded from the specific timing of the sensor signals. 30
2. Ink-jet printer in accordance with Claim 1, **characterized by** a piezoceramic print head which consists at least in some areas of light-conducting ceramic material (21), whereby the light source (23) and the light-sensitive sensors (24, 241, 242) are arranged in such a way that the conduction of the light from at least one light source (21) or the conduction back of the light reflected by the drops (22) ejected by the nozzles (61, 611, 612) is effected through the light-conducting ceramic material (21). 35
3. Ink-jet printer in accordance with one of the above-mentioned Claims, **characterized in that** the print head (1) has ink channels (3, 11) which are limited by ribs (10), with the ribs (10) being component parts of the optical device and being transparent for the light from the light source (23), and with the light source (23) and the light-sensitive sensors (24, 241, 242) being arranged in such a way that the ribs (10) conduct the light from the light source (23) through the print head (1) onto an ejected drop (22), or conduct the light reflected by an ejected drop (22) through the print head (1) to a photosensor (24, 241, 242). 40
4. Ink-jet printer in accordance with the above Claim, whereby the light source (23) and the detectors (24, 50

- 241, 242) are arranged in such a way that first ribs (10) conduct light from the light source (23) to the drop ejection side of the print head (1) and second ribs (10) conduct light reflected by the drops (22) through the print head (1) to the photosensors (24, 241, 242), with the first and second ribs (10) being arranged alternately.
- 5
5. Ink-jet printer in accordance with one of the above Claims, whereby the print head (1) has a piezoceramic base body (7) which is closed by a cover element (8), whereby the piezoceramic base body (7) has a light-conducting ceramic base part (100), with the light source (23) being located in such a way that its light is conducted through the ceramic base part (100) to the side of the print head (1) with the nozzles (61, 611, 612).
- 10
6. Ink-jet printer in accordance with one of the above Claims, **characterized in that** the print head (1) has a nozzle plate (6) in which the nozzles (61, 611, 612) for the drop ejection are located, whereby the nozzle plate (6) has windows or cutouts in order to couple out the light from the light source (23) conducted through the print head (1) or to couple in the light reflected from a droplet into the print head (1).
- 15
7. Ink-jet printer in accordance with the above Claim, **characterized in that** beam-shaping, in particular imaging or focusing optical elements are located on the nozzle plate (6).
- 20
8. Ink-jet printer in accordance with one of the above Claims, **characterized in that** the print head (1) has a front side (5) from which ink droplets can be ejected, as well as a rear side (7) located opposite the front side (5), and whereby the light source (23) is arranged in such a way that its light is coupled into the rear side (7) and conducted through the print head (1) to the front side (5) and whereby the photosensors (24, 241, 242) are arranged in such a way that light reflected from ejected drops (22), entering the front side (5) and being conducted through the print head (1) to the rear side (7), can be detected by the photosensors (24, 241, 242).
- 25
9. Ink-jet printer in accordance with one of the above Claims, whereby the light source (23) comprises several light emitters (231), whereby each light emitter (231) is assigned a light-conducting element into which the light from the light emitter (231) can be coupled and whereby the light emitters (231) are assigned different nozzles (61, 611, 612), and the light-conducting elements are arranged in such a way that light conducted through the light conductor locally illuminates the area in front of the print head (1) into which drops (22) can be ejected from an assigned nozzle (61, 611, 612), and whereby an illumination
- 30
- control unit (84) is provided and is set up so that it actuates the light emitters (231) individually when a drop (22) is ejected through an assigned nozzle (61, 611, 612).
- 35
10. Ink-jet printer in accordance with the above Claim, **characterized by** a raster image processor (81) which is set up to convert the data of a print file (80) into actuation signals (82) for the nozzles (61, 611, 612) of the print head (1), whereby the print head (1) is set up to eject ink drops (22) out of the nozzles (61, 611, 612) as a reaction to the actuation signals (82), and whereby the illumination control unit is set up to individually actuate the light emitters (231) assigned to the nozzles (61, 611, 612) for which the actuation signals (82) are intended.
- 40
11. Ink-jet printer in accordance with one of the above Claims, whereby the evaluation device is set up to change a print file (80) containing the data of a printed image as a reaction to the ascertainment that at least one of the nozzles (61, 611, 612) of the print head (1) is malfunctioning.
- 45
12. Ink-jet printer in accordance with one of the above Claims, whereby the evaluation device is set up to evaluate the signals of neighboring photosensors (24, 241, 242) which are assigned to non-activated nozzles (612), in addition to the signal of a photosensor (24, 241, 242) which is assigned to a nozzle (61, 611, 612) which is activated by reacting to an actuation signal (82) and ejecting a drop (22), whereby the evaluation device is set up to compare the signals of the photosensor (24, 241, 242) which is assigned to the activated nozzle (611) as well as the signals of the neighboring photosensors (24, 241, 242) with reference signals and to perform a fault classification on the basis of a deviation from the reference signals.
- 50
13. Procedure for examining the functioning of an ink-jet printer which has a print head (1) with several nozzles (61, 611, 612), photosensors (24, 241, 242) assigned to the nozzles (61, 611, 612) and at least one light source (23), whereby during printing on a substrate (85), and during the ejection of an ink drop (22), light from a light source (23) is conducted through at least one light-conducting element through the print head (1) to the drop ejection side of the print head (1), the light is reflected by a drop (22) generated and ejected by the print head (1), is coupled back into a light-conducting element of the print head (1) and conducted through the light-conducting element to a photosensor (24, 241, 242) assigned to the nozzle (61, 611, 612) that ejects the ink drop (22), and whereby the signal emitted by the photosensor (24, 241, 242) is evaluated in that the signal is compared with reference values and in that,
- 55

in the event of a deviation of the signal from the reference values, a malfunction of the nozzle (61, 611, 612) is detected.

14. Procedure in accordance with the above Claim, whereby during the ejection of a drop (22), in addition to the signal of a photosensor (24, 241, 242) which is assigned to a nozzle (61, 611, 612) which is activated by reacting to an actuation signal (82) and ejecting a drop (22), the signals of neighboring photosensors (24, 241, 242) which are assigned to non-activated nozzles (612) are evaluated, whereby the sensor signals of the photosensors (24, 241, 242) are recorded and evaluated at several discrete points in time, whereby for evaluation purposes a place-time function $S [t_i, x_j]$ is formed and compared with a reference function.

Revendications

1. Imprimante à jet d'encre pour imprimer sur un substrat (85) avec des encres graphiques et/ou fonctionnelles, qui présente au moins une tête d'impression (1), une installation optique pour la surveillance du fonctionnement correct des buses à jet d'encre étant intégrée dans la ou les têtes d'impression et éclairant au moyen de la lumière d'une source lumineuse (23) les gouttes (22) éjectées des buses (61, 611, 612) depuis la direction des buses (61, 611, 612) à travers la tête d'impression (1) par des signaux d'éclairage constants dans le temps ou variant dans le temps, l'installation optique présentant au moins un élément photoconducteur, à travers lequel la lumière réfléchie par les gouttes (22) éjectées de la buse (61, 611, 612) en arrière dans la direction des buses (61, 611, 612) peut être conduite pendant le cheminement des gouttes sur des détecteurs sensibles à la lumière (24, 241, 242), et une installation d'évaluation étant prévue, laquelle vérifie à l'état fermé la formation correcte et la projection correcte des gouttes (22) à partir de l'évolution temporelle spécifique des signaux de détecteur.
2. Imprimante à jet d'encre selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'** une tête d'impression piézocéramique, qui est composée au moins dans une région d'un matériau céramique photoconducteur (21), et la source lumineuse (23) et les détecteurs sensibles à la lumière (24, 241, 242) étant disposés de telle sorte que la conduction de la lumière de la source lumineuse (21) ou le retour de la lumière réfléchie sur les gouttes (22) éjectées par les buses (61, 611, 612) intervient à travers le matériau céramique photoconducteur (21).
3. Imprimante à jet d'encre selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la tête d'impression (1) présente des canaux d'encre (3, 11), qui sont limités par des entretoises (10), les entretoises (10) faisant partie de l'installation optique et étant transparentes pour la lumière de la source lumineuse (23), et la source lumineuse (23) et les détecteurs sensibles à la lumière (24, 241, 242) étant disposés de telle sorte que les entretoises (10) conduisent la lumière de la source lumineuse (23) à travers la tête d'impression (1) sur une goutte éjectée (22) ou la lumière réfléchie par une goutte éjectée (22) à travers la tête d'impression (1) jusqu'à un détecteur de lumière (24, 241, 242).
4. Imprimante à jet d'encre selon la revendication précédente, dans laquelle la source lumineuse (23) et les détecteurs (24, 241, 242) sont disposés de telle sorte que les premières entretoises (10) conduisent la lumière de la source lumineuse (23) jusqu'au côté de sortie de gouttes de la tête d'impression (1) et les secondes entretoises (10) conduisent la lumière réfléchie par les gouttes (22) à travers la tête d'impression (1) jusqu'aux détecteurs de lumière (24, 241, 242), les premières et secondes entretoises (10) étant disposées en alternance.
5. Imprimante à jet d'encre selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la tête d'impression (1) présente un corps de base piézocéramique (7) qui est séparé d'un élément de recouvrement (8), le corps de base piézocéramique (7) présentant une partie inférieure céramique conçue de manière photoconductrice (100), la source lumineuse (23) étant disposée de sorte que sa lumière est conduite à travers la partie inférieure céramique (100) jusqu'au côté de la tête d'impression (1), qui présente les buses (61, 611, 612).
6. Imprimante à jet d'encre selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la tête d'impression (1) présente une plaque de buses (6), dans laquelle les buses (61, 611, 612) sont disposées pour l'éjection des gouttes, la plaque de buses (6) présentant des fenêtres ou des évidements, pour éjecter la lumière de la source lumineuse (23) conduite à travers la tête d'impression (1) ou la lumière réfléchie sur une gouttelette dans la tête d'impression (1).
7. Imprimante à jet d'encre selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** des éléments optiques formant un faisceau, en particulier représentant une image ou focalisant sont disposés sur la plaque de buses (6).
8. Imprimante à jet d'encre selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la tête d'impression (1) présente une face avant (5), de laquelle peuvent être éjectées des gouttelettes d'encre, ainsi qu'une

- face arrière (7) opposée à la face avant (5), et la source lumineuse (23) étant disposée de telle sorte que sa lumière est injectée dans la face arrière (7) et conduite à travers la tête d'impression (1) jusqu'à la face avant (5) et les capteurs de lumière (24, 241, 242) étant disposés de telle sorte que la lumière réfléchie par des gouttes éjectées (22), entrant dans la face avant (5) et conduite à travers la tête d'impression (1) jusqu'à la face arrière (7) est détectable par les détecteurs de lumière (24, 241, 242). 5
9. Imprimante à jet d'encre selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la source lumineuse (23) comprend plusieurs émetteurs de lumière (231), à chaque émetteur de lumière (231) étant affecté un élément photoconducteur, dans lequel la lumière de l'émetteur de lumière (231) est injectable, et différentes buses (61, 611, 612) étant affectées aux émetteurs de lumière (231) et les éléments photoconducteurs étant disposés de telle sorte que la lumière conduite par les photoconducteurs éclaire localement la zone devant la tête d'impression (1), dans laquelle des gouttes (22) sont éjectables par une buse affectée (61, 611, 612), et une unité de commande d'éclairage (84) étant prévue, laquelle est conçue de telle sorte qu'elle active individuellement les émetteurs de lumière (231) lorsqu'une goutte (22) est éjectée par une buse affectée (61, 611, 612). 10
10. Imprimante à jet d'encre selon la revendication précédente, **caractérisée par** un processeur de trame (81), lequel est conçu pour convertir les données d'un fichier d'impression (80) en signaux de commande (82) pour les buses (61, 611, 612) de la tête d'impression (1), la tête d'impression (1) étant conçue pour éjecter des gouttes d'encre (22) des buses (61, 611, 612) en réponse aux signaux de commande (82), l'unité de commande d'éclairage étant conçue activer individuellement les émetteurs de lumière (231) affectés aux buses (61, 611, 612), pour lesquelles les signaux de commande (82) sont déterminés, en réponse aux signaux de commande (82). 15
11. Impression à jet d'encre selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle l'installation d'évaluation est conçue pour modifier un fichier d'impression (80) qui reçoit les données d'une image d'impression, en réponse à la détection du dysfonctionnement d'au moins une des buses (61, 611, 612) de la tête d'impression (1). 20
12. Impression à jet d'encre selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle l'installation d'évaluation est conçue pour évaluer, en plus du signal d'un détecteur de lumière (24, 241, 242), qui est affecté à une buse (61, 611, 612), qui est activée en réponse à un signal de commande (82) et éjecte une 25
- goutte (22), les signaux des détecteurs de lumière adjacents (24, 241, 242), qui sont affectés à des buses non activées (612), l'installation d'évaluation étant conçue pour comparer les signaux du détecteur de lumière (24, 241, 242), qui est affecté à la buse activée (611), ainsi que les signaux des détecteurs de lumière adjacents (24, 241, 242) avec des signaux de référence et procédant à une classification d'erreur en se basant sur un écart par rapport aux signaux de référence. 30
13. Procédé permettant de vérifier le fonctionnement d'une imprimante à jet d'encre, qui présente une tête d'impression (1) avec plusieurs buses (61, 611, 612), des détecteurs de lumière (24, 241, 242) affectés aux buses (61, 611, 612) et au moins une source lumineuse (23), pendant l'impression sur un substrat (85) lors de l'éjection d'une goutte d'encre (22) la lumière d'une source lumineuse (23) étant conduite par au moins un élément photoconducteur à travers la tête d'impression (1) jusqu'au côté de sortie des gouttes de la tête d'impression (1), la lumière étant réfléchie sur une goutte (22) éjectée et générée par la tête d'impression (1), réinjectée dans un élément photoconducteur de la tête d'impression (1) et conduite par l'élément photoconducteur jusqu'à un détecteur de lumière (24, 241, 242) affecté à la buse (61, 611, 612), qui éjecte les gouttes d'encre (22), et le signal émis par le détecteur de lumière (24, 241, 242) étant évalué, en étant comparé avec des valeurs de référence et un dysfonctionnement de la buse (61, 611, 612) étant déterminé en cas d'écart du signal par rapport aux valeurs de référence. 35
14. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel pendant l'éjection d'une goutte (22), en plus du signal d'un détecteur de lumière (24, 241, 242), qui est affecté à une buse (61, 611, 612), qui est activée en réponse à un signal de commande (82) et éjecte une goutte (22), les signaux de détecteurs de lumière adjacents (24, 241, 242), qui sont affectés à des buses non activées (612), sont évalués, les signaux des détecteurs de lumière (24, 241, 242) étant enregistrés et évalués à plusieurs moments distincts, une fonction emplacement-temps $S [t_i, x_j]$ étant créée et comparée avec une fonction de référence pour évaluation. 40
- 45
- 50
- 55

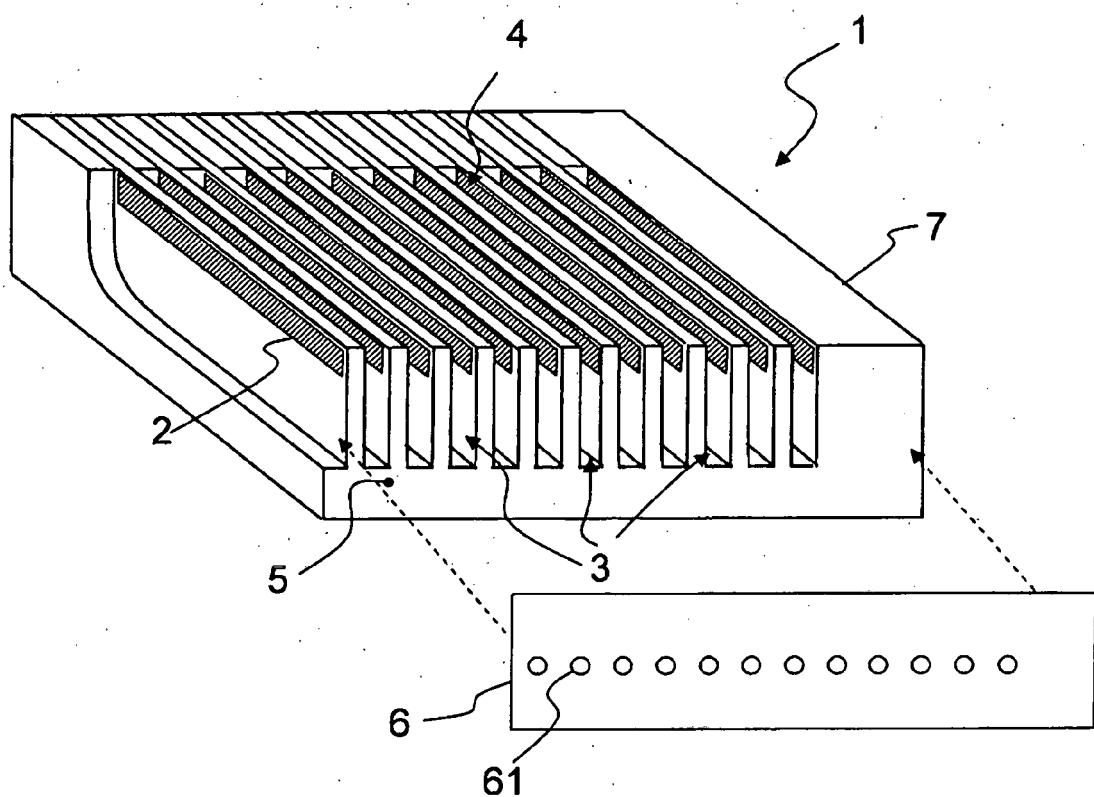


Fig. 1

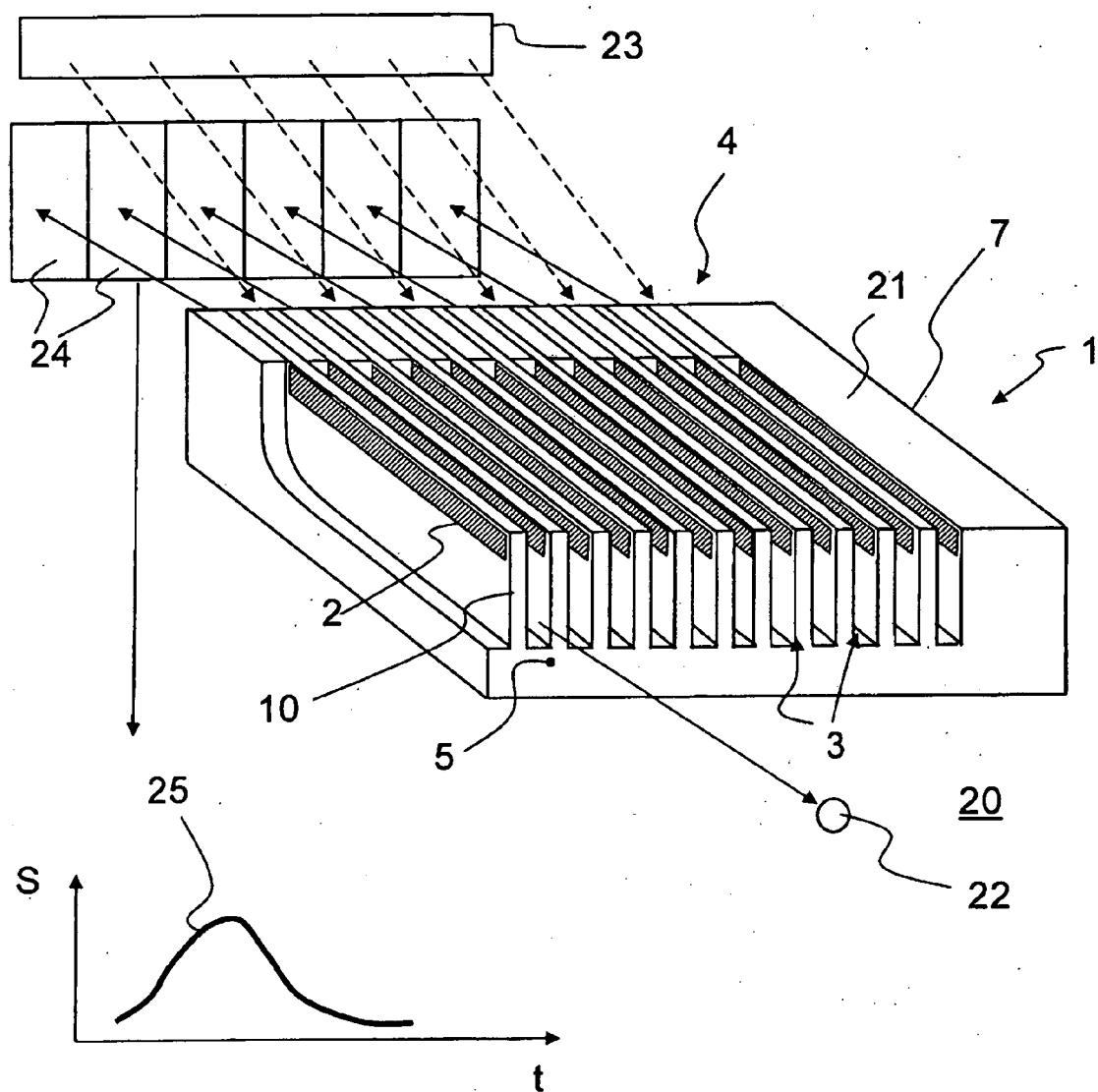


Fig. 2

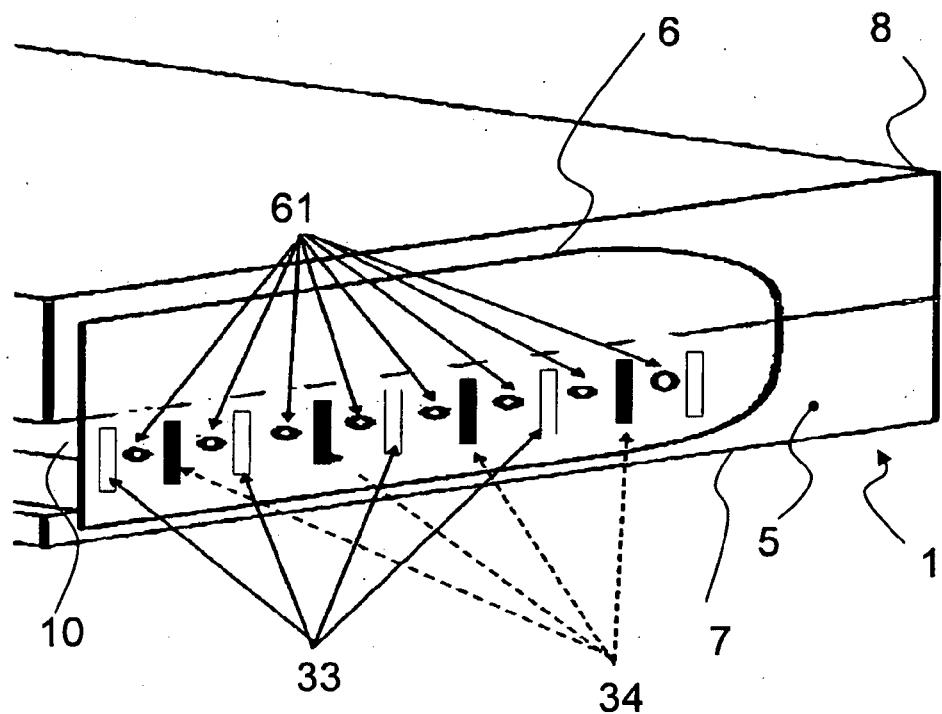


Fig. 3

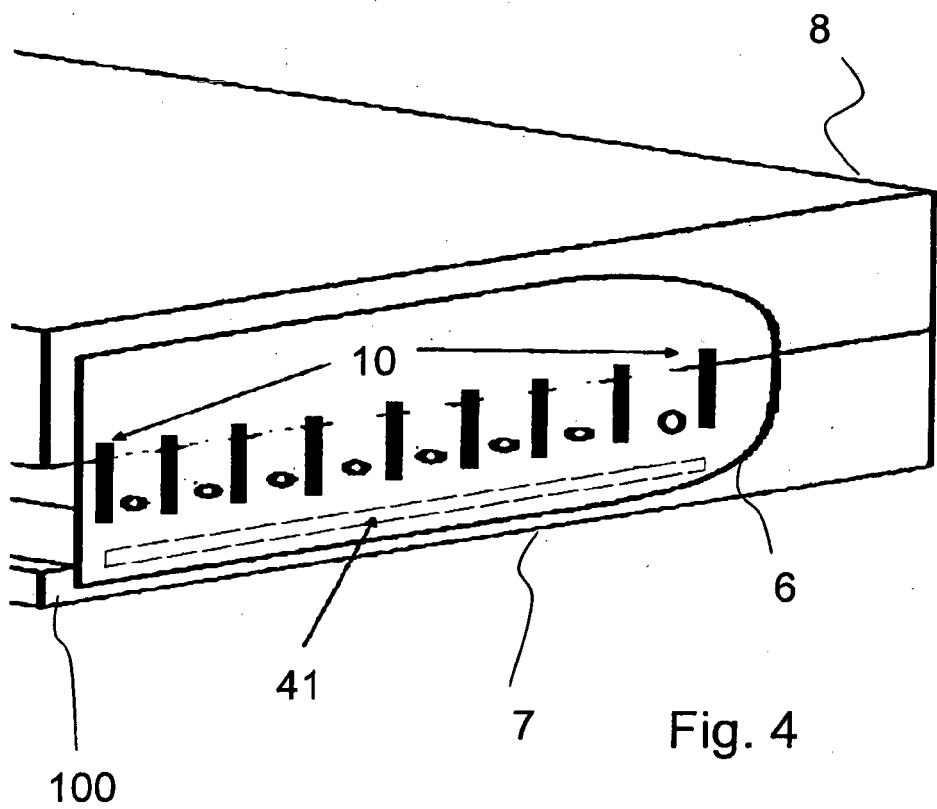


Fig. 4

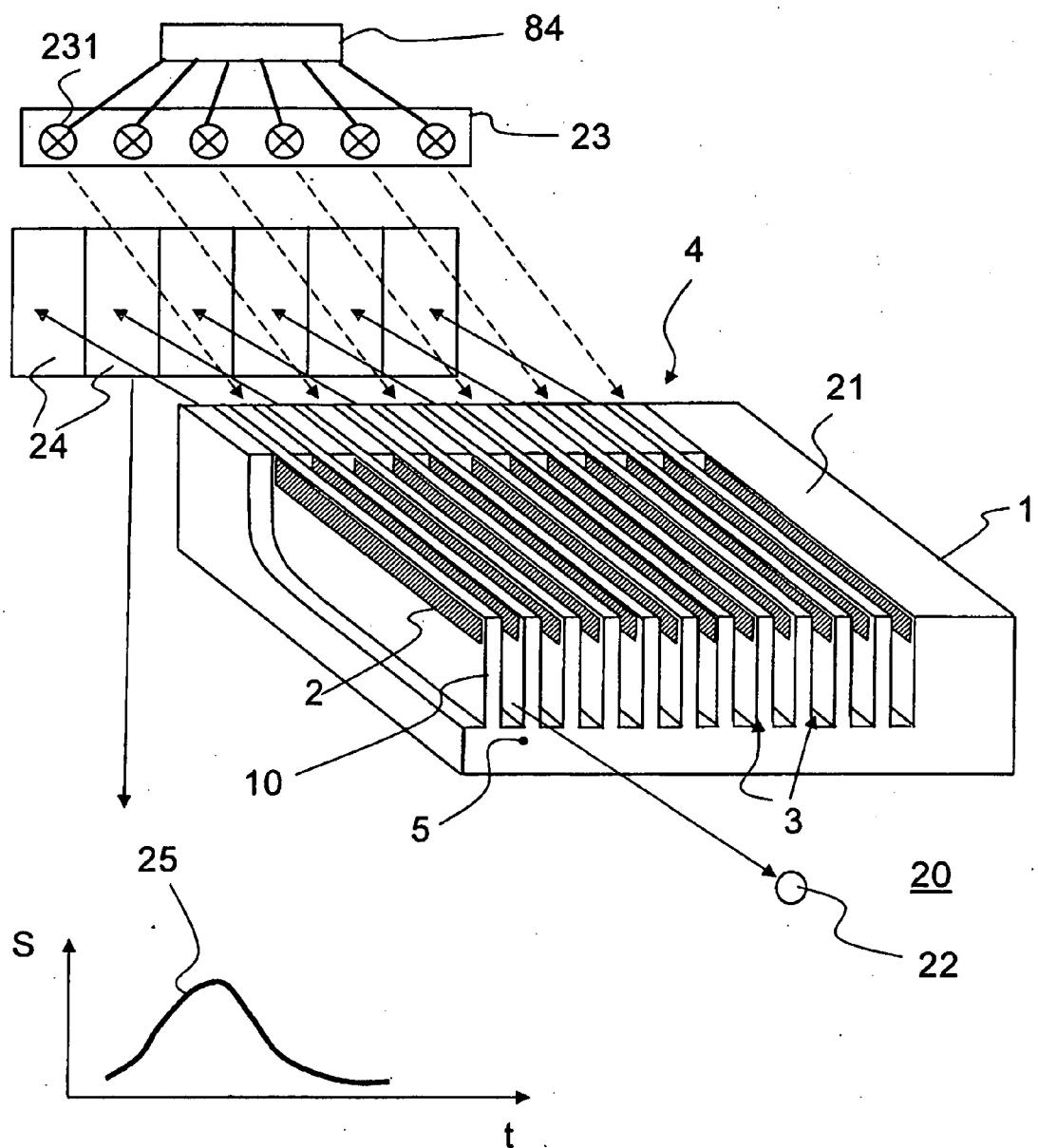


Fig. 5

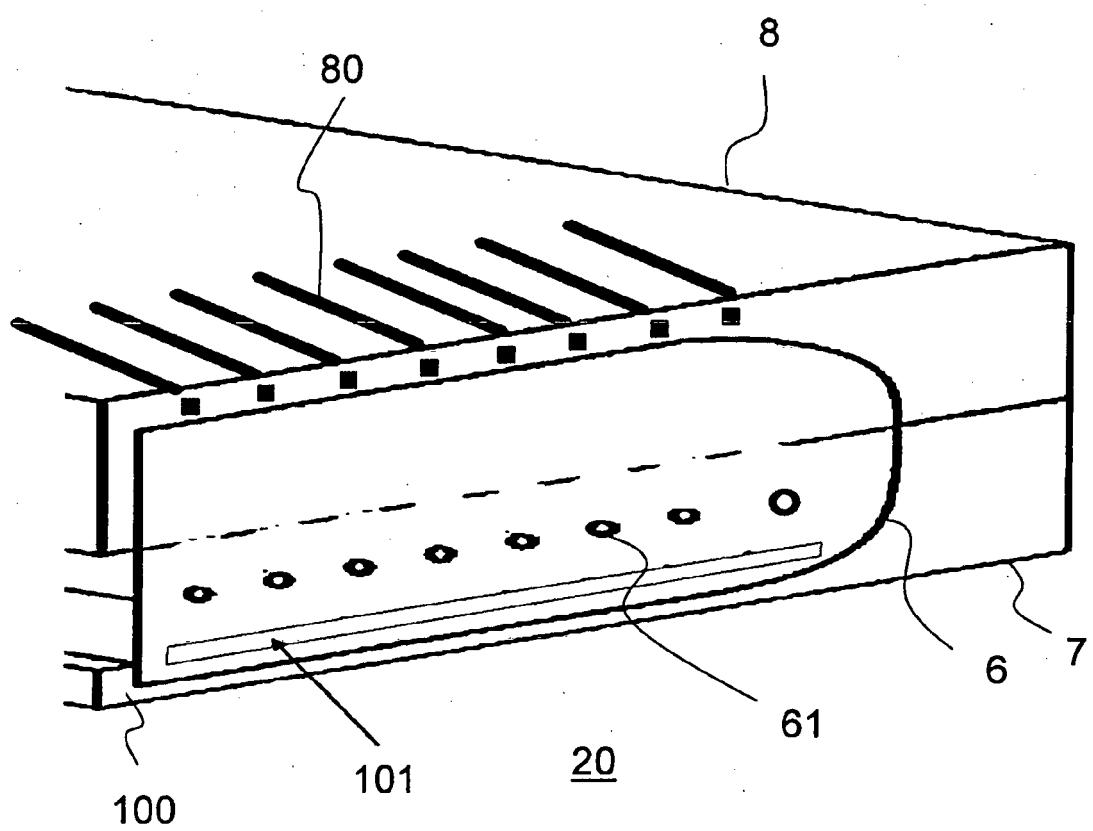


Fig. 6

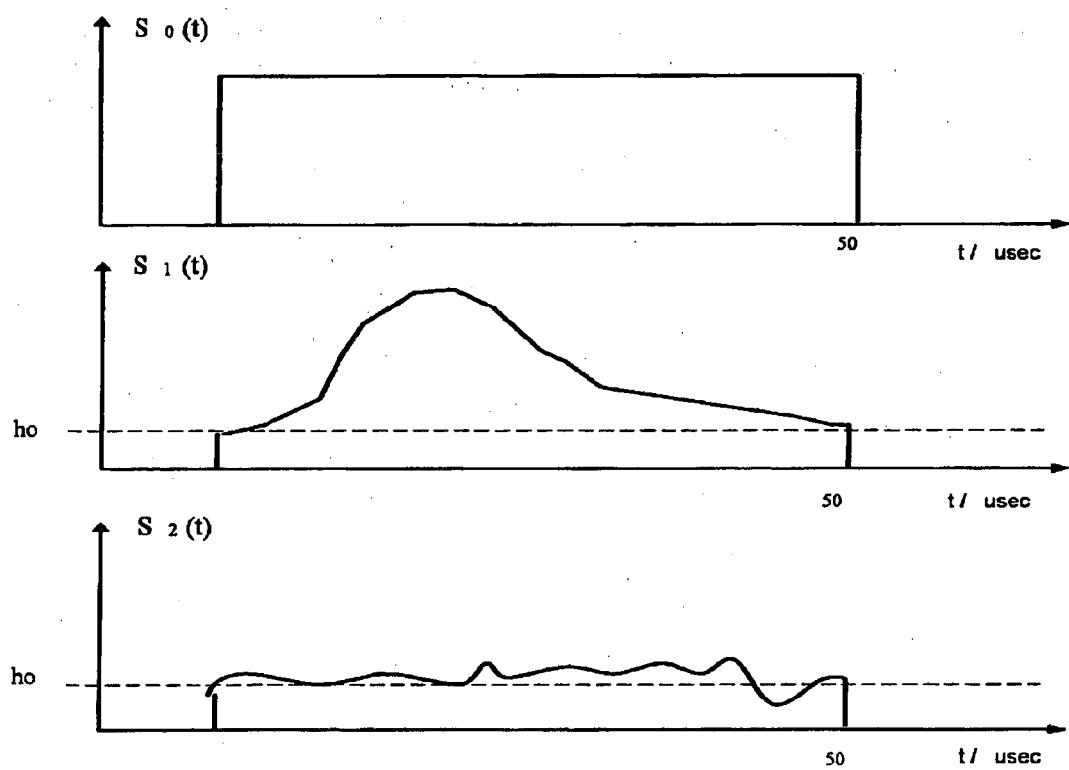


Fig. 7

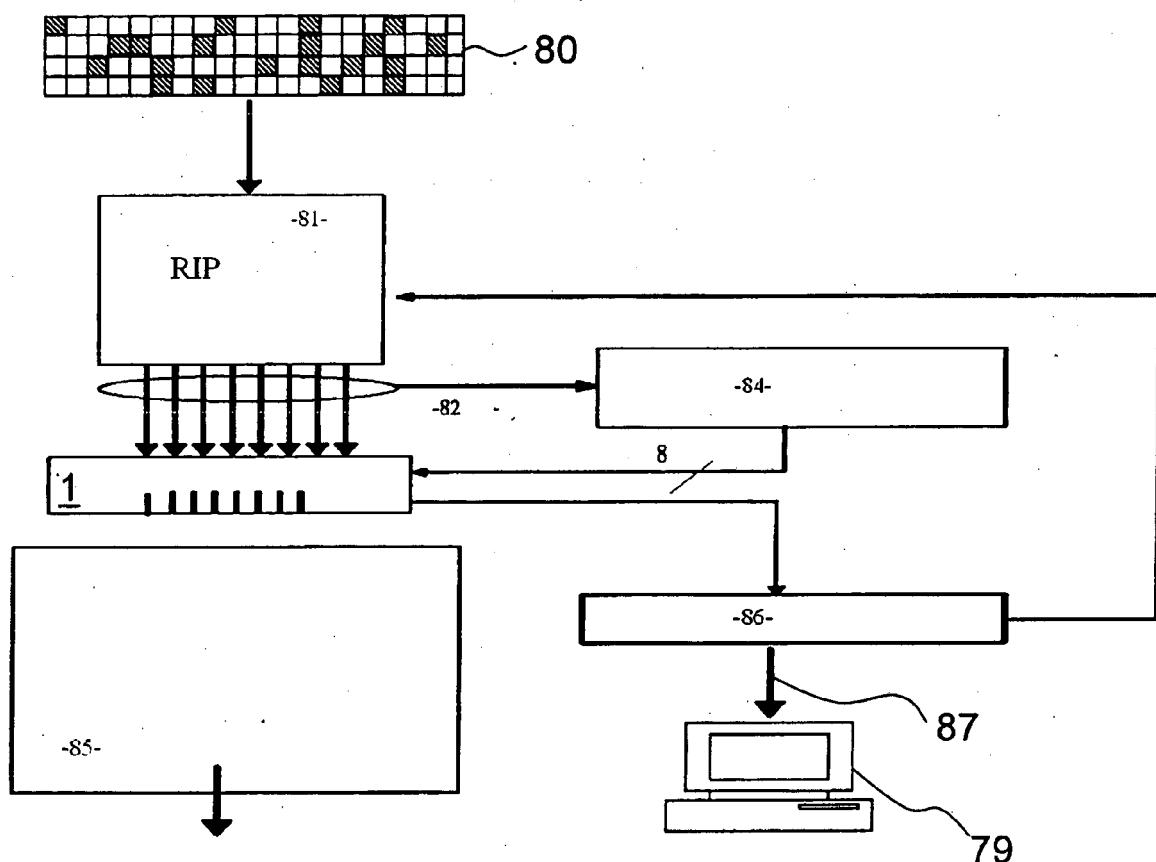


Fig. 8

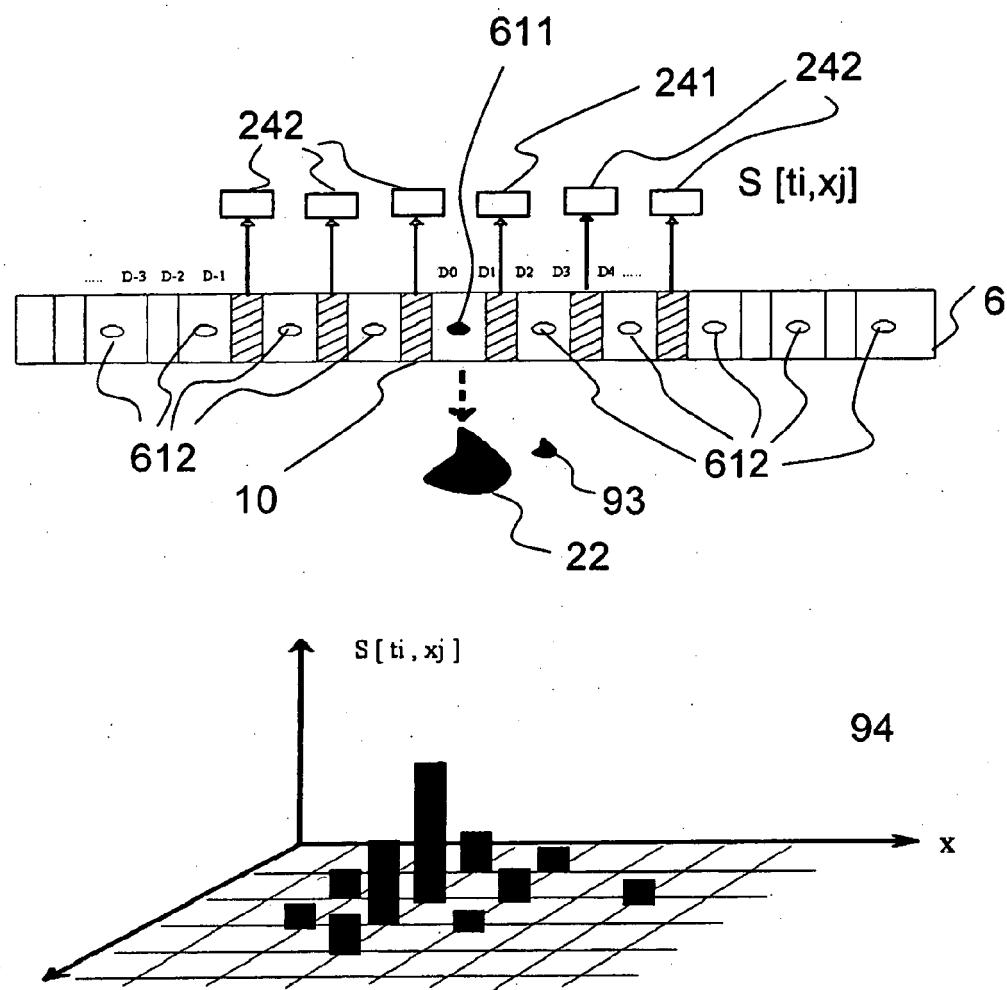


Fig. 9

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 9100807 A **[0009]**
- US 6350006 B **[0010]**
- US 6786568 B2 **[0012]**
- US 7841682 B **[0014]**
- WO 2007007070 A1 **[0033]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **CHRY LYNN.** Drops and Spots: Latest Trends in Inkjet Printheads and Printer Design. *SGIA Journal*, 2009, 14-17 **[0005]**
- Liquid Surface Position Detection for Inkjet Meniscus Monitoring. **JIA WEI.** Silicon MEMS for Detection of Liquid and Solid Fronts. 13. Juli 2010 **[0013]**
- **K. NAGATA et al.** Fachzeitschrift Ceramurgia International. Verlag Elsevier Sciences Ltd, 1977, vol. 3, 53-56 **[0032]**