

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 808 419 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:

02.10.2002 Patentblatt 2002/40

(51) Int Cl.7: **F02M 53/06**, B41J 2/16

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/DE96/00154

(21) Anmeldenummer: **96900885.3**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 96/024764 (15.08.1996 Gazette 1996/37)

(22) Anmeldetag: **01.02.1996**

(54) **VORRICHTUNG ZUM ZUMESSEN UND ZERSTÄUBEN VON FLUID**

FLUID PROPORTIONING AND ATOMIZING DEVICE

DISPOSITIF DE DOSAGE ET D'ATOMISATION DE FLUIDE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE FR GB IT

(30) Priorität: **07.02.1995 DE 19504175**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

26.11.1997 Patentblatt 1997/48

(73) Patentinhaber: **SIEMENS**

AKTIENGESELLSCHAFT

80333 München (DE)

(72) Erfinder:

• **KAPPEL, Andreas**

D-81369 München (DE)

• **MOCK, Randolph**

D-81739 München (DE)

• **MEIXNER, Hans**

D-81739 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 435 565

EP-A- 0 566 116

US-A- 4 931 813

US-A- 5 095 879

EP 0 808 419 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Zumessen und Zerstäuben von Fluid. Eine Vorrichtung dieser Art ist aus der Einspritzventiltechnik bekannt.

[0002] Strengere Abgaswerte stellen zunehmend höhere Anforderungen an die Genauigkeit der Kraftstoffdosierung und Gemischbildung. Moderne Motormanagementkonzepte können zu einer höheren Umweltverträglichkeit der Kraftfahrzeuge beitragen. Eine zentrale Rolle spielen hierbei die Kraftstoffeinspritzventile, da von ihrer Leistungscharakteristik die Verbesserung des Verbrennungsmotors entscheidend mitbestimmt wird.

[0003] Da die pro Arbeitsspiel eingespritzte Kraftstoffmenge über die Öffnungsdauer des Kraftstoff-Einspritzventils gesteuert wird, ist zur genauen und reproduzierbaren Abspritzung auch kleiner Treibstoffmengen ein Einspritzventil erforderlich, bei dem der Öffnungs- oder Schließvorgang im Vergleich zur Öffnungsdauer sehr wenig Zeit in Anspruch nimmt. Dies ist insbesondere im Teillast- und Leerlaufbetrieb des Motors von großer Bedeutung. Hier müssen wegen der geringen Belastung des Motors relativ kleine Kraftstoffmengen pro Arbeitsspiel sehr genau dosiert werden.

[0004] Aus dem Stand der Technik US 5 165 373 ist ein elektrothermisch arbeitendes Kraftstoffeinspritzsystem zur Kraftstoffzumessung bekannt. Gepulste elektrische Energie wird über einen Heizdraht in gepulste thermische Energie umgewandelt und erzeugt durch Blasensieden eine Volumenänderung des Kraftstoffs. Diese Volumenänderung wird ausgenutzt, um den Kraftstoff über ein Kraftstoffventil abzugeben. Ein Computer und Sensoren sind vorgesehen, um die Pulsbreite, Höhe und die Zahl der Pulse unter Berücksichtigung der Motoreigenschaften zu bestimmen.

[0005] Aus dem Stand der Technik US 5 095 879 ist ein elektrothermisch arbeitendes Kraftstoffeinspritzsystem zur Kraftstoffzumessung bekannt, bei dem ein einfaches Heizelement direkt in die Wandung der Kraftstoffeinspritzkammer eingelassen ist.

[0006] Beide Druckschriften nach dem Stand der Technik können die Anforderungen an ein sehr schnelles Ansprechverhalten der Vorrichtung nicht erfüllen.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zum Zumessen und Zerstäuben von Fluid anzugeben, die wenige bewegte Teile aufweist, deren Herstellung niedrige Anforderungen an die Maßhaltigkeit der einzelnen Teile stellt und die in der Lage ist, sehr schnell anzusprechen und die abzuspritzende Flüssigkeitsmenge exakt zu dosieren.

[0008] Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß dem Patentanspruch 1 gelöst.

[0009] Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0010] So ist ein planes und strukturiertes Heizelement wegen der großen Wirkoberfläche und der optimierten niedrigen thermischen Zeitkonstante besonders geeignet.

[0011] Vorteilhaft ist die Verwendung von Dünnschicht-Heizelementen aufgrund der geringen Wärmekapazitäten, wodurch die thermische Zeitkonstante weiter reduziert werden kann.

[0012] Um Wärmeverluste während des Heizvorgangs möglichst gering zu halten und zum Schutz des Heizelementes, hat sich ein Aufbau als vorteilhaft erwiesen, bei dem die Dicke d der Wärmebarriere der Ungleichung $d > 1,28 \cdot \sqrt{a \cdot \Delta t}$ genügt, wobei a die Temperaturleitfähigkeit der Wärmebarriere und Δt die Aufheizzeit der Wärmequelle ist. Weiterhin besitzt ein solches Heizelement den Vorteil, daß der Druck in der Kammer nach Überschreiten eines Schwellwertes der Ansteuerspannung weitgehend konstant und unabhängig von der Betriebsspannung ist.

[0013] Weiterhin vorteilhaft ist es, wenn die Wirkoberfläche der Einzelheizelemente binär gewichtet ist.

[0014] Mit einem Heizelement, daß gemäß

Schicht	Dicke	Material	Funktion/Bemerkung
Dünnschicht DF	μm	Tantal	Kavitationsschutz
Deckschicht DS	μm	Si ₃ N ₄	Passivierung
Wärmequelle WQ	μm	HfB ₂	Heizwiderstand
Wärmebarriere WB	μm	SiO ₂	Passivierung
Wärmesenke S	μm 1 - 10mm	Si Al	Substrat mechanischer Träger

dimensioniert ist, läßt sich die thermische Zeitkonstante und damit die Schnelligkeit der Vorrichtung weiter verbessern.

[0015] Mit einem zusätzlichen Heizelement zur Erzeugung eines Basisdrucks, der geringfügig unter dem Öffnungsdruck des Abspritzventils liegt, lassen sich Druckdosiergenauigkeit und Dynamikbereich weiter verbessern.

[0016] Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt eine mögliche Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

- Figur 2 zeigt die selbe Vorrichtung wie in Figur 1, jedoch während der Befüllphase.
- Figur 3 zeigt die selbe Vorrichtung wie in Figur 1, jedoch während der Abspritzphase.
- 5 Figur 4 zeigt den Druckverlauf in der Kammer der Vorrichtung gemäß Figur 1 - 3.
- Figur 5 zeigt eine weitere mögliche Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung.
- Figur 6 zeigt die selbe Vorrichtung wie in Figur 5, jedoch während der Abspritzphase.
- 10 Figur 7 zeigt den Schichtaufbau eines Heizelements.
- Figur 8 zeigt eine besondere Ausgestaltung des Heizelements.
- 15 Figur 9 zeigt das zu dem in Figur 5 gezeigten Heizelement korrespondierende elektrische Ersatzschaltbild.
- Figur 10 zeigt zwei Druckdiagramme.
- Figur 11 zeigt eine Druck-Ansteuerspannungs-Kennlinie eines Heizelementes.
- 20

[0017] Die in Figur 1 gezeigte Vorrichtung zum Zumessen und Zerstäuben von Fluid weist eine Kammer K auf, die mit einem Zulauf Z und einem Ablauf A versehen ist. In der Kammer K ist ein Rückstromventil RV angeordnet, das den Zulauf Z verschließt oder öffnet. Im Ablauf A ist ein Abspritzventil AV vorgesehen. Im Ruhezustand (Figur 1) verriegelt das Rückstromventil RV den Zulauf Z und das Abspritzventil AV den Abfluß A. Im folgenden wird der Begriff verschließbarer Zulauf für das Rückstromventil RV in Verbindung mit dem Zulauf Z verwendet. Beide Ventile RV und AV werden im Ruhezustand über Federn F1, F2 gegen die Ventilsitze VS gepreßt. Beide Federn F1, F2 stützen sich an einem feststehenden Lager ab. Weiterhin ist in der Kammer K ein Heizelement H angeordnet, das über zwei Anschlußleitungen AL mit einer nicht gezeigten Ansteuerelektronik verbunden ist.

[0018] Die Vorrichtung funktioniert wie folgt:

[0019] Über den Zulauf Z wird, wie in Figur 2 gezeigt, ein Fluid bei geöffnetem Rückstromventil RV in die Kammer K gedrückt. Der Einfülldruck bestimmt sich zu $p_z - p_R$, wobei p_z der Zuflußdruck und p_R der Öffnungsdruck des Rückstromventils RV ist. Der Druck p_R , der notwendig ist, um das Rückstromventil RV zu öffnen, kann über die Federhärte und die Federvorspannung der Feder F2 im Rückstromventil RV, sowie über die Geometrie des Rückstromventils RV an den Zuflußdruck p_z angepaßt werden. Das Abspritzventil AV bleibt wegen der stärkeren Vorspannkraft der Feder F1 noch geschlossen. Ist die Kammer K vollständig mit Fluid gefüllt verschließt das Rückstromventil RV die Kammer K.

[0020] Um ein Ansaugen von Gas, z.B. Luft aus dem Außenraum durch das Abspritzventil AV in die Kammer K zu vermeiden, liegt der Öffnungsdruck p_a des Abspritzventils AV über dem Öffnungsdruck p_R des Rückstromventils RV. Hierdurch wird erreicht, daß bei sinkendem Druck in der Kammer K zuerst das Abspritzventil AV schließt.

[0021] Über die Anschlußleitungen AL wird, wie in Figur 3 gezeigt, an das Heizelement H ein elektrischer Ansteuerimpuls I gelegt. Dies führt dazu, daß Teile der Flüssigkeit, die in Kontakt mit der Heizelementoberfläche stehen, innerhalb sehr kurzer Zeit extrem überhitzt werden. Die Flüssigkeit verdampft, es entsteht eine expandierende Dampfblase EDB, die in dem abgeschlossenen Flüssigkeitsvolumen in der Kammer K kurzzeitig einen hohen Überdruck (bezogen auf den Kammerdruck $p_z - p_R$) entstehen läßt, der größer als die Rückstellkraft (der Öffnungsdruck p_a) des Abspritzventils AV ist und dieses dadurch geöffnet wird. Ein Teil des in der Kammer K befindlichen Fluids wird durch die Einspritzdüse ED abgespritzt. Fällt die Dampfblase wieder in sich zusammen, verringert sich der Druck in der Kammer K und bei Unterschreitung des Abspritzventilöffnungsdrucks p_a schließt das Abspritzventil AV selbsttätig. Die in der Kammer K fehlende abgespritzte Flüssigkeitsmenge führt bei einem weiteren Zusammenfallen der Dampfblase zu einem Unterdruck (bezogen auf das stationäre Kammerdruckniveau $p_z - p_R$), wodurch das Öffnen des Rückstromventils RV und das Wiederbefüllen der Kammer K bewirkt wird. Nach dem Wiederbefüllen kann der oben beschriebene Vorgang erneut ausgelöst werden.

[0022] Die Teile der Flüssigkeit, die in Kontakt mit der Heizoberfläche stehen, werden innerhalb kürzester Zeit überhitzt, wobei die physikalische Grenze der Überhitzbarkeit durch die Temperatur der Flüssigkeit am kritischen Punkt gegeben ist.

[0023] Die Figur 4 zeigt im oberen Teil ein Druck-/Zeitdiagramm bei dem auf der Ordinate der Kammerinnendruck P_K und auf der Abszisse die Zeit t angetragen ist. Mit I ist ein elektrischer Ansteuerimpuls gekennzeichnet. Im unteren Teil der Figur 4 ist ein Ansteuerspannungs-/Zeitdiagramm abgebildet, bei dem auf der Ordinate die Ansteuerspannung U und auf der Abszisse wiederum die Zeit t angetragen ist. Bei dem Verdampfungsvorgang - es findet hierbei ein Phasenübergang von flüssig nach dampfförmig statt - entsteht in der abgeschlossenen Kammer K kurzzeitig ein hoher

Überdruck, der zum Abspritzen der Flüssigkeit aus dem federbelasteten Abspritzventil AV führt, sobald der Druck p_k in der Kammer K den Abspritzventilöffnungsdruck p_a überschreitet. Der Verdampfungsvorgang führt zur Ausbildung der unter hohem Kammerinnendruck p_k expandierenden Dampfblase EDB. Er wird von der Wärmemenge gespeist, die in der dünnen überhitzten Flüssigkeitsschicht über dem Heizelement gespeichert ist. Die Expansion der Dampfblase hält so lange an wie die zum weiteren Verdampfen von Flüssigkeit an der Phasengrenzfläche der Dampfblase benötigte Verdampfungswärme aus Teilen der zuvor überhitzten dünnen Flüssigkeitsschicht durch Wärmeleitung herbeigeführt werden kann. Die obere Schraffur im Diagramm kennzeichnet den Abspritzvorgang AV, während die untere Schraffur den Befüllvorgang BV darstellt.

[0024] Der Spitzendruck (= Kammerdruck p_k) kann einige 100 bar erreichen. Dadurch erfolgt die Einspritzung des Fluids in Form eines wesentlich feineren Aerosols als dies bei den mit 2 bis 3 bar Einspritzdruck arbeitenden elektromagnetischen Einspritzventilen der Fall ist.

[0025] Typische Werte sind für:

Abspritzventilöffnungsdruck p_a : 5 bar

Zuflußdruck p_z : 3 bar

Rückstromventilöffnungsdruck p_R : 1 bar

[0026] Eine weitere Ausgestaltungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt Figur 5. Die Kammer K weist hier einen Zulauf Z, einen Rücklauf R und einen Ablauf A auf. Der Zulauf Z ist durch ein erstes Absperrventil AV1 von der Kammer K hermetisch trennbar. Der Rücklauf R ist von der Kammer K durch ein zweites Absperrventil AV2 hermetisch trennbar. Der Ablauf A ist hier auf die selbe Weise, wie in Figur 1 gezeigt und oben bereits beschrieben, ausgebildet. Ebenso wie in Figur 1 befindet sich in Figur 5 in der Kammer K ein Heizelement H, das über Anschlußleitungen AL mit einer nicht gezeigten Ansteuerelektronik verbunden ist. Die Absperrventile AV1 und AV2 können elektrisch, hydraulisch, pneumatisch oder mechanisch angetrieben werden.

[0027] Die Vorrichtung gemäß Figur 5 funktioniert wie folgt:

[0028] Während der Spülphase, gleichbedeutend mit der Befüllphase, sind die beiden Absperrventile AV1 und AV2 geöffnet, d.h. die Flüssigkeit strömt vom Zulauf Z durch die Kammer K in den Rücklauf R.

[0029] Ist der Spülvorgang beendet, vergleiche Figur 6, werden die beiden Absperrventile AV1 und AV2 geschlossen, d.h. die Verbindung zwischen Zulauf Z und Kammer K und die Verbindung zwischen Kammer K und Rücklauf R wird unterbrochen. Eine an das Heizelement H angelegte Spannung führt dazu, daß die an der Heizelementoberfläche befindliche Flüssigkeit sehr schnell verdampft und der Druck in der Kammer entsprechend schnell anwächst. Beim Überschreiten des Abspritzventilöffnungsdrucks p_a öffnet sich das Abspritzventil AV, und die Flüssigkeit wird durch die Einspritzdüse ED abgespritzt. Sobald der Druck in der Kammer K unter den Abspritzventilöffnungsdruck p_a fällt, schließt das Abspritzventil AV selbsttätig. Die beiden Absperrventile AV1 und AV2 können geöffnet werden und der oben beschriebene Vorgang kann von neuem beginnen.

[0030] Während der Spülphase wird die Kammer K zum Wiederbefüllen und Austreiben von residuellen Dampfblasen von der Flüssigkeit durchflossen.

[0031] Der Zustand starker Überhitzung läßt sich in der Flüssigkeit nur für sehr kurze Zeit aufrechterhalten, da bereits durch geringste unvermeidbare Störungen, wie thermische Fluktuationen der Phasenübergang flüssig nach dampfförmig eingeleitet wird. Ein solcher Zustand wird als metastabil bezeichnet. Daraus folgt, daß die Überhitzung der Flüssigkeit innerhalb einer Zeitspanne erfolgen muß, die kleiner als die Zerfallszeit für diesen metastabilen Aggregatzustand ist. Für diesen Zweck besonders gut geeignet ist ein planares Dünnschicht- oder Dickschichtheizelement, das trotz einer großen wirksamen Oberfläche eine sehr kleine thermische Zeitkonstante τ_{therm} ($0,1\mu\text{s} < \tau_{\text{therm}} < 100\text{ms}$) hat.

[0032] Die thermische Zeitkonstante τ_{therm} eines solchen Dünnschicht- oder Dickschichtheizelements, wie in Figur 7 dargestellt, wird dabei durch die Wärmekapazität der Widerstandsschicht und die Summe der Wärmekapazitäten der elektrischen, chemischen und mechanischen Schutz- und Passivierungsschichten DS, DF und WB bestimmt, in die das Heizelement H zur Erhöhung der Lebensdauer eingebettet werden muß.

[0033] Wie in Figur 7 dargestellt ist, weist das Heizelement H mehrere Schichten auf. Das Schichtsystem hat neben der genannten Schutzfunktion eine differenzierte thermische Funktion zu erfüllen. Um Wärmeverluste während der Aufheizphase gering zu halten, ist die Wärmequelle WQ, auch als Heizschicht bezeichnet, von dem thermisch sehr gut leitenden Si-Substrat S, auch als Wärmesenke bezeichnet, (spezifische Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{Si}} = 150\text{W/mK}$) durch eine um den Faktor 100 schlechter wärmeleitende Wärmebarriere WB (spezifische Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{SiO}_2} = 1,5\text{W/mK}$) der Dicke d aus SiO_2 getrennt. Die Eindringtiefe δ der sich von der Wärmequelle WQ, die in Form einer Widerstandsschicht ausgebildet ist, innerhalb der Aufheizzeit Δt ausbreitenden Wärmewelle kann näherungsweise mit Hilfe der Formel

$$\delta = 1,28 \cdot \sqrt{a \cdot \Delta t}$$

berechnet werden, wobei a die Temperaturleitfähigkeit ist und sich aus

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

bestimmen läßt. λ ist die spezifische Wärmeleitfähigkeit, ρ die Dichte und c die spezifische Wärmekapazität. Um die Heizschicht WQ während der Aufheizzeit Δt thermisch wirkungsvoll vom Silizium-Substrat S zu entkoppeln, muß die Dicke d der Wärmebarriere WB größer als die Eindringtiefe δ sein, d.h. die Dicke d der Wärmebarriere WB muß so gewählt werden, daß die sich von der Wärmequelle WQ ausbreitende Wärmewelle innerhalb der Aufheizzeit Δt nicht das Si-Substrat S erreicht. Für typische Aufheizzeiten von $\Delta t = 6\mu\text{s}$ ergibt sich beispielsweise eine minimal notwendige Dicke d der Wärmebarriere WB von $d > 3\mu\text{m}$, wobei die Temperaturleitfähigkeit $a_{\text{SiO}_2} \approx 0,874 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ beträgt. Für einen neuen Betätigungsvorgang müssen die Wärmequelle WQ und der übrige Schichtaufbau vorher auf die niedrigere, unter dem Siedepunkt der Flüssigkeit F liegende Umgebungstemperatur abgekühlt sein. Es ist daher nicht zweckmäßig, die Dicke d der Wärmebarriere WB zu erhöhen, da sich hierdurch erstens der Energiebedarf nicht weiter verringern läßt und zweitens die Wiederholfrequenz aufgrund der längeren Abkühlpausen abnimmt.

[0034] Um eine stabile Arbeitsweise und einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen, muß die in der Wärmequelle WQ erzeugte Wärme möglichst verlustfrei und schnell in die Flüssigkeit übertragen werden. Dies kann durch ein Deckschichtmaterial mit einer hohen Temperaturleitfähigkeit bei geringer Dicke erreicht werden. Da die Deckschicht DS, auch als Wärmeleitschicht bezeichnet, zusätzlich noch eine elektrische und chemische Isolationsfunktion hat, eignen sich hierfür bevorzugt mittels Plasmaabscheideverfahren (CVD, PECVD etc.) oder Sputtern abgeschiedene Dielektrika oder Materialien mit geringer elektrischer, aber möglichst hoher thermischer Leitfähigkeit, wie Si_3N_4 , SiC und eingeschränkt SiO_2 .

[0035] Zum Schutz der Heizelementoberfläche vor Kavitationseffekten, die beim Zusammenfallen (=Kollaps) der Dampfblase entstehen, kann die Deckschicht DS zusätzlich mit einem dünnen, vorzugsweise metallischen Dünnschicht DF (= Schutzschicht), zum Beispiel Tantal bedeckt werden. Obwohl das thermische Verhalten dadurch etwas verschlechtert wird, steigt die Lebensdauer des Heizelements H durch diese Maßnahme erheblich.

[0036] Der Aufbau der Deckschicht DS und des Dünnschicht DF ist auf die verwendete Flüssigkeit F individuell abzustimmen.

[0037] Das Heizelement H kann beispielsweise durch Sputtern oder Aufdampfen von hochschmelzenden Metallen oder deren Verbindungen hergestellt und mit Hilfe phototechnischer Verfahren strukturiert werden. Als für die Heizwiderstandsschicht WQ besonders geeignete Materialien haben sich die Boride der Übergangsmetalle, insbesondere HfB_2 und ZrB_2 erwiesen. Die HfB_2 -Verbindung ist wegen ihres sehr hohen Schmelzpunktes $T_m \approx 3600^\circ\text{C}$, ihres sehr kleinen Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstandes $T_k \approx -70\text{ppm}$ und der sehr guten Haftfestigkeit auf SiO_2 für die Anwendung als Wärmequelle WQ (elektrothermischer Wandler) besonders gut geeignet.

[0038] Die Haftfestigkeit ist für die Lebensdauer des Heizelementes H von großer Bedeutung, da durch die sehr schnellen Aufheiz- und Abkühlvorgänge im Schichtsystem sehr hohe thermomechanische Spannungen entstehen.

[0039] Für das Heizelement H haben sich folgende Maße und Materialien als besonders geeignet erwiesen:

Schicht	Dicke	Material	Funktion/Bemerkung
Dünnschicht DF	0,6 μm	Tantal	Kavitationsschutz
Deckschicht DS	1,0 μm	Si_3N_4	Passivierung
Wärmequelle WQ	0,2 μm	HfB_2	Heizwiderstand
Wärmebarriere WB	3,0 μm	SiO_2	Passivierung
Wärmesenke S	560 μm 1 - 10mm	Si Al	Substrat mechanischer Träger

[0040] Die abgespritzte Flüssigkeitsmenge ist sowohl zu der Einwirkdauer als auch zu der Höhe des in der Flüssigkeit wirkenden Drucks proportional. Über die wirksame Fläche des Heizelements H kann man damit auf die abgespritzte Flüssigkeitsmenge Einfluß nehmen. Eine besonders vorteilhafte Anordnung zum Heizen zeigt Figur 8. Hierbei ist das gesamte Heizelement H in einzelne getrennt ansteuerbare Einzelheizelemente EH unterteilt, wobei die Flächen der Einzelheizelemente EH beispielsweise binär gewichtet sind, d.h. wenn F_0 die Fläche des kleinsten Einzelheizelements

EH ist, so betragen die Flächen der folgenden Einzelheizelemente EH in aufsteigender Reihenfolge $2^1 \cdot F_0$, $2^2 \cdot F_0$, ... $2^n \cdot F_0$, wobei n die Anzahl der einzelnen Heizelemente EH darstellt.

[0041] In Figur 8 sind fünf Einzelheizelemente EH gezeigt. Damit lassen sich 32 Druckstufen erzeugen. Weisen die Heizflächen der Einzelheizelemente EH jeweils die gleiche Breite l und jeweils die gleiche Dicke D auf, ergibt sich bei einer Spannungsansteuerung eine für alle Einzelheizelemente EH gleichbleibende Flächenleistungsdichte $P_n/F_n = \text{const.}$, wobei die Leistung P_n des n-ten Einzelheizelements EH sich aus

$$P_n = n \cdot U^2 / R_0$$

und

$$R_0 = \frac{\rho_H \cdot l}{D \cdot b}$$

ergibt.

[0042] Mit einem nach dieser Methode strukturierten Heizelement H lassen sich durch individuelle Ansteuerung der einzelnen Heizelemente EH, siehe elektrisches Ersatzschaltbild Figur 9, somit 2^n äquidistante Schaltzustände, sprich Druckstufen erzeugen. Das gesamte Heizelement H stellt damit einen Digital-Analog-Wandler dar, mit dem es möglich ist, digitale elektronische Spannungssignale in äquivalente analoge Drucksignale umzuwandeln. Aufgrund der Proportionalität zwischen Druckamplitude/Wirkdauer und Einspritzmenge kann man z.B. bei einem nach obigen Verfahren acht-fach gewichteten Heizelement H die Einspritzmenge in 256 Abstufungen dosieren.

[0043] Da zum Abspritzen der Flüssigkeit zunächst der Abspritzdüsenöffnungsdruck p_a überwunden werden muß, ist es vorteilhaft, den linearen Arbeitsbereich des nach dem Digital-/Analog-Wandlerprinzip arbeitenden Spannungs-/Druckwandlers erst in der Nähe des Öffnungsdrucks p_a des Abspritzventils AV beginnen zu lassen. In Figur 10 ist hierzu links ein Druck/Heizflächendiagramm ohne Basisdruck und rechts mit Basisdruck dargestellt. Dieser kann mit Hilfe eines zusätzlichen einzelnen Heizelementes der Fläche $F_B = k \cdot F_0$ erzeugt werden, wobei k eine an die Randbedingungen der Vorrichtung angepaßte Konstante ist. Dieses jeweils mitbetriebene Basis-Heizelement dient zur Erzeugung eines Basisdrucks, der im allgemeinen etwas geringer als der Öffnungsdruck p_a des Abspritzventils AV ist. Je nach Auslegung kann auf diese Weise entweder die Druckdosiergenauigkeit gesteigert oder der Dynamikbereich vergrößert werden.

[0044] Ein wesentlicher Vorteil des beschriebenen Druckerzeugungsverfahrens besteht darin, daß der Druckimpuls nach Überschreiten eines Schwellwerts der Ansteuerspannung U über einen weiten Bereich nahezu konstant und unabhängig von der Betriebsspannung ist. Dieses, in Figur 11 dargestellte Verhalten ist in der Thermodynamik und Kinetik des Wirkprinzips begründet. Der Arbeitsbereich AB eines solchen thermodynamischen Heizelements H ist durch das Auftreten eines Plateaus in der Druck-/Ansteuerspannungskennlinie gekennzeichnet. Deshalb kann ein umständliches und teures Abgleichverfahren entfallen. Für den praktischen Betrieb ist ein Arbeitspunkt in der Nähe des linken Plateaubereichs zu bevorzugen. Da dieser einerseits genügend weit von dem instabilen ansteigenden Ast der Kennlinie entfernt ist und andererseits eine unnötige thermische Überlastung des Heizelementes H vermieden wird. Am Punkt TZ der Kennlinie tritt die thermische Zerstörung des Heizelements H ein.

[0045] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist als Kraftstoffeinspritzventil mit elektrothermischem Flüssigkeitsverdampfer als druckerzeugenden Antriebselement geeignet. Eine sehr präzise Dosierung auch kleinster Einspritzmengen zu exakt definierten Zeitpunkten bei einer Zeitauflösung von einigen μs ist möglich.

[0046] Zusätzliche Vorteile der Vorrichtung sind die gute Aerosolqualität, die Möglichkeit einer einfachen (digitalen) elektronischen Leistungsansteuerung, die Verschleißarmut und eine hohe Lebensdauer (wenige mechanisch bewegte Teile), die einfache und kostengünstige Herstellbarkeit der Vorrichtung, welche letztlich auch einen Aktor darstellt, mit Batchmethoden der Dünnfilmprozeßtechnik, die geringe Baugröße des Aktors (einige mm^2 Aktorfläche) und die hohe Arbeitsfrequenz.

[0047] Das Rückstromventil RV, das Abspritzventil AV und die Absperrventile AV1, AV2 müssen nicht, wie in den Figuren gezeigt ausgebildet sein. In den Figuren ist eine mögliche Ausgestaltung gezeigt. Jedoch steht die gesamte Palette an bekannten Ventilen zur Verfügung. H. J. Matthies beschreibt in "Einführung in die Ölhydraulik", Teubner-Verlag, Stuttgart, 1991 im Kapitel "Elemente und Geräte zur Energiesteuerung und Regelung (Ventile)" Ventile, die für die obengenannte Vorrichtung verwendbar sind.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Zumessen und Zerstäuben von Fluid,

- bei der eine mit dem Fluid (F) befüllbare Kammer (K) vorgesehen ist,
- bei der in der Kammer (K) ein planares Heizelement (H) zum Erhitzen des Fluids (F) vorgesehen ist,
- bei der die Kammer (K) einen verschließbaren Zulauf (Z) aufweist, welcher während des Heizvorgangs verschlossen ist, und
- bei der die Kammer (K) zur Abgabe des Fluids (F) an die Umgebung einen verschließbaren Abfluß (A) aufweist,

dadurch gekennzeichnet, daß

das Heizelement (H) mehrere Einzelheizelemente (EH) aufweist, die separat ansteuerbar sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Einzelheizelemente (EH) unterschiedlich große wirksame Heizflächen aufweisen.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- bei der die Größe der Wirkoberfläche der Einzelheizelemente (EH) binär gewichtet ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- bei der ein zusätzliches Heizelement (H) zur Erzeugung eines Basisdruckes vorgesehen ist, der unter dem Öffnungsdruck eines Abspritzventiles (AV) liegt.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- bei der das Heizelement (H) ein Dünnschicht-Heizelement ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- wobei dem Abfluß (A) eine Einspritzdüse (ED) nachgeordnet ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- bei der die Kammer (K) einen verschließbaren Rücklauf (R) aufweist, welcher während des Heizvorgangs verschlossen ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- bei der der Zulauf (Z) oder der Abfluß (A) oder beide federbelastete Ventile (RV;AV) aufweisen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7,

- bei der der verschließbare Rücklauf (R) ein federbelastetes oder elektrisch steuerbares Ventil (AV2) aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- bei der das Heizelement (H) ein wärmeleitendes Substrat (S) aufweist, über welchem eine Wärmebarriere (WB) angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10,

- bei der über der Wärmebarriere (WB) eine Wärmequelle (WQ) angeordnet ist, und
- bei der über der Wärmequelle (WQ) eine Wärmeleitschicht (DS) angeordnet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11,

- bei der über der Wärmeleitschicht (DS) eine Schutzschicht (DF) angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12,

- bei der die Dicke d der Wärmebarriere (WB) der Ungleichung

$$d > 1,28 \cdot \sqrt{a \cdot \Delta t}$$

- genügt,
- wobei a die Temperaturleitfähigkeit der Wärmebarriere (WB) und Δt die Aufheizzeit der Wärmequelle (WQ) ist.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Heizelement (H) aufweist:

- einen mechanischen Träger aus Aluminium der Dicke 1-10 mm,
- als Substrat (S) eine Siliziumschicht der Dicke 560 μm , die auf dem mechanischen Träger angebracht ist,
- einer auf dem Substrat aufgetragenen Wärmebarriere (WB) aus SiO_2 der Dicke 3,0 μm zur Reduzierung der Wärmeleitung bzw. zur Passivierung,
- eine auf der Wärmebarriere (WB) aufgetragenen Wärmequelle (WQ) aus HfB_2 der Dicke 0,2 μm als Heizwiderstand,
- eine Deckschicht (DS) aus Si_3N_4 der Dicke 1,0 μm zur Wärmeleitung und Passivierung,
- einen Dünnschicht (DF) aus Tantal der Dicke 0,6 μm zum Kavitationsschutz.

15. Verwendung der Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Zumessen und Zerstäuben von Kraftstoff.

Claims

1. Device for metering and atomizing fluid,

- in which there is a chamber (K) which can be filled with the fluid (F),
- in which in the chamber (K) there is a planar heating element (H) for heating the fluid (F),
- in which the chamber (K) has a closeable inlet which is closed during the heating operation, and
- in which the chamber (K) has a closeable outlet (A) for discharging the fluid (F) to the environment,

characterized in that

the heating element (H) has a plurality of individual heating elements (EH) which can be controlled separately.

2. Device according to Claim 1, in which the individual heating elements (EH) have different sizes of active heating surfaces.

3. Device according to one of the preceding claims,

- in which the size of the active surface of the individual heating elements (EH) has a binary weighting.

4. Device according to one of the preceding claims,

- in which there is an additional heating element (H) for generating a basic pressure which is lower than the opening pressure of a discharge valve (AV).

5. Device according to one of the preceding claims,

- in which the heating element (H) is a thin-film heating element.

6. Device according to one of the preceding claims,

- in which an injection nozzle (ED) is arranged downstream of the outlet (A).

7. Device according to one of the preceding claims,

- in which the chamber (K) has a closeable return (R) which is closed during the heating operation.

8. Device according to one of the preceding claims,

- in which the inlet (Z) or the outlet (A) or both have spring-loaded valves (RV; AV).

9. Device according to Claim 7,

- in which the closeable return (R) has a spring-loaded or electrically controllable valve (AV2).

10. Device according to one of the preceding claims,

- in which the heating element (H) has a thermally conductive substrate (S) above which a thermal barrier (WB) is arranged.

11. Device according to Claim 10,

- in which a heat source (WQ) is arranged above the heat barrier (WB), and
- in which a thermally conductive layer (DS) is arranged above the heat source (WQ).

12. Device according to Claim 11,

- in which a protective layer (DF) is arranged above the thermally conductive layer (DS).

13. Device according to one of Claims 10 to 12,

- in which the thickness d of the heat barrier (WB) satisfies the inequality

$$d > 1.28 \cdot \sqrt{a \cdot \Delta t},$$

- where a is the thermal conductivity of the heat barrier (WB) and Δt is the heat-up time of the heat source (WQ).

14. Device according to one of the preceding claims, in which the heating element (H) has:

- a mechanical support made from aluminium with a thickness of 1-10 mm,
- as substrate (S) a silicon layer with a thickness of 560 μm , which is arranged on the mechanical support,
- a heat barrier (WB) comprising SiO_2 with a thickness of 3.0 μm , which is applied to the substrate in order to reduce the thermal conductivity and/or for passivation purposes,
- a heat source (WQ) comprising HfB_2 with a thickness of 0.2 μm , which has been applied to the heat barrier (WB) as a heating resistor,
- a covering layer (DS) comprising Si_3N_4 with a thickness of 1.0 μm for thermal conductivity and passivation,
- a thin film (DF) of tantalum with a thickness of 0.6 μm to protect against cavitation.

15. Use of the device according to one of the preceding claims for metering and atomizing fuel.

Revendications

1. Dispositif pour le dosage et l'atomisation de fluide,

- dans lequel est prévue une chambre (K) apte à être remplie d'un fluide (F),
- dans lequel un élément chauffant (H) plan est prévu dans la chambre (K) pour le chauffage du fluide (F),
- dans lequel la chambre (K) présente une amenée (Z) apte à être fermée et qui est fermée pendant l'opération de chauffe, et
- dans lequel la chambre (K) présente pour l'émission du fluide (F) dans l'environnement une sortie (A) apte à

être fermée,

caractérisé en ce que

l'élément chauffant (H) présente plusieurs éléments chauffants individuels (EH) qui peuvent être activés séparément.

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel les éléments chauffants individuels (EH) présentent des surfaces chauffantes actives de différentes tailles.

3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la taille de la surface active des éléments chauffants individuels (EH) est pondérée de manière binaire.

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel un élément chauffant (H) supplémentaire est prévu pour la création d'une pression de base qui est inférieure à la pression d'ouverture d'une vanne de pulvérisation (AV).

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'élément chauffant (H) est un élément chauffant à couche mince.

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel un gicleur d'injection (ED) est disposé en aval de la sortie (A).

7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la chambre (K) présente un retour (R) apte à être refermé et qui est fermé pendant l'opération de chauffe.

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'amenée (Z) ou la sortie (A) ou les deux présentent des vannes (RV; AV) commandées par ressort.

9. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel le retour (R) apte à être fermé présente une vanne (AV2) commandée par ressort ou électriquement.

10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'élément chauffant (H) présente un substrat (S) thermiquement conducteur au-dessus duquel est disposée une barrière thermique (WB).

11. Dispositif selon la revendication 10, dans lequel une source de chaleur (WQ) est disposée au-dessus de la barrière thermique (WB), et dans lequel une couche thermiquement conductrice (DS) est disposée au-dessus de la source de chaleur (WQ).

12. Dispositif selon la revendication 11, dans lequel une couche de protection (DF) est disposée au-dessus de la couche thermiquement conductrice (DS).

13. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 12, dans lequel l'épaisseur d de la barrière thermique (WB) satisfait l'inéquation

$$d > 1,28 \cdot \sqrt{a \cdot \Delta t}$$

dans laquelle a représente la conductibilité thermique de la barrière thermique (WB) et Δt la durée de chauffe de la source de chaleur (WQ).

14. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'élément chauffant (H) présente:

- un support mécanique en aluminium, d'une épaisseur de 1 à 10 mm,
- comme substrat (S), une couche de silicium d'une épaisseur de 560 μm qui est appliquée sur le support mécanique,
- une barrière thermique (WB) en SiO_2 appliquée sur le support à une épaisseur de 3,0 μm , pour réduction de la conduction thermique ou pour passivation,
- une source de chaleur (WQ) appliquée sur la barrière thermique (WB), en HfB_2 d'une épaisseur de 0,2 μm ,

comme résistance chauffante,

- une couche de recouvrement (DS) en Si_3N_4 d'une épaisseur de $1,0\text{ }\mu\text{m}$ pour conduction thermique et passivation, et
- un film mince (DF) en tantale, d'une épaisseur de $0,6\text{ }\mu\text{m}$, pour la protection contre la cavitation.

5 **15.** Utilisation du dispositif selon l'une des revendications précédentes pour le dosage et l'atomisation de carburant.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

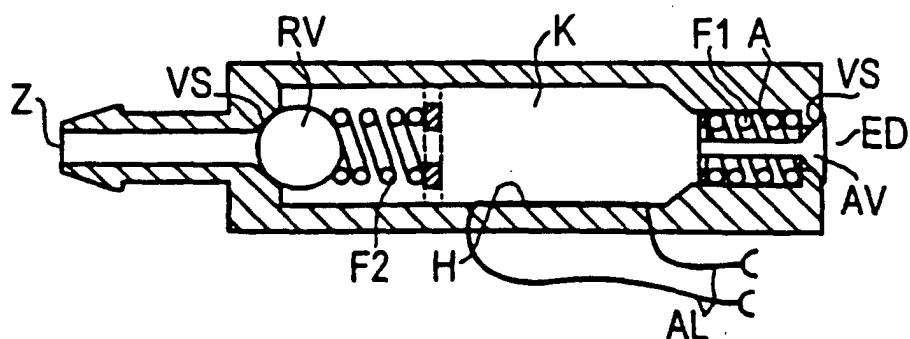


FIG 2

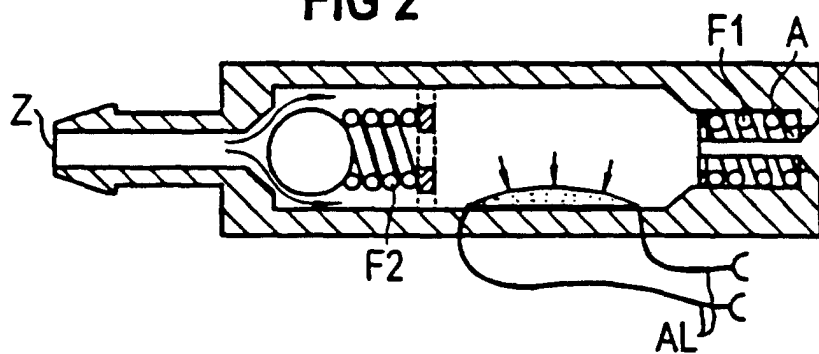
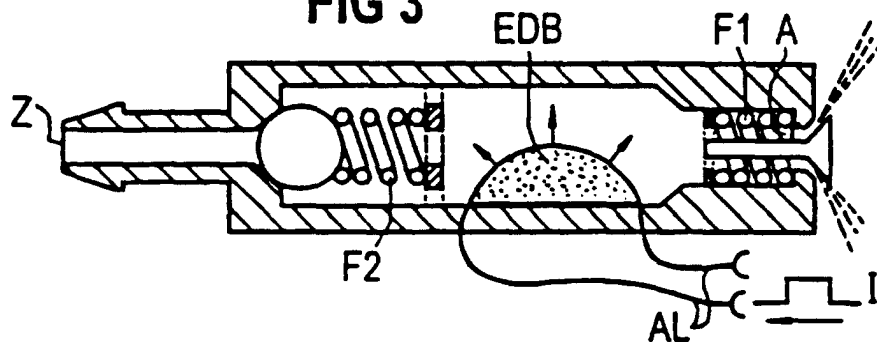


FIG 3



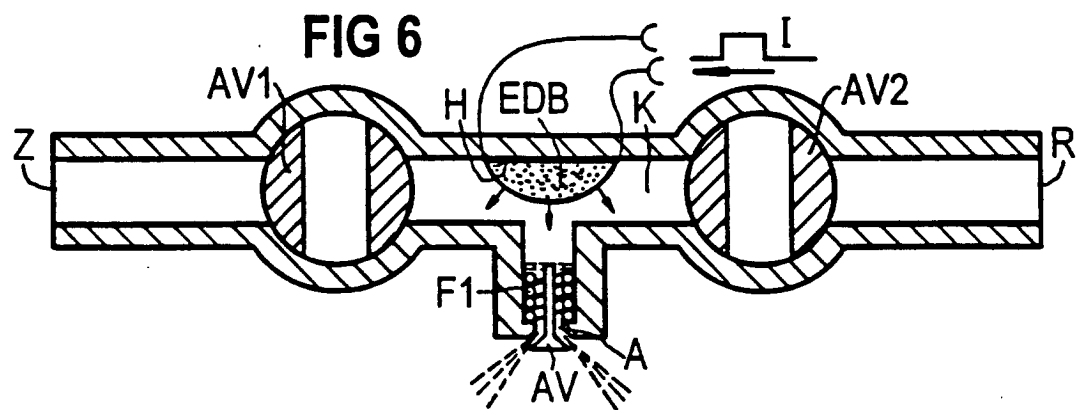
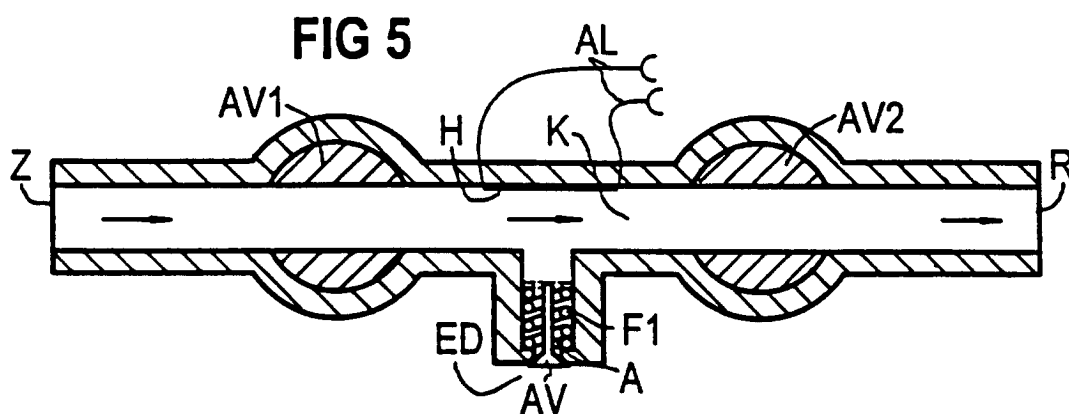
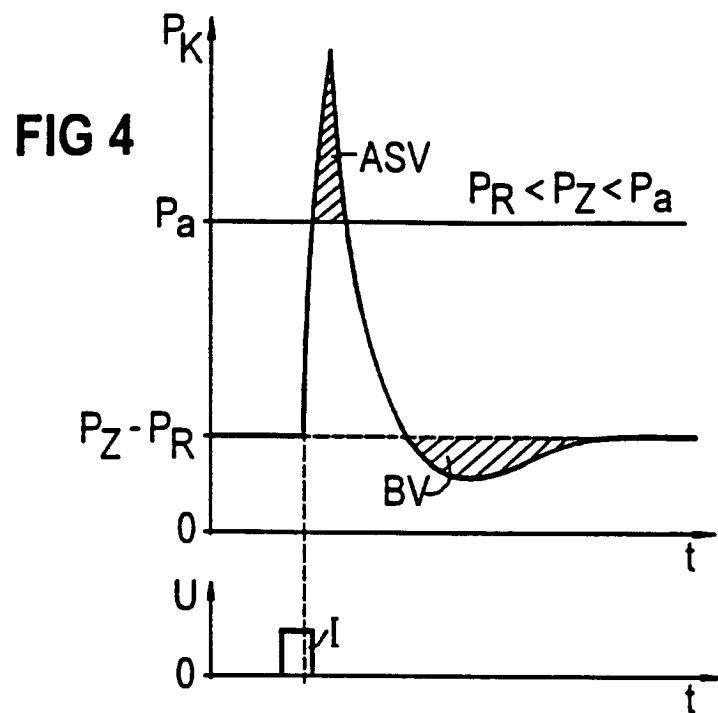


FIG 7

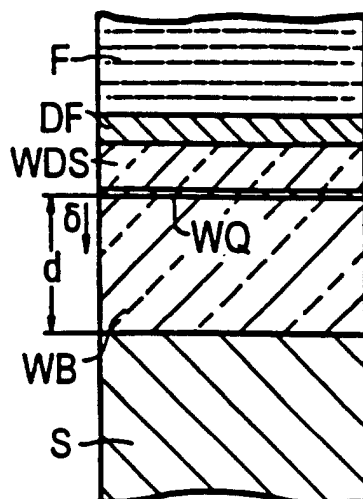


FIG 8

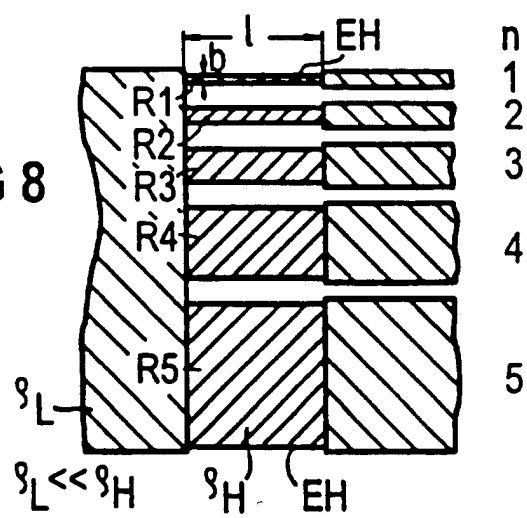


FIG 9

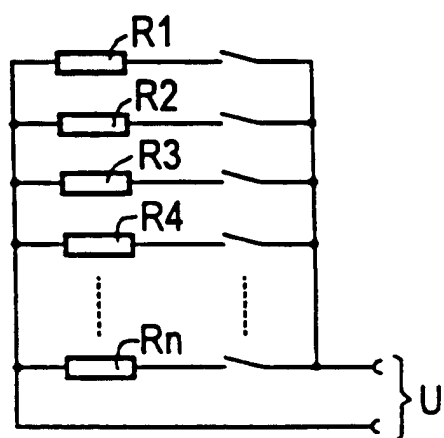


FIG 10

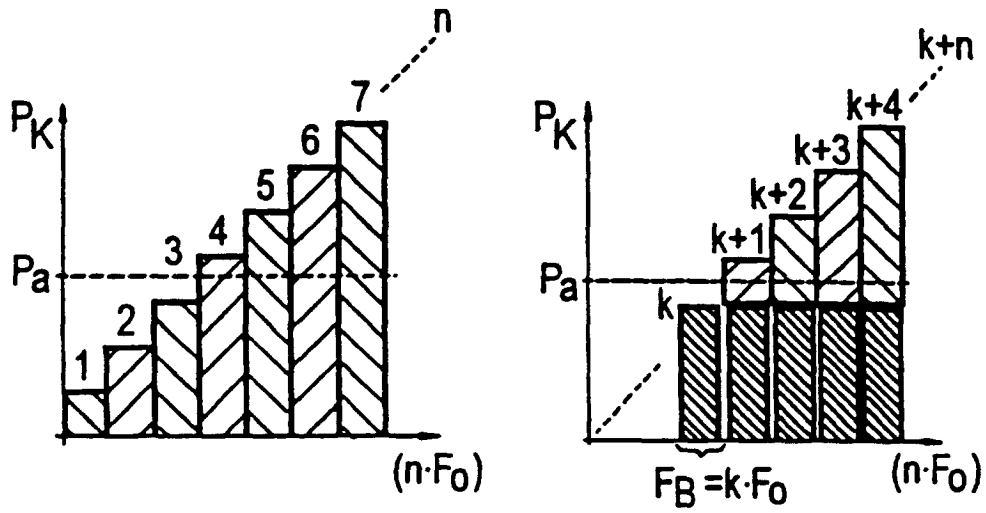


FIG 11

