



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 103 28 937 B4 2005.07.28

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 103 28 937.2  
(22) Anmeldetag: 27.06.2003  
(43) Offenlegungstag: 20.01.2005  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 28.07.2005

(51) Int Cl.7: B23H 1/02  
B26F 1/28

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:  
Grosse, Werner, 45657 Recklinghausen, DE

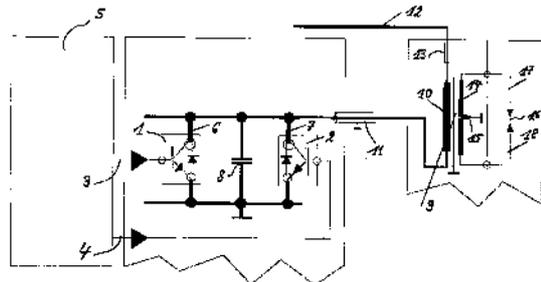
(72) Erfinder:  
gleich Patentinhaber

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 197 08 311 C1  
DE 196 16 019 C2  
DE 101 09 100 C1  
DE 44 03 758 C2  
DE 43 00 635 C2  
DE 42 43 721 C2  
DE 40 18 209 A1  
EP 04 60 369 A1

(54) Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung einer dualen Hochleistungsschaltung zur elektrostatischen Perforation

(57) Hauptanspruch: Verfahren einer dualen Hochleistungsschaltung zur elektrostatischen Perforation, also mittels Funkendurchschlag erzeugte Poren in laufende Papier- oder andere elektrisch nicht leitende Bahnen, wie z.B. Zigaretten-, Mundstückbelag- und Kaffeefilterpapiere, Filterumhüllungspapiere so genannte plug-wraps, Sicherheitspapiere, holografisch bedruckte, foliengepresste, beschichtete Papier- oder Verpackungsbahnen die zumindest im Bereich der unterschiedlich ausgebildeten Perforationen ein gewisses Maß an Gas- oder Wasserdurchlässigkeit aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass zwei schaltungstechnisch identische Halbleiterzweige 1, 2, mit einer Gleichspannungszuführung 12 und einer gemeinsamen Ladekapazität 8 sowie einer räumlich abgesetzten, gemeinsamen Primärinduktivität 10 als Hochspannungstransformator 9 mit unterschiedlicher Frequenz und Pulsen 20, 24 periodisch oder nicht periodisch als Aufwärtswandler und betrieben werden.



**Beschreibung****Stand der Technik**

**[0001]** Die Erfindung beschreibt ein Verfahren und dazu gehörende Vorrichtung einer dualen Hochleistungs-Halbleiterschaltung zur elektrostatischen Perforation für laufende Bahnmaterialien, wobei die Perforation in Form von Zonen, Spuren, Lochreihen, Feldern mit unterschiedlichen Größen und Positionen oder Perforationsbereiche, die im wesentlichen parallel zur Transportrichtung der Bahn angeordnet sind.

**[0002]** Unter bewegtem Bahnmaterial sind im Zusammenhang der Erfindung insbesondere Papier- oder anderweitig veredelte Bahnen zu verstehen, wie z.B. Zigaretten-, Mundstückbelag- und Kaffeefilterpapiere, Filterumhüllungspapiere so genannte plug-wraps, Sicherheitspapiere, holografisch bedruckte, foliengepresste, beschichtete Papier- oder Verpackungsbahnen die zumindest im Bereich der unterschiedlichen Perforationen ein gewisses Maß an Gas- oder Wasserdurchlässigkeit aufweisen. Diese Bahnen werden als Rollen im Breitbahnformat oder als Schmalrollen; den so genannten Bobienen, aufgerollt und weiterverarbeitet.

**[0003]** Die elektrostatische Perforation generiert durch kurze Hochspannungsimpulse und Funkenentladungen in die im engen Elektrodenspalt, von z.B. 1.5 mm, durchlaufende Materialbahn statistisch unregelmäßig oder auch regelmäßig verteilte Löcher oder Lochreihen im Durchmesserbereich von 5–250 µm, wobei die Lochdurchmesser durch Änderung der Materialeigenschaften beeinflusst, bis zu 20 % schwanken können.

**[0004]** Die mit dem menschlichen Auge nicht sichtbare Mikroperforation, wird zur Ventilation, Atmungsaktivierung, Luftauslass oder zur Flüssigkeitsfiltration der Materialbahn benötigt, dies z.B. für den Luftbypass im Filter der Filterzigaretten, der Gasdurchlässigkeit für Hygienesowie Medizinprodukte und dergleichen mehr. Die Perforationen könne hierbei flächen-, zonen- wie auch linienförmig und in frei wählbaren Abständen innerhalb der Bahnen verteilt sein. Flächenperforationen erlauben Lochdichten bis zu 4 Millionen Poren pro m<sup>2</sup> und Zonenanordnungen mit Breiten von 2–6 mm können bis zu 300 Poren pro cm<sup>2</sup> erzeugen, ohne dass Beeinträchtigungen der Materialbahn auftreten.

**[0005]** Mit den Halbleiterschaltungen für elektrostatische Perforationsprozesse müssen die Entladungsenergien der Funkenstrecken im Bereich von 0.2–3.5 mJ bei Wiederholungsfrequenzen von 500–10.000 Hz exakt steuerbar sein, um ein optimales Lochbild zur gewünschten Lochgröße, Lochdichte und Porosität durch die elektrische Energiezufuhr zu erhalten und im weiteren einen möglichst hohen elektrischen Wirkungsgrad zur Perforationsleistung, hier der Porositätsgrad zur Bahngeschwindigkeit, zu erzielen.

**[0006]** Ohne im weiteren auf grundlegende physikalisch-elektrische Details und Erklärungen zur elektrostatischen Perforation einzugehen, wird im Zusammenhang mit dieser Erfindung auf die Patentschrift – Vorrichtung einer modularen Schaltungs- und Übertragungseinheit für die elektrostatische Perforation DE 197.08.311 C1 – verwiesen. In deren Einleitung sind auch die für die Erfindung zutreffenden elektrischen Verhältnisse umfassend erläutert.

**[0007]** Durch die ständig steigenden Anforderungen der Perforationsleistungen und Perforationsqualitäten für MEGA-POWER oder andere Breitbahn-Perforationsanlagen und Bobienen-Schmalbahnanlagen, mit Porositäten bis zu 4000 C.U. und bei Bahngeschwindigkeiten von beispielsweise 280 m/min für Porositäten von 600 C.U., sind mit den bestehenden Schaltungskonzepten, welche mit jeweils einem IGBT oder MOSFET Halbleiter pro Perforationskanal arbeiten, technologische Grenzen gesetzt, und in keiner Weise mehr erfüllbar.

**[0008]** Die Parallelschaltung von Halbleitern ist aufgrund der Schaltungstopologie mit dem Leerlauf und Kurzschluss betriebenen Hochspannungs-Ferrittransformator nicht einfach und nur mit MOSFET's zu lösen. Bei den derzeitigen Perforationsschaltungen als Aufwärtswandler sind die Perforationsfrequenzen, welche die Funkenwiederholungsrate bestimmen, bei ca. 6000 Hz limitiert.

**[0009]** Exotische Röhrenschaltungen sind bis zu Arbeitsfrequenzen von 150 KHz und Wiederholungsraten der Impulspakete bis 3500 Hz existent, die jedoch eine Reihe von Nachteilen aufweisen, wie z.B. starke Kathodenemissionsverluste mit erheblicher Reduktion der Lebensdauer durch exorbitante Spitzenströme, hohe Anodenspannungen mit den Koaxialkabeln auf der Primär-Trafoseite mit Spitzenspannungen bis 20 KVss und geringem Schaltungswirkungsgrad von z.B. 40 %.

**[0010]** Es ist allgemein bekannt, dass mit erhöhter Funkenfrequenz von z.B. 4000 Hz, die Besatzbildung an den Elektrodenstiften exorbitant zu nimmt, was zu einem völlig inakzeptablen Produktionszustand mit Bahntangierungen, Schleifspuren oder Bahnabrissen führt. Wenn es allerdings gelingt, die Besatzrückstände durch elektrische Umladungskräfte moderat abzusprengen, ist es möglich, Funkenfrequenzen bis zu 10.000 Hz praktisch zu realisieren.

**[0011]** Dies wiederum ist nur möglich bei optimierter Kühlluftforcierung und Führung an den bis zu 16 Elektrodenstiften und spezieller Elektrodenkonstruktion, um die extrem erhöhten Wärmemengen in die Umgebung abzuführen. So dass unter diesem Aspekt der physikalischen Auswirkungen neuen Lösung

zu suchen sind.

**[0012]** Zur Definition der Perforationsleistung wird für die eingangs genannten Materialbahnen und Applikationen – meist für eine Zonenbreite von 4 mm oder durchgehende Perforationsfelder von 26 mm Breite – folgende Formel benutzt:

Perforationsleistung = Bahngeschwindigkeit (in m/min)·Porosität (C.U. in ml/min/2cm<sup>2</sup> oder andere Einheiten)

**[0013]** Danach wird die Perforationsleistung in der physikalischen Größe in m/min·C.U. ausgewiesen.

**[0014]** Hierzu zwei praktische Beispiele nach dem Stand der Technik:

A: Porosität = 200 C.U., Bahngeschwindigkeit = 230 m/min Perforationsleistung = 200 m/min·200 C.U. = 46.000 m/min·C.U. bei zwei kaskadierten Perforationseinheiten mit Doppel-Breit-Bahndurchlauf

B: Porosität = 400 C.U., Bahngeschwindigkeit = 155 m/min Perforationsleistung = 155 m/min·400 C.U. = 62.000 m/min·C.U. bei drei kaskadierten Perforationseinheiten mit Einfach-Bobien-Bahndurchlauf

**[0015]** Es ist danach leicht einzusehen, dass bei höheren Porositäten von z.B. 600 C.U. oder 1500 C.U. und mehr, nach dem derzeitigen Stand der Technik betriebene, elektrostatische Perforationsanlagen praktisch nicht einsetzbar sind, da sich die Bahngeschwindigkeit, nach dem vorhergehenden Beispiel, auf 76 m/min bei 600 C.U. oder gar 30 m/min bei 1500 C.U. reduzieren würde.

**[0016]** Auch durch die Kaskadierung von nicht sehr leistungsfähigen Einzel-Perforationseinheiten und/oder Doppelbahndurchläufen lässt sich die Gesamtporositätsleistung nicht deutlich und beliebig weiter erhöhen, da die vorhandenen Perforationslöcher durch Mehrfachperforation aufgeweitet werden, und nicht im gleichem Maße neue Löcher entstehen, die einen linearen Zuwachs in der Gesamtporosität erzeugen.

**[0017]** Daher ist daher nahe liegend und für sich selbstredend, dass jede einzelne Perforationseinheit eine extrem hohe Perforationsleistung aufweisen muss, um so diesen Prozessgegebenheiten entgegen zu wirken und extrem hohe sowie betriebswirtschaftlich attraktive Produktionsleistungen zu ermöglichen.

**[0018]** Unter diesem Hintergrund der Forderungen nach erheblich mehr Perforationsleistung bei gleichen oder höheren Produktqualitätsanforderungen mit Produktionsmengen einer solchen Maschine im Bereich von 1000–5000 Tonnen pro Jahr für Mund-

stückbelag- oder Filterumhüllungspapiere bei Bahnbreiten bis zu 1500 mm ist die nachstehende Erfindung zu betrachten und sind deren vorteilhaften Schaltungslösungen erarbeitet.

**[0019]** Der Stand der Technik für die hier zutreffenden Perforations- und Schaltungstechniken ist in den Patenten DE 197.08.311-C1 und deren Auflistung, wie schon eingangs angegebenen, und im weiteren in den DE 44.03.758-C2, DE 42.43.721-C2, DE 196.16.019-C2, DE 43.00.635-C2, DE 40.18.209-A1 und EP 0.460.369-A1 manifestiert.

**[0020]** Alle dem Stand der Technik repräsentierenden Verfahren und Vorrichtungen haben die Gemeinsamkeit, dass die Perforationsschaltungen mit zugeführter Gleichspannung, mit einem Halbleiter oder einer Röhre und dem dazugehörigen Hochspannungstransformator pro Perforationskanal als Aufwärtswandler arbeiten. Oder gemeinsam getaktete MOSFET oder HVFET Halbleiter in einer oder vielfachen Parallelschaltung zur Leistungserhöhung bei gleicher Ausgangsschaltung zu finden sind.

**[0021]** Andere Schaltungsvarianten hingegen (DE 10109100 C1) benutzen zwei periodisch schaltende IGBT's als Halbwellenbrücke im reinen Wechselspannungs- und Resonanzbetrieb, um so über zwei Ladekondensatoren und gemeinsamen Ausgangstransformator als Induktivität die beiden Halbwellen zur vollen Sinusspannung zusammen zufügen, wie dies von Koronageneratoren seit vielen Jahren bekannt ist.

**[0022]** Auch ist allen Schaltungsvarianten gemeinsam, dass sich die Entladungsenergien innerhalb eines Funkenpaketes oder beider Halbwellen sowie die Taktfrequenz eines jeden Schaltungszweiges im Wechselbetrieb nicht getrennt steuern oder ändern lassen.

#### Aufgabenstellung

**[0023]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur elektrostatischen Perforation zu beschreiben, mit der eine weitgehende Konstanzhaltung, wechselweise Änderung der Ladungsenergie und Taktfrequenz zur Besatzvermeidung und Leistungsverteilung der zugeführten Primärenergie sowie der Übertragungs- und Kapazitätsverhältnisse eine Reduktion der parasitären Einflüsse stattfindet, um die geforderten Qualitätsstandards hinsichtlich des Porositätsgrades, Lochgröße und Dichte genau einzuhalten und zwangsweise der Schaltungswirkungsgrad eine erhebliche Erhöhung erfährt. In der nachstehenden Erfindungsbeschreibung sind hierzu einige Beispiele angeführt.

**[0024]** Gelöst wird die vorangestellte Aufgabe durch

ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung mit den Merkmalen der Patenthauptansprüche 1 und 7.

**[0025]** Danach besteht die alternierende Puls-Schaltung aus zwei ansteuer- und leistungsgleichen IGBT, MOSFET oder HVFET Zweigen, die auf einem gemeinsamen Ladekondensator und ansteuerungstechnisch mit zwei unterschiedlichen Pulsweiten arbeiten, die über den Hochspannungstransformator entsprechende Stromprägungen im Funkenkanal und damit verbundene Lochgrößen ausbilden. Dies ist für jeden Schaltungszweig mit gleichen oder ungleichen Wiederholungsfrequenzen möglich, womit sich die Lochsequenz der Perforation, bezogen auf ein bestimmtes Zeitfenster, bestimmt.

**[0026]** Erfindungsgemäß ist erkannt und durch eine Vielzahl von Untersuchungen und praktischen Ergebnissen bestätigt worden, dass es mit diesen beiden kombinierbaren Steuerungsgrößen jetzt produktionsstechnisch möglich ist, die eingangs genannte Besatzneigung an den Perforationsstiften schon in der Bildungsphase, also weit vor den eigentlichen Bahntangierungen oder ausgelösten Bahnabrissen, abzutragen bzw. regelrecht in kleinen Partikeln abzuschleifen, was erst durch die unterschiedlichen Entladungsenergien und relativ hohen elektrischen Ladungs- und Umladungskräfte möglich ist.

**[0027]** Und dies ohne Produktionsunterbrechungen oder direkte Eingriffe in den Perforationsprozess, so dass sich Produktionsrollen bis zu 20.000 Metern non-stop und zusätzlich durch online Porositätsmeßsysteme OPSS-1 und deren PC gesteuerter Rückführung auf jeden Perforationsschaltungszweig/Perforationskanal unterstützt, in sehr engen Toleranzgrenzen mit dokumentierter Qualität produzieren lassen.

**[0028]** Ein weiterer Vorteil der erfinderischen Schaltung ist darin begründet, dass nunmehr auch IGBT's mit geringeren Schaltungsfrequenzen einsetzbar sind, da sie zum Teil nur mit der Hälfte oder geringerer als die eigentliche Arbeitsfrequenz betrieben werden. Dies hat für IGBT's, MOSFET's oder HVFET's mit Arbeitsfrequenzen bis zu 120 KHz eine große Bedeutung.

**[0029]** Im weiteren ergeben sich eine Reihe von weiteren erfinderischen Vorteilen hinsichtlich der immensen Leistungserhöhung, besseren Wärmeverteilung auf zwei Leistungshalbleiter, enormen Leistungsreserve, der Schaltungsredundanz, Einsatz von vorhandenen und/oder Schaltfrequenz langsamen Leistungshalbleitern, der räumlich nahen und elektrisch verringerten Impedanz des elektrischen Schaltungsaufbaues und letztlich auch des erhöhten Schaltungswirkungsgrades. Dies dadurch gefördert, dass bekanntermaßen die Schaltungsverluste beim Ein- und Ausschalten, dies insbesondere bei den hier

verwendeten Perforationsschaltungen als Aufwärtswandler, mit der Arbeits- und Schaltfrequenz stetig ansteigen.

**[0030]** So sind beispielsweise mit dem erfinderischen Verfahren und Vorrichtung bei Perforationsfrequenzen von 9000 Hz, 12 Stiften pro Perforationselektrode, drei kaskadierten Perforationseinheiten und Doppelbahndurchlauf Perforationsleistungen erzielbar, die sich zwischen 120.000–180.000 bewegen. Im Vergleich zum Stand der Technik und dem angeführten Rechenbeispiel für zwei Perforationseinheiten ist die Leistungserhöhung des erfinderischen Verfahrens und deren Vorrichtung um mehr als den Faktor 2.5 höher.

**[0031]** Damit ist es erstmalig technisch möglich, auch extrem hohe Porositäten von beispielsweise 1500 C.U. bei Bahngeschwindigkeiten von 120 m/min elektrostatisch und wirtschaftlich attraktiv zu perforieren.

#### Ausführungsbeispiel

**[0032]** Unter diesem Hintergrund gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten, weiterzubilden und anzugeben. Dazu ist einerseits auf die in den Patentansprüchen 1–2 beschriebenen Ausführungen, und andererseits auf nachfolgende Erläuterungen der Ausführungsbeispiele der Erfindung mit den Zeichnungen zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung und mittels der Zeichnungen werden auch im allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert.

**[0033]** Die Zeichnungen zeigen im einzelnen:

**[0034]** **Fig. 1:** Blockschaltung und Details der Leistungsperforationsschaltung sowie dem Hochspannungstransformator

**[0035]** **Fig. 2:** Impulsdiagramm der beiden Ansteuerersignale für die Gate-Vorstufen

**[0036]** **Fig. 3:** Impulsdiagramm der Gate- und Kollektorspannung für einen Halbleiterzweig

**[0037]** **Fig. 4:** Impulsdiagramm der Gate- und Kollektorspannung bei einem Ein- und Ausschaltzyklus an einem Halbleiterzweig

**[0038]** **Fig. 5:** Impulsdiagramm der Gatespannung und des Kollektorstroms bei einem Ein- und Ausschaltzyklus an einem Halbleiterzweig

**[0039]** In **Fig. 1** zeigt die beiden IGBT, MOSFET oder HVFET Schaltungszweige 1, 2, und deren Gate-Ansteuerung 3, 4, welche der Einfachheit als

gemeinsamer Block **5** dargestellt ist. Diese Art der Ansteuerschaltungen mit Leistungshybriden, MOS-FET-IC's oder diskreten Kleinleistungstransistoren sind als Stand der Technik bekannt und bedürfen an dieser Stelle keiner weiteren Erläuterung.

**[0040]** Beide Kollektorzweige **6, 7**, sind direkt miteinander und mit dem Ladekondensator **8**, sowie im weiteren über den räumlich abgesetzten Hochspannungstransformator **9** und deren Primärwicklung **10**, vorzugsweise unter Verwendung von Koax-Kabel **11**, verbunden. Die niederimpedante oder ggfls. auch stabilisierte Zwischenkreisgleichspannung **12** von z.B. 300 V/DC ist über den Wickelanfang der Primärwicklung **10** des Hochspannungstransformators **9**, der vorzugsweise als Doppel-U-Ferritkern mit Luftspalt ausgeführt ist, über eine Hochleistungssicherung **13** zugeführt. Deren beiden symmetrischen Sekundärwickel **14** mit der Mittelanzapfung **15** speist die angeschlossenen Funkenstrecken der Perforationselektrode **16** mit bis zu **12** in Serie verschalteten Elektrodenstiften. Zwischen allen Stiftpaaren der Perforationselektroden **16** bewegt sich dann die Papierbahn, hier nicht eingezeichnet, die hierbei durch die Hochspannungsüber- und Durchschläge eine gezielte Mikroperforation erfährt.

**[0041]** Die Mittelanzapfung **15** des Hochspannungstransformators **9** hat den elektrischen Vorteil, dass sich die relativ hohe Sekundärspannung von bis zu 50.000 Volt gegenüber dem Erdpotential **13** hälftig, mit einer positiven und negativen Vorzugspolarität, ausbildet, aber für die Perforationselektrode die gesamte Sekundärspannung voll wirksam ist. Für die Anschlussleitungen der Elektroden **17, 18** und deren Kabelkapazitäten, welche quadratisch von der Funkenspannung bestimmt sind, ist dies ein enormer Vorteil.

**[0042]** Durch das prinzipiell wechselweise Ein- und Ausschalten der beiden Halbleiter **1, 2** wird der gemeinsame Ladekondensator **8** entladen und wieder aufgeladen, wobei beim Entladen und der darauf folgenden Einschaltzeit des Halbleiters **1, 2** der erste Wechselspannungsimpuls mit dem gesteuerten Stromanstieg in der Primärwicklung erzeugt wird. Das Ausschalten erzeugt wiederum einen Spannungsimpuls mit umkehrter Polarität im Hochspannungstransformator und gleichzeitig sorgt die interne Inversdiode für die Unterdrückung der Rückwärtsleitung für die Halbleiter. Alle weiteren Details in dieser Zeichnung sind für sich selbsterklärend und benötigen daher keine weiteren Beschreibungen.

**[0043]** Die Ansteuersignale **18, 19** vor der Pulsweitensteuerung der Gates von den Leistungshalbleitern **1, 2**, sind in **Fig. 2**, hier in symmetrischer Wiederholung, dargestellt.

**[0044]** **Fig. 3** zeigt die im oberen Teil des Dia-

gramms das Gate Ansteuersignal und deren Pulsweite **20** sowie deren Pegel zur Nulllinie **21**. Dies mit positiver und negativer Vorspannung für die Gateansteuerung eines Halbleiters. Im unteren Teil des Diagramms ist die Kollektorspannung **22** eines aktiven Halbleiterzweiges **1** zur Nulllinie **23** dargestellt. An einigen Punkten des Linienvlaufes sind Rückwirkungen der hohen Kollektorimpuls- und die der Leitendströme für die Diode zu erkennen. Die X-Achse markiert hierbei den Zeitmaßstab in  $\mu\text{s}$  bei Wiederholungsfrequenzen bis zu 10.000 Hz, in diesem Beispiel **8000** Hz.

**[0045]** Deutlich ist der Zusammenhang und die Schaltungsfolge eines jeden zweiten Gate-Impulses **20, 24** eines Schaltungsteiles, hier für Halbleiter **1**, auf die gemeinsame Kollektorspannung **22, 26, 27** und den daran angekoppelten Ladekondensator **8** zu erkennen.

**[0046]** Eine zeitlich gespreizte Abbildung eines Schaltungsvorganges ist in **Fig. 4** exemplarisch ausgeführt, wobei in diesem Beispiel die Gatespannung **28** unipolar zur Nulllinie **21** ist. Der Einschaltbereich und die Einschaltzeit **29**, der Ausschaltzeitpunkt **30** und die sich danach wieder aufbauende Kollektorspannung **22** über den Ladekondensator **8** und gegenüber der Nulllinie **23** sind hierbei wiedergegeben.

**[0047]** Abschließend zeigt **Fig. 5** im oberen Diagramm das gegenüber der Nulllinie **21** unipolare Gatesignal **31** und darunter befindlich die Aufnahme des Kollektorstromes **32** gegenüber der Nulllinie **23**. Dies bei einer periodisch sich wiederholenden Schaltfrequenz und für beide Schaltungszweige gleich bleibender Pulsweite, was in der gleichen Kollektorspannungshöhe widerspiegelt. Sehr gut ist in dieser Ansicht das Übersprechen und Stromüberschwingen der Inversdiode **33** zu erkennen. Gleichermassen das für diese Art der Perforationsleistungsschaltungen typische Stromverhalten im Einschalt Augenblick **34**, bedingt durch die Rückwirkung des sekundären Kurzschlusses der Funkenstrecke **16** und dem danach folgenden linearen Stromanstieg durch die Einschaltdauer **35** des Halbleiters **1**.

**[0048]** Als ein praktisches Beispiel für diese Art der Leistungsperforationschaltungen sind die nachfolgenden Werte zu interpretieren

- Schaltzeit beim Einschalten der Halbleiter: zwischen 0.5–0.8  $\mu\text{s}$
- Schaltzeit beim Ausschalten der Halbleiter: zwischen 0.8–1.2  $\mu\text{s}$
- Einschaltzeit der Halbleiter = Pulssteuerung: zwischen 5–45  $\mu\text{s}$
- Kollektorspannungshöhe **22**: von 600 Volt–1200 Volt
- Kollektorspitzenströme: bis zu 250 Ass
- Wiederholungsfrequenzen: zwischen 6000–120.000 Hz – je nach Halbleitertyp

Nachstehend ein Beispiel zur Frequenztaktung und Pulsweite eines jeden Schaltungszweiges:

	Halbleiter 1	Halbleiter 2 :
Taktfrequenz :	5500 Hz	3000 Hz
Pulsweite :	22 $\mu$ s	34 $\mu$ s

**[0049]** Summenfrequenz über eine bestimmtes Zeitfenster: 8500 Hz

**[0050]** Nach diesem Beispiel lassen sich eine Vielzahl von Frequenz- und Pulsweitenkombinationen beliebig einsetzen und auf die die Schaltungen übertragen.

**[0051]** An dieser Stelle sei hervorgehoben, dass die erfinderische Lehre durch die angeführten Ausführungsbeispiele lediglich erläutert, jedoch keinesfalls eingeschränkt ist. Vielmehr lässt die erfindungsgemäße Lehre auch weitere Verfahrensschritte und Vorrichtungsvarianten der dualen Hochleistungsschaltung zur elektrostatischen Perforation zu, die andere bzw. weitere konstruktive Merkmale aufweisen.

### Patentansprüche

1. Verfahren einer dualen Hochleistungsschaltung zur elektrostatischen Perforation, also mittels Funkendurchschlag erzeugte Poren in laufende Papier- oder andere elektrisch nicht leitende Bahnen, wie z.B. Zigaretten-, Mundstückbelag- und Kaffeefilterpapiere, Filterumhüllungspapiere so genannte plug-wraps, Sicherheitspapiere, holografisch bedruckte, foliengepresste, beschichtete Papier- oder Verpackungsbahnen die zumindest im Bereich der unterschiedlich ausgebildeten Perforationen ein gewisses Maß an Gas- oder Wasserdurchlässigkeit aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass zwei schaltungstechnisch identische Halbleiterzweige **1, 2**, mit einer Gleichspannungszuführung **12** und einer gemeinsamen Ladekapazität **8** sowie einer räumlich abgesetzten, gemeinsamen Primärinduktivität **10** als Hochspannungstransformator **9** mit unterschiedlicher Frequenz und Pulsen **20, 24** periodisch oder nicht periodisch als Aufwärtswandler und betrieben werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden schaltungstechnisch identischen Halbleiterzweige **1, 2** mit zueinander wechselnden Taktfrequenzen **18, 19**, deren Summenfrequenz über ein bestimmtes Zeitfenster gleich bleiben, angesteuert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden schaltungstechnisch identischen Halbleiterzweige **1, 2** mit zu einander wechselnden Pulsweiten **20, 24** angesteuert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1–3, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden schaltungstechnisch identischen Halbleiterzweige **1, 2** mit wechselnden Taktfrequenzen und bei Summenfrequenzen bis zu 120 KHz mit gegenseitig variierenden Pulsweiten von 5–45  $\mu$ s gesteuert werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass die Summenfrequenz **18** höher ist, als die Schaltfrequenz eines einzelnen Halbleiters.

6. Verfahren nach Anspruch 1–5, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Sekundärspannung des Hochspannungstransformators **9** gegenüber dem Erdpotential aufgrund der geerdeten Mittelanzapfung **15** halbiert.

7. Vorrichtung einer dualen Hochleistungsschaltung zur elektrostatischen Perforation, also mittels Funkendurchschlag erzeugte Poren in laufende Papier- oder anderen elektrisch nicht leitenden Bahnen, zur Durchführung eines der Verfahren nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltung aus zwei identischen Halbleiterzweigen **1, 2** aus IGBT's, MOSFET's oder HVFET's mit integrierten Inversdioden besteht.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder aus mehreren der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass beide Halbleiterzweige **1, 2** aus einer gemeinsamen Gleichspannungszuführung **12** versorgt sind, eine Ladekapazität **8** sowie eine gemeinsame Primärinduktivität **10** als Hochspannungstransformator den Aufwärtswandler bilden.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder aus mehreren der Ansprüche 1–7, dadurch gekennzeichnet, dass der Hochspannungstransformator aus einem Ferrit-Doppel-U-Kern besteht und einen Luftspalt von 0.3 bis 0.8 mm aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder aus mehreren der Ansprüche 1–8, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden symmetrischen Sekundärwickel **14** des Hochspannungstransformators **9** in Serie geschaltet sind, und deren jeweiliges Wickelende und Wickelanfang die Mittelanzapfung **15** bilden, die auf dem Erdpotential geklemmt ist.

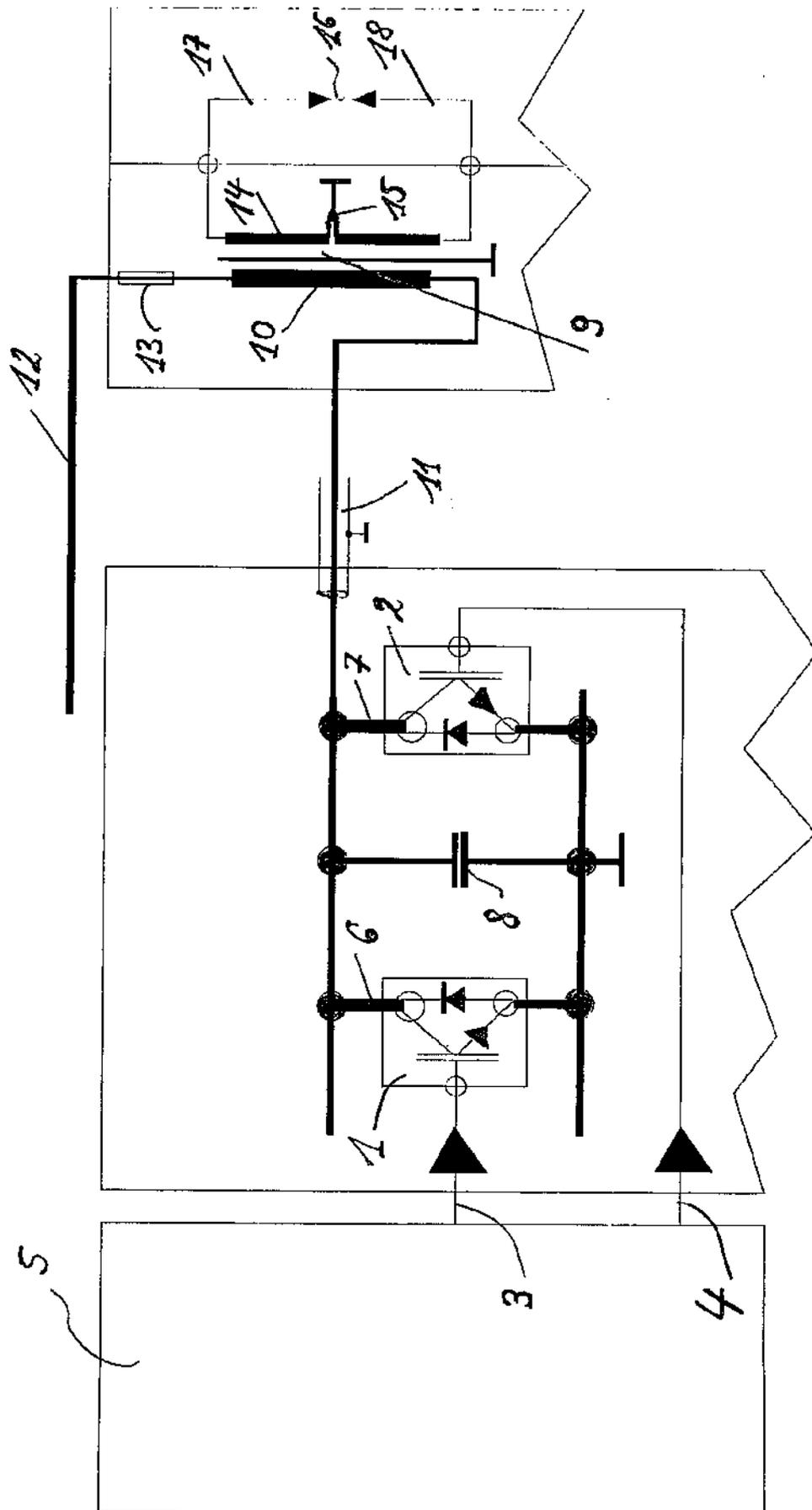
11. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder aus mehreren der Ansprüche 1–9, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl bipolare **20** wie auch unipolare **28** Gateansteuerungen der Halbleiter möglich sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder aus mehreren der Ansprüche 1–10, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung zwischen den räumlich getrennten Halbleiterzweigen **1, 2** und Hochspannungstransformator **9** mittels konventionaler Koaxkabel **11** im

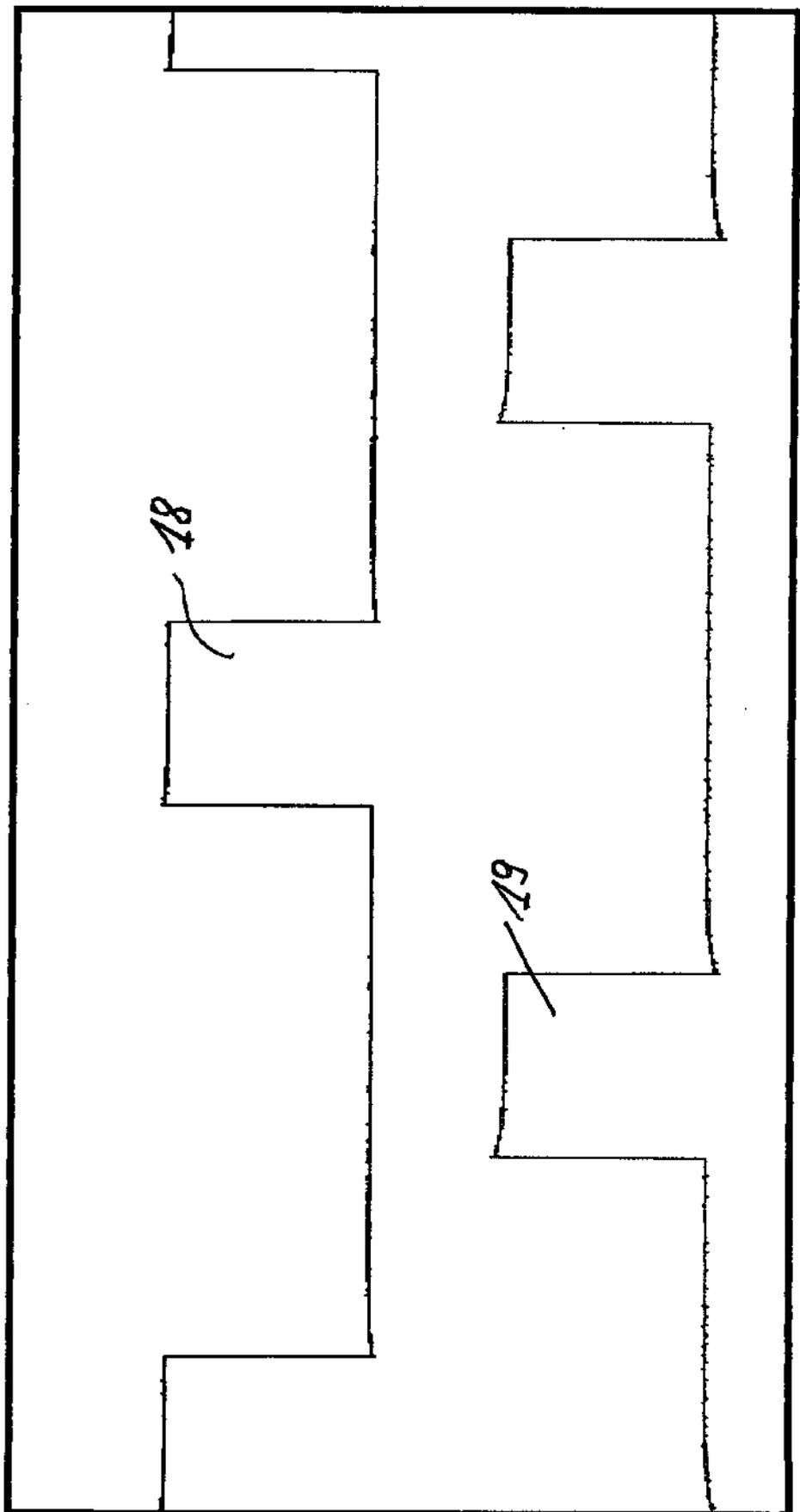
Spannungsbereich bis 1500 Vss erfolgt.

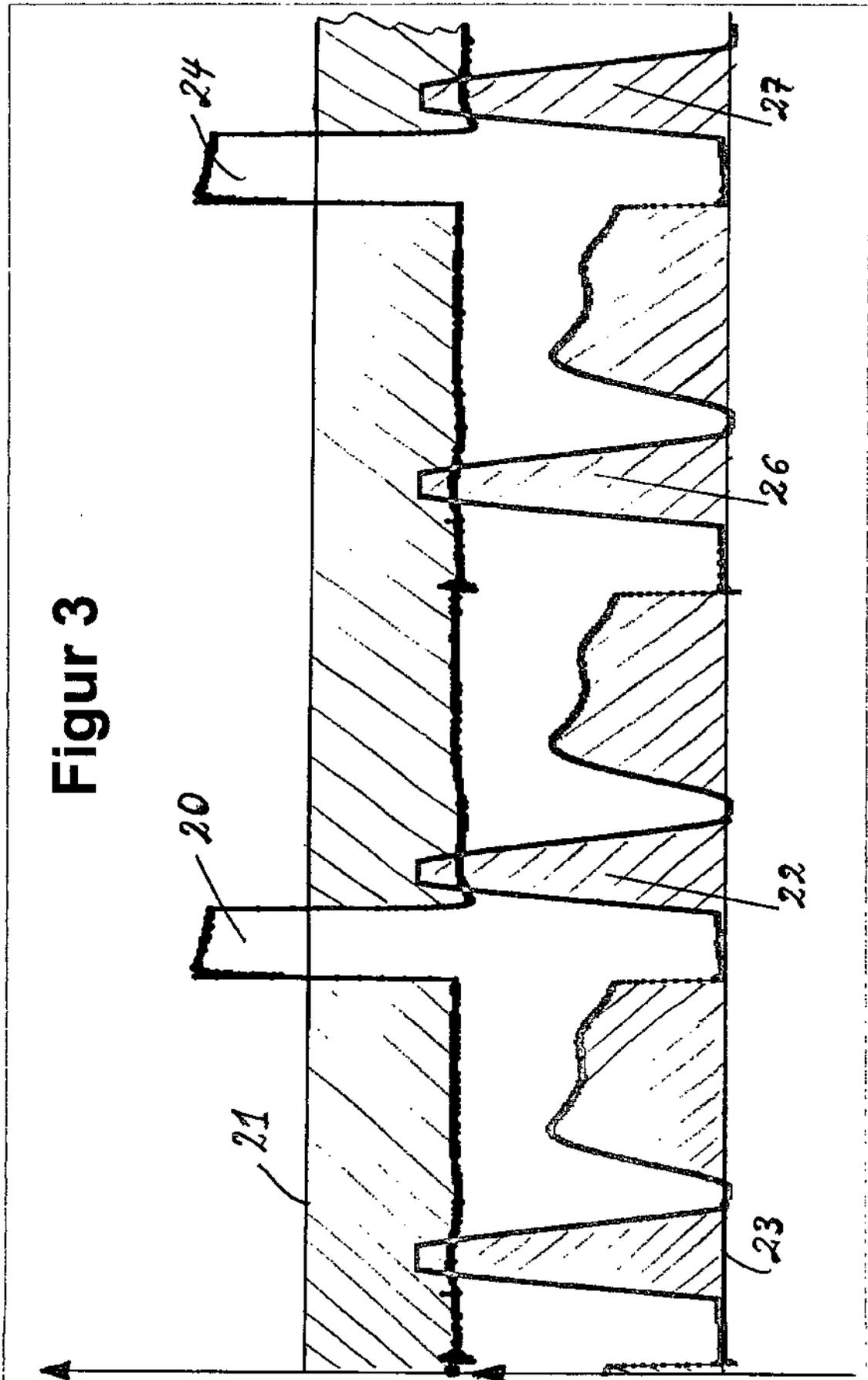
Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Figur 1



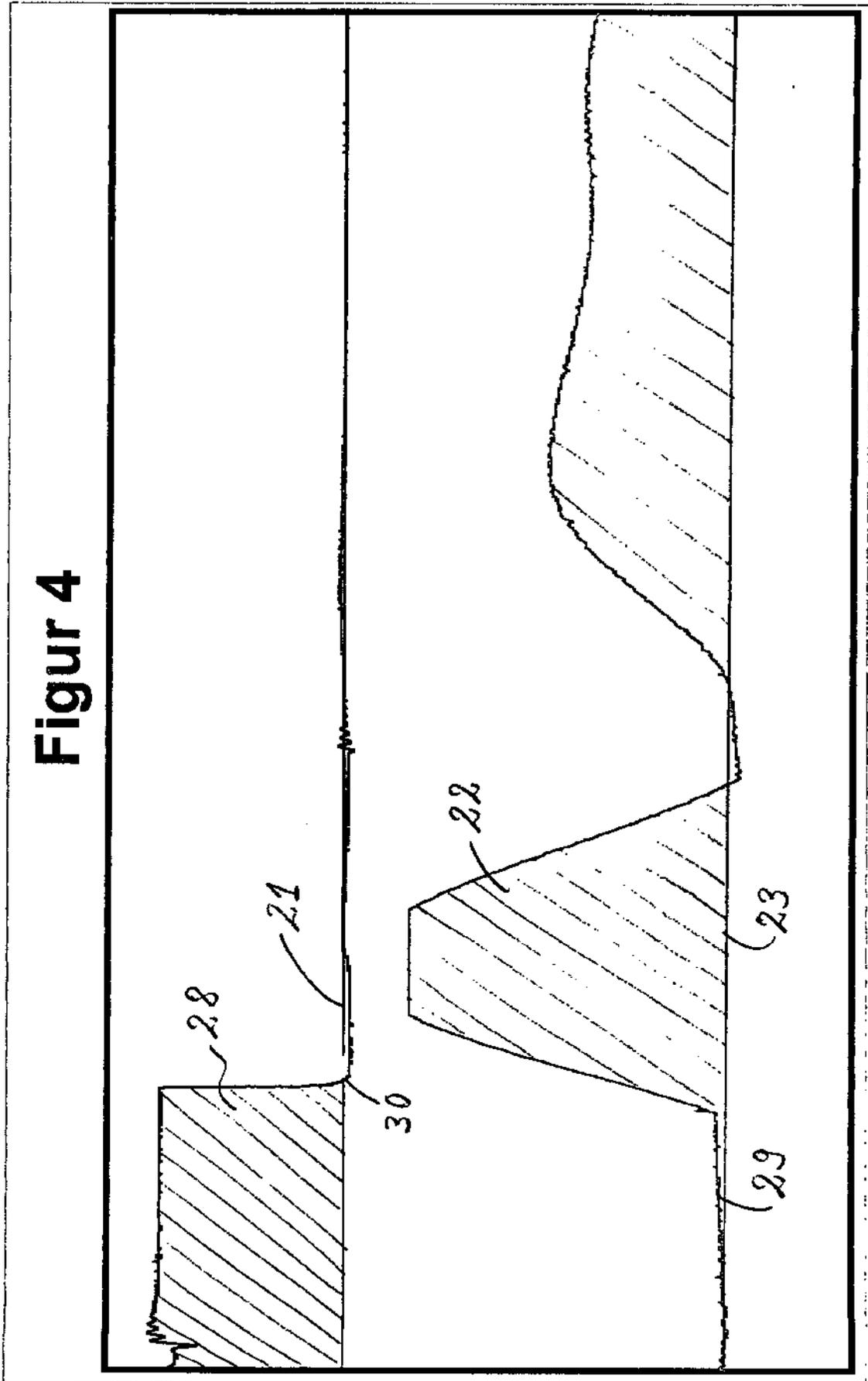
**Figur 2**





Figur 3

Figur 4



Figur 5

