



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 14 379 T2** 2004.12.09

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 159 659 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 14 379.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/02259**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 905 655.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/46648**

(86) PCT-Anmeldetag: **02.02.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **10.08.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.12.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **21.01.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.12.2004**

(51) Int Cl.⁷: **G05F 1/10**

H03K 17/16, A61P 37/00, C07D 319/06,

G05F 3/20

(73) Patentinhaber:

**Macronix International Co. Ltd., Hsinchu, Taiwan,
TW**

(74) Vertreter:

**Dr. Weber, Dipl.-Phys. Seiffert, Dr. Lieke, 65183
Wiesbaden**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

**LIN, Yu Shen, Taipei, Taiwan 104, TW; HUNG,
Chun-Hsiung, Hsinchu, Taiwan 300, TW; WAN,
Ray-Lin, Fremont, US**

(54) Bezeichnung: **VIERPHASENLADUNGSPUMPE MIT GERINGEM SPITZENSTROM**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Ladungspumpenschaltkreise und auf integrierte Schaltkreise, die Ladungspumpen verwenden, um auf einem Chip Spannungen zu erzeugen, die außerhalb der äußeren Spannungsversorgung des Chips liegen.

Beschreibung des verwandten Standes der Technik

[0002] Eine Ladungspumpe erzeugt einen großen Teil der Stromversorgung und des Masserauschens zu Zeitpunkten, wenn Spitzenströme die Ladungspumpe treiben. Für den Fall, daß die Stromversorgungsleitung oder die Masseleitung von der Ladungspumpe und einem anderen analogen Schaltkreisblock auf demselben Chip gemeinsam verwendet werden, erfährt dieser andere, analoge Schaltkreisblock ein durch die Ladungspumpe erzeugtes Rauschen der Stromversorgung oder der Masse. Weiterhin hat die Flash-Speicherarchitektur und die integrierte Schaltkreisarchitektur für gemischten Betrieb oft eine Stromversorgungs- oder Masseleitung, die von einer Ladungspumpe und einem anderen analogen Schaltkreisblock gemeinsam verwendet wird. Was benötigt wird, ist eine Ladungspumpe, die weniger Stromversorgungs- und Masserauschen erzeugt, insbesondere, wenn die Stromversorgungsleitung und/oder die Masseleitung von der Ladungspumpe und einem anderen analogen Schaltkreis gemeinsam verwendet werden.

[0003] Fig. 1 veranschaulicht ein Blockdiagramm einer Ladungspumpe **100**. In Fig. 1 liefert der Taktsignalschaltkreis **200** Pumptaktsignale **210** an einen Pumptaktschaltkreis **300**. Der Pumptaktschaltkreis **300** liefert verstärkte Pumptaktsignale an Pumpstufen **400**. Der Pumptaktschaltkreis **300** ist mit einer Spannungsversorgung **302** und einer Masse **304** verbunden.

[0004] Fig. 2 zeigt schematisch den Pumptaktschaltkreis **300**. Der Pumptaktschaltkreis **300** umfaßt vier Reihen von Invertierern, eine erste Invertiererreihe **310**, eine zweite Invertiererreihe **330** und eine dritte Invertiererreihe **350** sowie eine vierte Invertiererreihe **370**.

[0005] Die erste Invertiererreihe **310** weist einen Eingang **312**, einen ersten Invertierer **314**, einen zweiten Invertierer **316**, einen dritten Invertierer **318**, einen vierten Invertierer **320** und einen Ausgang **322** auf. Der Eingang **312** ist mit dem Eingang des ersten Invertierers **314** verbunden. Der erste Invertierer **314**, der zweite Invertierer **316**, der dritte Invertierer **318** und der vierte Invertierer **320** sind in Reihe geschaltet. Der Ausgang des vierten Invertierers **320** ist mit dem Ausgang **322** verbunden. Der Ausgang **322** liefert ein verstärktes erstes Pumptaktsignal **324**.

[0006] Die zweite Invertiererreihe **330** weist einen Eingang **332**, einen fünften Invertierer **334**, einen sechsten Invertierer **336**, einen siebten Invertierer **338**, einen achten Invertierer **340** und einen Ausgang **342** auf. Der Eingang **332** ist mit dem Eingang des fünften Invertierers **334** verbunden. Der fünfte Invertierer **334**, der sechste Invertierer **336**, der siebte Invertierer **338** und der achte Invertierer **340** sind in Reihe geschaltet. Der Ausgang des achten Invertierers **340** ist mit dem Ausgang **342** verbunden. Der Ausgang **342** liefert ein verstärktes, zweites Übertragungstaktsignal **344**.

[0007] Die dritte Invertiererreihe **350** weist einen Eingang **352**, einen neunten Invertierer **354**, einen zehnten Invertierer **356**, einen elften Invertierer **358**, einen zwölften Invertierer **360** und einen Ausgang **362** auf. Der Eingang **352** ist mit dem Eingang des neunten Invertierers **354** verbunden. Der neunte Invertierer **354**, der zehnte Invertierer **356**, der elfte Invertierer **358** und der zwölfte Invertierer **360** sind in Reihe geschaltet. Der Ausgang des zwölften Invertierers **360** ist mit dem Ausgang **362** verbunden. Der Ausgang **362** liefert ein verstärktes zweites Pumptaktsignal **364**.

[0008] Die vierte Invertiererreihe **370** weist einen Eingang **372**, einen dreizehnten Invertierer **374**, einen vierzehnten Invertierer **376**, einen fünfzehnten Invertierer **378**, einen sechzehnten Invertierer **380** und einen Ausgang **382** auf. Der Eingang **372** ist mit dem Eingang des dreizehnten Invertierers **374** verbunden. Der dreizehnte Invertierer **374**, der vierzehnte Invertierer **376**, der fünfzehnte Invertierer **378** und der sechzehnte Invertierer **380** sind in Reihe geschaltet. Der Ausgang des sechzehnten Invertierers **380** ist mit dem Ausgang **382** verbunden. Der Ausgang **382** liefert ein verstärktes erstes Übertragungstaktsignal **384**.

[0009] Die folgende Tabelle zeigt im einzelnen die Längen- und Breitenmaße der p-Kanal- und n-Kanal-Transistoren für einige der Invertierer in dem Pumtakttschaltkreis **300**.

Invertierer	p-Kanal Breite (μm)	p-Kanal Länge (μm)	n-Kanal Breite (μm)	n-Kanal Länge (μm)
vierter Invertierer 320	800	0,5	300	0,5
zwölfter Invertierer 360	800	0,5	300	0,5

[0010] Fig. 3 zeigt schematisch Pumpstufen **400**, wie sie in der US-A-6,100,557 gezeigt werden. Pumpstufen **400** umfassen einen Eingang **410**, eine erste Stufe **430**, eine zweite Stufe **450**, eine dritte Stufe **470**, eine Diode **490** und einen Ausgang **420**. Der Eingang **410**, die erste Stufe **430**, die zweite Stufe **450**, die dritte Stufe **470**, die Diode **490** und der Ausgang **420** sind in Reihe geschaltet. Der Eingang **410** ist mit der Spannungsversorgung **302** (VDD) und der ersten Stufe **430** verbunden.

[0011] Die erste Stufe **430** umfaßt einen ersten Transistor **432**, einen zweiten Transistor **436**, einen ersten Transferkondensator **438** und einen ersten Pumpkondensator **442**. Der erste Transistor **432** ist ein n-Kanal-Transistor mit einem Gate, einer Source, die mit dem Knoten **434** verbunden ist, und einer Drain, die mit dem Eingang **410** verbunden ist. Der zweite Transistor **436** ist ein n-Kanal-Transistor, dessen Gate mit dem Knoten **434**, dessen Source mit dem Gate des ersten Transistors **432** und dessen Drain mit der Drain des ersten Transistors **432** verbunden ist. Der erste Transferkondensator **438** ist ein als Kondensator geschalteter n-Kanal-Transistor, dessen erster Anschluß mit dem Ausgang **382** der vierten Invertiererreihe verbunden ist und dessen zweiter Anschluß mit dem Gate des ersten Transistors **432** verbunden ist. Der erste Pumpkondensator **442** ist mit einem ersten Anschluß mit dem Ausgang **322** der ersten Invertiererreihe verbunden und mit einem zweiten Anschluß mit dem Knoten **434** verbunden.

[0012] Die zweite Stufe **450** weist einen dritten Transistor **452**, einen vierten Transistor **456**, einen zweiten Übertragungskondensator **458** und einen zweiten Pumpkondensator **462** auf. Der dritte Transistor **452** ist ein n-Kanal-Transistor mit einem Gate, einer mit dem Knoten **454** verbundenen Source und einer mit dem Knoten **434** verbundenen Drain. Der vierte Transistor **456** ist ein n-Kanal-Transistor, dessen Gate mit dem Knoten **454**, dessen Source mit dem Gate des dritten Transistors **452** und dessen Drain mit der Drain des dritten Transistors **452** verbunden ist.

[0013] Der zweite Übertragungskondensator **458** ist ein als Kondensator geschalteter n-Kanal-Transistor, von welchem ein Anschluß mit dem Ausgang **342** der zweiten Invertiererreihe verbunden ist und dessen zweiter Anschluß mit dem Gate des dritten Transistors **452** verbunden ist. Der zweite Pumpkondensator **462** ist mit einem ersten Anschluß mit dem Ausgang **362** der dritten Invertiererreihe verbunden und mit einem zweiten Anschluß mit dem Knoten **454** verbunden.

[0014] Die dritte Stufe **470** umfaßt einen fünften Transistor **472**, einen sechsten Transistor **476**, einen dritten Übertragungskondensator **478** und einen dritten Pumpkondensator **482**. Der fünfte Transistor **472** ist ein n-Kanal-Transistor mit einem Gate, einer mit dem Knoten **474** verbundenen Source und einer mit dem Knoten **454** verbundenen Drain. Der sechste Transistor **476** ist ein n-Kanal-Transistor, dessen Gate mit dem Knoten **474**, dessen Knoten mit dem Gate des fünften Transistors **472** und dessen Drain mit der Drain des fünften Transistors **472** verbunden ist.

[0015] Der dritte Übertragungskondensator **478** ist ein als Kondensator geschalteter n-Kanal-Transistor, welcher einen ersten Anschluß hat, der mit dem Ausgang **382** der vierten Invertiererreihe verbunden ist und der einen zweiten Anschluß hat, welcher mit dem Gate des fünften Transistors **472** verbunden ist. Der dritte Pumpkondensator **482** ist an seinem ersten Anschluß mit dem Ausgang **422** der ersten Invertiererreihe und mit seinem Anschluß mit dem Knoten **474** verbunden.

[0016] Die Diode **490** ist ein als Diode geschalteter n-Kanal-Transistor, dessen erster Anschluß mit dem Knoten **474** und dessen zweiter Anschluß mit dem Ausgang **420** der Pumpstufen verbunden ist.

[0017] Die US-A-5,589,793 offenbart einen Ladungspumpenschaltkreis mit verbesserter Frequenzstabilität. Die Ladungspumpe hat Stufen in Kaskadenform und einen Steuerungsschaltkreis zum Erzeugen von vier Zeitaktsignalen.

[0018] Die EP 0 594 293 A2 offenbart einen Ladungspumpenschaltkreis mit verbesserter Spannungsregelung des Spannungsausgangs durch die Ladungspumpe. Die Ladungspumpe wird von vier Zeittaktsignalen getrieben.

[0019] Die WO 97/23037 offenbart einen Ladungspumpenschaltkreis mit verbesserter Energieeffizienz. Die Ladungspumpe wird durch zwei Taktsignale getrieben.

[0020] Bisher ist dem Erfordernis einer Ladungspumpe mit geringerem Rauschen der Stromversorgung und geringerem Masserauschen nicht vollständig entsprochen worden. Was benötigt wird, ist eine Lösung, die gleichzeitig diese beiden Erfordernisse angeht bzw. erfüllt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0021] Aspekte der vorliegenden Erfindung sind in den Ansprüchen 1, 26 und 31 dargelegt.

[0022] Ein primäres Ziel der Erfindung besteht darin, eine Ladungspumpe bereitzustellen, die ein geringeres Stromversorgungsrauschen hat. Ein weiteres primäres Ziel der Erfindung besteht darin, eine Ladungspumpe bereitzustellen, die weniger Masserauschen hat. Ein weiteres primäres Ziel der Erfindung besteht darin, eine Ladungspumpe bereitzustellen, die die Ineffizienz älterer Modelle überwindet.

[0023] Eine Ladungspumpe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist einen ersten Zeittakt-schaltkreis auf, der ein Zeittaktsignal von einem Zeitsignalausgang zuführt, wobei jede der Ladungspumpen-stufen ein Zeittaktsignal über einen Kondensator empfängt und Ladung in Reaktion auf ein Zeittaktsignal, das aus zwei Komponenten besteht, die durch eine Verzögerung getrennt sind, an einen Ausgang gepumpt wird. Strom fließt während beider Komponenten des Zeittaktsignals üblicherweise in derselben Richtung und die Energie bzw. Leistung des Zeittaktsignals nimmt ab dem Einsetzen der zweiten Komponente zu. Die Energie bzw. Spannung des Zeittaktsignals steigt aufgrund der Verwendung der zweiten Komponente an, um den Kondensator mit einer Spannungsquelle, einer Stromquelle oder Masse zu verbinden.

[0024] Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung pumpt die Ladungspumpe Ladung in Reaktion auf mehrere Zeittaktsignale. In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Einsatz der ersten und zweiten Komponenten definiert durch ausgeprägte Flanken der Zeittaktsignale. Das Einsetzen kann durch mehrere Taktsignale definiert werden.

[0025] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung bilden zwei Transistoren und zwei Kondensatoren eine Verstärkungsstufe der Ladungspumpe. In einer bevorzugten Ausführungsform treiben zwei Taktsignale einen der Kondensatoren. Ein Verstärkungsschaltkreis kann die Leistung bzw. Spannung eines oder beider Taktsignale steigern und eine Diode kann mit dem Ausgang der Ladungspumpe verbunden werden.

[0026] In weiteren Ausführungsformen der Erfindung wird eine zweite Ladungspumpenstufe hinzugefügt und eine dritte Ladungspumpenstufe wird hinzugefügt, um eine Vierphasen-Ladungspumpe zu bilden bzw. zu definieren. In noch weiteren Ausführungsformen der Erfindung kann eines oder können beide von zwei Übertragungstaktsignalen verwendet werden, um einen oder mehrere der Pumpkondensatoren in der Vierphasen-Ladungspumpe zu treiben. Entsprechend noch weiteren Ausführungsformen der Erfindung wird ein integrierter Schaltkreis bereitgestellt, welcher die Ladungspumpe auf einem einzelnen Chip umfaßt.

[0027] Ein Verfahren zum Verringern der Größe eines Spitzenstroms, der in einer Ladungspumpe gemäß einer Ausführungsform fließt, weist das Treiben eines Ladungspumpenknotens mit einem ersten Zeittaktsignal auf, welches eine Polarität hat, und das Treiben des Knotens mit einem zweiten Zeittaktsignal, welches diese Polarität hat, und zwar in der Weise, daß das Einsetzen des ersten und das des zweiten Zeittaktsignals durch eine Verzögerung getrennt sind. Ein weiteres Verfahren zum Reduzieren einer Größe eines Spitzenstroms, der in einer Ladungspumpe gemäß einer anderen Ausführungsform fließt, weist das Treiben eines Ladungspumpenknotens auf, indem eine Stromhandhabungseinrichtung, die mit dem Knoten über einen Kondensator verbunden ist, aktiviert wird, und Treiben des Knotens nach einer Verzögerung, indem ein zweites Stromhandhabungsgerät aktiviert wird, welches mit dem Knoten durch den Kondensator verbunden ist, während die erste Stromhandhabungseinrichtung aktiviert bleibt.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0028] Fig. 1 ist ein Blockdiagramm einer bekannten Ladungspumpe.

[0029] Fig. 2 ist ein Schaltkreisdiagramm eines bekannten Pumpzeittaktschaltkreises.

[0030] Fig. 3 ist ein Schaltkreisdiagramm einer bekannten Reihe von Pumpstufen.

[0031] Fig. 4 ist ein Blockdiagramm einer Ladungspumpe, welche eine Ausführungsform der Erfindung wiedergibt.

[0032] Fig. 5 ist ein Zeitablaufdiagramm, welches Taktsignale veranschaulicht.

[0033] Fig. 6 ist ein Schaltkreisdiagramm eines Pumptaktschaltkreises und eines Taktschaltkreises.

[0034] Fig. 7 ist ein Schaltkreisdiagramm von Pumpstufen.

[0035] Fig. 8A ist ein Zeitablaufdiagramm verstärkter Pumptaktsignale, die durch einen Pumptaktschaltkreis zugeführt werden.

[0036] Fig. 8B ist ein Zeitablaufdiagramm von verstärkten Pumptaktsignalen, die durch einen Pumptaktschaltkreis zugeführt werden.

[0037] Fig. 9 ist ein Zeitablaufdiagramm verstärkter Pumptaktsignale, die durch einen Pumptaktschaltkreis zugeführt werden.

[0038] Fig. 10A ist ein Zeitablaufdiagramm für den Strom, der durch die Spannungsversorgung einer bekannten Ladungspumpe zugeführt wird.

[0039] Fig. 10B ist ein Zeitablaufdiagramm des Stroms, der durch die Spannungsversorgung einer Ladungspumpe zugeführt wird.

[0040] Fig. 11A ist ein Zeitablaufdiagramm eines Stroms, der durch die Masse einer bekannten Ladungspumpe abgeführt wird.

[0041] Fig. 11B ist ein Zeitablaufdiagramm eines Stroms, der durch die Masse einer Ladungspumpe abgeführt wird.

[0042] Fig. 12A ist ein Zeitablaufdiagramm eines Stroms, welcher durch den Ausgang einer bekannten Ladungspumpe zugeführt wird.

[0043] Fig. 12B ist ein Zeitablaufdiagramm eines Stroms, welcher durch den Ausgang einer Ladungspumpe zugeführt wird.

[0044] Fig. 13 ist ein vereinfachtes Blockdiagramm eines integrierten Schaltkreises, der eine Vierphasen-Ladungspumpe mit einem geringeren Spitzenstrom verwendet.

[0045] Alle Figuren, die Zeitablaufdiagramme zeigen, veranschaulichen denselben Zeitrahmen von etwa 770 Nanosekunden bis etwa 1 Mikrosekunde.

GENAUE BESCHREIBUNG

[0046] Fig. 4 zeigt ein Blockdiagramm der Ladungspumpe mit geringerem Spitzenstrom gemäß der vorliegenden Erfindung. In Fig. 4 liefert ein Taktsignalschaltkreis **600** Pumptaktsignale **610** an einen Pumptaktschaltkreis **700**. Der Pumptaktschaltkreis **700** liefert verstärkte Pumptaktsignale an Pumpstufen **900**. Die Taktschaltung **800** verarbeitet Signale innerhalb des Pumptaktschaltkreises **700** und trägt zum Verarbeiten der Pumptaktsignale **610** zu verstärkten Pumptaktsignalen bei.

[0047] Fig. 5 ist ein Zeitablaufdiagramm der Spannung über der Zeit für Pumptaktsignale **610**, welche durch den Taktsignalschaltkreis **600** bereitgestellt werden. Die Pumptaktsignale **610** umfassen vier periodische Impulszüge: ein erstes Pumptaktsignal **620**, ein zweites Übertragungstaktsignal **640**, ein zweites Pumptaktsignal **660** und ein erstes Übertragungstaktsignal **680**. Abschnitte des ersten Pumptaktsignals **620** liegen auf einem hohen Niveau **622**, zeigen eine abfallende Flanke **624**, ein niedriges Niveau **626**, eine ansteigende Flanke **628** und ein hohes Niveau **630**. Abschnitte des zweiten Übertragungstaktsignales **640** bestehen aus dem niedrigen

Niveau **642**, der ansteigenden Flanke **644**, dem hohen Niveau **646**, der abfallenden Flanke **648** und dem niedrigen Niveau **650**. Abschnitte des zweiten Pumptaktsignals **660** bestehen aus der ansteigenden Flanke **661**, dem hohen Niveau **662**, der abfallenden Flanke **664**, dem niedrigen Niveau **666**, der Anstiegsflanke **668** und dem hohen Niveau **670**. Abschnitte des ersten Taktsignals **680** bestehen aus dem niedrigen Niveau **682**, der ansteigenden Flanke **684**, dem hohen Niveau **686**, der abfallenden Flanke **688** und dem niedrigen Niveau **690**.

[0048] Fig. 4 veranschaulicht schematisch den Pumptaktschaltkreis **700** und die Taktschaltung **800**. Der Pumptaktschaltkreis **700** erzeugt eine Verstärkung, indem er schrittweise durch Invertierer mit im wesentlichen zunehmenden Transistorbreiten hindurchläuft. Der Pumptaktschaltkreis **700** umfaßt vier Reihen von Invertierern, eine erste Invertiererreihe **710**, eine zweite Invertiererreihe **730**, eine dritte Invertiererreihe **750** und eine vierte Invertiererreihe **770**.

[0049] Die erste Invertiererreihe **710** umfaßt einen Eingang **712**, einen ersten Invertierer **714**, einen zweiten Invertierer **716**, einen dritten Invertierer **718**, einen vierten Invertierer **720** und einen Ausgang **722**. Der Eingang **712** empfängt das erste Pumptaktsignal **620**. Der Eingang **712** ist mit dem Eingang des ersten Invertierers **714** verbunden. Der erste Invertierer **714**, der zweite Invertierer **716**, der dritte Invertierer **718** und der vierte Invertierer **720** sind in Reihe geschaltet. Der Ausgang des vierten Invertierers **720** ist mit dem Ausgang **722** verbunden. Der Ausgang **722** liefert ein verstärktes, erstes Pumptaktsignal **724**.

[0050] Die zweite Invertiererreihe **730** umfaßt einen Eingang **732**, einen fünften Invertierer **734**, einen sechsten Invertierer **736**, einen siebten Invertierer **738**, einen achten Invertierer **740** und einen Ausgang **742**. Der Eingang **732** empfängt das zweite Übertragungstaktsignal **640**. Der Eingang **732** ist mit dem Eingang des fünften Invertierers **734** verbunden. Der fünfte Invertierer **734**, der sechste Invertierer **736**, der siebte Invertierer **738** und der achte Invertierer **740** sind in Reihe geschaltet. Der Ausgang des siebten Invertierers **738** und der Eingang des achten Invertierers **740** sind mit dem Knoten **739** verbunden. Der Ausgang des achten Invertierers **740** ist mit dem Ausgang **742** verbunden. Der Ausgang **742** stellt ein verstärktes zweites Übertragungstaktsignal **744** bereit.

[0051] Die dritte Invertiererreihe **750** weist einen Eingang **752**, einen neunten Invertierer **754**, einen zehnten Invertierer **756**, einen elften Invertierer **758**, einen zwölften Invertierer **760** und einen Ausgang **762** auf. Der Eingang **752** empfängt das zweite Pumptaktsignal **660**. Der Eingang **752** ist mit dem Eingang des neunten Invertierers **754** verbunden. Der neunte Invertierer **754**, der zehnte Invertierer **756**, der elfte Invertierer **758** und der zwölfte Invertierer **760** sind in Reihe geschaltet. Der Ausgang des zwölften Invertierers **760** ist mit dem Ausgang **762** verbunden. Der Ausgang **762** liefert ein verstärktes zweites Pumptaktsignal **764**.

[0052] Die vierte Invertiererreihe **770** umfaßt einen Eingang **772**, einen dreizehnten Invertierer **774**, einen vierzehnten Invertierer **776**, einen fünfzehnten Invertierer **778**, einen sechzehnten Invertierer **780** und einen Ausgang **782**. Der Eingang **772** empfängt das erste Übertragungstaktsignal **680**. Der Eingang **772** ist mit dem Eingang des dreizehnten Invertierers **774** verbunden. Der dreizehnte Invertierer **774**, der vierzehnte Invertierer **776**, der fünfzehnte Invertierer **778** und der sechzehnte Invertierer **780** sind in Reihe geschaltet. Der Ausgang des fünfzehnten Invertierers **778** und der Eingang des sechzehnten Invertierers **780** sind mit dem Knoten **779** verbunden. Der Ausgang des sechzehnten Invertierers **780** ist mit dem Ausgang **782** verbunden. Der Ausgang **782** liefert ein verstärktes erstes Übertragungstaktsignal **784**.

[0053] Die folgende Tabelle gibt im einzelnen Beispiele der Längen- und Breitenmaße der p-Kanal- und n-Kanal-Transistoren für die Invertierer in dem Pumptaktschaltkreis **700** wieder. Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf diese Beispiele beschränkt.

Invertierer	p-Kanal Breite (μm)	p-Kanal Länge (μm)	n-Kanal Breite (μm)	n-Kanal Länge (μm)
erster Invertierer 714	6	0,5	3	0,5
zweiter Invertierer 716	26	0,5	13	0,5
dritter Invertierer 718	80	0,5	40	0,5
vierter Invertierer 720	400	0,5	100	0,5
fünfter Invertierer 734	6	0,5	3	0,5
sechster Invertierer 736	26	0,5	13	0,5
siebter Invertierer 738	80	0,5	40	0,5
achter Invertierer 740	40	0,5	20	0,5
neunter Invertierer 754	6	0,5	3	0,5
zehnter Invertierer 756	26	0,5	13	0,5
elfter Invertierer 758	80	0,5	40	0,5
zwölfter Invertierer 760	400	0,5	100	0,5
dreizehnter Invertierer 774	6	0,5	3	0,5
vierzehnter Invertierer 776	26	0,5	13	0,5
fünfzehnter Invertierer 778	80	0,5	40	0,5
sechzehnter Invertierer 780	40	0,5	20	0,5

[0054] Die zweite Invertiererreihe **730** und die vierte Invertiererreihe **770** sind mit dem Ausgang **722** der ersten Invertiererreihe und dem Ausgang **762** der dritten Invertiererreihe durch Routing- bzw. Leit-Transistoren verbunden. Die Taktschaltung **800** umfaßt einen ersten Routing-Transistor **810**, einen zweiten Routing-Transistor **820**, einen dritten Routing-Transistor **830** und einen vierten Routing-Transistor **840**, eine Masse **850** und eine Spannungsversorgung **860**. Der erste Routing-Transistor **810** ist ein n-Kanal-Transistor mit einem Gate, das mit dem Ausgang **782** der vierten Invertiererreihe verbunden ist, einer Source, die mit Masse **850** verbunden ist, und einer Drain, die mit dem Ausgang **722** der ersten Invertiererreihe verbunden ist. Der zweite Routing-Transistor **820** ist ein p-Kanal-Transistor mit einem Gate, das mit dem Knoten **739** verbunden ist, einer Source, die mit der Spannungsversorgung **860** verbunden ist, und einer Drain, die mit dem Ausgang **722** der ersten Invertiererreihe verbunden ist. Der dritte Routing-Transistor **830** ist ein p-Kanal-Transistor mit einem Gate, das mit dem Knoten **779** verbunden ist, einer Source, die mit der Spannungsversorgung **860** verbunden ist, und einer Drain, die mit dem Ausgang **762** der dritten Invertiererreihe verbunden ist. Der vierte Routing-Transistor **840** ist ein n-Kanal-Transistor mit einem Gate, das mit dem Ausgang **742** der zweiten Invertiererreihe verbunden ist, einer Source, die mit Masse **850** verbunden ist, und einer Drain, die mit dem Ausgang **762** der dritten Invertiererreihe verbunden ist.

[0055] Die folgende Tabelle gibt im einzelnen Beispiele der Längen- und Breitenmaße der p-Kanal- und n-Kanal-Transistoren der Routing-Transistoren in der Taktschaltung **800** wieder. Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf diese Beispiele beschränkt.

Transistor	Breite (μm)	Länge (μm)
erster Routing-Transistor 810	200	0,5
zweiter Routing-Transistor 820	400	0,5
dritter Routing-Transistor 830	400	0,5
vierter Routing-Transistor 840	200	0,5

[0056] Man kann erkennen, daß in den obigen Beispielen die Summe der Breiten des ersten Routing-Transistors **810** und des n-Kanal-Transistors in dem vierten Invertierer **720** der Breite des n-Kanal-Transistors in dem vierten Invertierer **320** entspricht. Die Summe der Breite des zweiten Routing-Transistors **820** und des

p-Kanal-Transistors in dem vierten Invertierer **720** entspricht der Breite des p-Kanal-Transistors in dem vierten Invertierer **320**. Die Summe der Breiten des dritten Routing-Transistors **830** und des p-Kanal-Transistors in dem zwölften Invertierer **760** entspricht der Breite des p-Kanal-Transistors in dem zwölften Invertierer **360**. Die Summe der Breiten des vierten Routing-Transistors **840** und des n-Kanal-Transistors in dem zwölften Invertierer **760** entspricht der Breite des n-Kanal-Transistors in dem zwölften Invertierer **360**.

[0057] Fig. 7 veranschaulicht schematisch Pumpstufen **900**. Transistoren mit Dreifach-Well (bzw. Dreifach-Grube) sind in einem eingekreisten Transistor wiedergegeben. Transistoren, welche ein dickes Gateoxid haben, werden durch einen Transistor mit einem Rechteck für das Gate angezeigt. Transistoren, die aufgrund einer Maskierung während der Implantation zusätzlicher Verunreinigungen eine niedrige Schwellwertspannung haben, werden durch einen Transistor mit einem schraffierten Rechteck angezeigt.

[0058] Pumpstufen **900** umfassen einen Eingang **910**, eine erste Stufe **930**, eine zweite Stufe **950**, eine dritte Stufe **970**, eine Diode **990** und einen Ausgang **920**. Der Eingang **910**, die erste Stufe **930**, die zweite Stufe **950**, die dritte Stufe **970**, die Diode **990** und der Ausgang **920** sind in Reihe geschaltet. Der Eingang **910** ist mit der Spannungsversorgung **860** und der ersten Stufe **930** verbunden.

[0059] Die erste Stufe **930** umfaßt einen ersten Transistor **932**, einen zweiten Transistor **936**, einen ersten Übertragungskondensator **938** und einen ersten Pumpkondensator **942**. Der erste Transistor **932** ist ein n-Kanal-Transistor mit Dreifach-Well und einem dicken Gateoxid und hat ein Gate, eine mit dem Knoten **934** verbundene Source und eine mit dem Eingang **910** verbundene Drain. Der zweite Transistor **936** ist ein n-Kanal-Transistor mit Dreifach-Well mit einem dicken Gateoxid und einem Gate, das mit dem Knoten **934** verbunden ist, einer Source, die mit dem Gate des ersten Transistors **932** verbunden ist, und einer Drain, die mit der Drain des ersten Transistors **932** verbunden ist. Der erste Übertragungskondensator **938** ist ein als Kondensator geschalteter n-Kanal-Transistor mit einem dicken Gateoxid und einer niedrigen Schwellwertspannung, und er ist mit einem ersten Anschluß mit dem Ausgang **782** der vierten Invertiererreihe und mit einem zweiten Anschluß mit dem Gate des ersten Transistors **932** verbunden. Der erste Pumpkondensator **942** ist ein Kondensator mit 200 Pikofarad, dessen erster Anschluß mit dem Ausgang **722** der ersten Invertiererreihe und dessen zweiter Anschluß mit dem Knoten **934** verbunden ist.

[0060] Die zweite Stufe **950** umfaßt einen dritten Transistor **952**, einen vierten Transistor **956**, einen zweiten Übertragungskondensator **958** und einen zweiten Pumpkondensator **962**. Der dritte Transistor **952** ist ein n-Kanal-Transistor mit Dreifach-Well mit einem dicken Gateoxid und hat ein Gate, eine mit dem Knoten **954** verbundene Source und eine mit dem Knoten **934** verbundene Drain. Der vierte Transistor **956** ist ein n-Kanal-Transistor mit Dreifach-Well mit einem dicken Gateoxid und mit einem mit dem Knoten **954** verbundenen Gate, einer mit dem Gate des dritten Transistors **952** verbundenen Source und einer mit der Drain des dritten Transistors **952** verbundenen Drain. Der zweite Übertragungskondensator **958** ist ein als Kondensator geschalteter n-Kanal-Transistor mit einem dicken Gateoxid und mit einer niedrigeren Schwellwertspannung, und sein erster Anschluß ist mit dem Ausgang **742** der zweiten Invertiererreihe verbunden und sein zweiter Anschluß ist mit dem Gate des dritten Transistors **952** verbunden. Der zweite Pumpkondensator **962** ist ein Kondensator mit 200 Pikofarad, dessen erster Anschluß mit dem Ausgang **762** der dritten Invertiererreihe verbunden ist, und dessen zweiter Anschluß mit dem Knoten **954** verbunden ist.

[0061] Die dritte Stufe **970** umfaßt einen fünften Transistor **972**, einen sechsten Transistor **976**, einen dritten Übertragungskondensator **978** und einen dritten Pumpkondensator **982**. Der fünfte Transistor **972** ist ein n-Kanal-Transistor mit Dreifach-Well mit einem dicken Gateoxid und mit einem Gate, einer Source, die mit dem Knoten **974** verbunden ist, und einer Drain, die mit dem Knoten **954** verbunden ist. Der sechste Transistor **976** ist ein n-Kanal-Transistor mit Dreifach-Well mit einem dicken Gateoxid und hat ein Gate, das mit dem Knoten **974** verbunden ist, eine Source, die mit dem Gate des fünften Transistors **972** verbunden ist, und eine Drain, die mit der Drain des fünften Transistors **972** verbunden ist. Der dritte Übertragungskondensator **978** ist ein als Kondensator geschalteter n-Kanal-Transistor mit einem dicken Gateoxid und einer niedrigeren Schwellwertspannung, und hat einen ersten Anschluß, der mit dem Ausgang **782** der vierten Invertiererreihe verbunden ist und einen zweiten Anschluß, der mit dem Gate des fünften Transistors **972** verbunden ist. Der dritte Pumpkondensator **982** ist ein Kondensator mit 200 Pikofarad und hat einen ersten Anschluß, der mit dem Ausgang **722** der ersten Invertiererreihe verbunden ist, und einen zweiten Anschluß, der mit dem Knoten **974** verbunden ist.

[0062] Die Diode **990** ist ein als Diode geschalteter n-Kanal-Transistor mit Dreifach-Well mit einem dicken Gateoxid, dessen erster Anschluß mit dem Knoten **974** und dessen zweiter Anschluß mit dem Ausgang **920** der Pumpstufen verbunden ist.

[0063] Die folgende Tabelle gibt im einzelnen einige Beispiele der Längen- und Breitenmaße der n-Kanal-Transistoren in den Pumpstufen **900** wieder. Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die Beispiele beschränkt.

Transistor	Breite (µm)	Länge (µm)
erster Transistor 932	130	0,8
zweiter Transistor 936	20	0,8
erster Übertragungskondensator 938	40	40
dritter Transistor 952	130	0,8
vierter Transistor 956	20	0,8
zweiter Übertragungskondensator 958	40	40
fünfter Transistor 972	130	0,8
sechster Transistor 976	20	0,8
dritter Übertragungskondensator 978	40	40
Diode 990	130	0,8

[0064] Fig. 8A ist ein Zeitablaufdiagramm, welches Spannung über der Zeit für das verstärkte erste Pumptaktsignal **324** und das verstärkte zweite Pumptaktsignal **364** zeigt, die durch den Pumptaktschaltkreis **300** bereitgestellt werden. Fig. 8B ist ein Zeitablaufdiagramm, welches Spannung über der Zeit für das verstärkte erste Pumptaktsignal **724** und das verstärkte zweite Pumptaktsignal **764** zeigt, welche durch den Pumptaktschaltkreis **700** geliefert werden.

[0065] Fig. 9 ist ein Zeitablaufdiagramm, welches Spannung über Zeit für das verstärkte zweite Übertragungstaktsignal **744** und das verstärkte erste Übertragungstaktsignal **784** zeigt, welche durch den Pumptaktschaltkreis **700** bereitgestellt werden.

[0066] Fig. 10A ist ein Zeitablaufdiagramm, welches Strom über der Zeit für das Stromsignal **1300** zeigt, welcher durch die Spannungsversorgung **302** geliefert wird. Fig. 10B ist ein Zeitablaufdiagramm, welches Strom über der Zeit für ein Stromsignal **1400** zeigt, das durch die Spannungsversorgung **860** geliefert wird.

[0067] Fig. 11A ist ein Zeitablaufdiagramm, welches Strom über der Zeit für den Strom zeigt, der durch die Masse **304** (als Stromsenke) abgeleitet wird. Fig. 11B ist ein Zeitablaufdiagramm, welches Strom über der Zeit für ein Stromsignal **1600** zeigt, das über die Masse **850** (als Stromsenke) abgeleitet wird.

[0068] Gemäß den Fig. 4–11B wird die abfallende Flanke **426** des ersten Pumptaktsignals **620** durch den Eingang **712** der ersten Invertiererreihe empfangen und durch die erste Invertiererreihe **710** verarbeitet, was dazu führt, daß die abfallende Flanke **1105** des verstärkten ersten Pumptaktsignals **764** durch den vierten Invertierer **720** getrieben bzw. angesteuert wird. Die abfallende Flanke **1105** des verstärkten ersten Pumptaktsignals **724** ist über den ersten Pumpkondensator **942** kapazitiv an den Knoten **934** und über den dritten Pumpkondensator **982** an den Knoten **974** gekoppelt. Dann fallen die Spannungen des Knotens **934** und des Knotens **974** ab. Das niedrige Niveau **626** des ersten Pumptaktsignals **620** wird in ähnlicher Weise verarbeitet und die Spannungen des Knotens **934** und des Knotens **974** werden weiterhin herabgetrieben. Demnach bewirkt das Auftreten der abfallenden Flanke **624** eine Stromspitze **1410** in dem Stromsignal **1400** und eine Stromspitze **1610** in dem Stromsignal **1600**.

[0069] Im Anschluß an eine Zeitverzögerung nach der abfallenden Flanke **624** des ersten Pumptaktsignals **620** wird die ansteigende Flanke **684** des ersten Übertragungstaktsignals **680** durch den Eingang **772** der vierten Invertiererreihe empfangen. Die ansteigende Flanke **684** wird durch die vierte Invertiererreihe **770** bis zu dem Ausgang **782** der vierten Invertiererreihe verarbeitet und weiter verarbeitet durch den ersten Routing-Transistor **810**. Der erste Routing-Transistor **810** hilft dabei, daß der vierte Invertierer **720** die Spannungen des Knotens **934** und des Knotens **974** herabtreibt bzw. -drückt. Das hohe Niveau **686** des ersten Übertragungstaktsignals **680** wird in ähnlicher Weise verarbeitet und die Spannungen des Knotens **934** und des Knotens **974** werden weiterhin herabgetrieben. Demnach führt die ansteigende Flanke **684** des ersten Übertragungstaktsignals **680** in Verbindung mit dem niedrigen Niveau **626** des ersten Pumptaktsignals **620** zu einer

Stromspitze **1420** in dem Stromsignal **1400** und einer Stromspitze **1620** in dem Stromsignal **1600**.

[0070] Das Herabtreiben der Spannungen des Knotens **934** und des Knotens **974** in zwei Komponenten, die in der obigen Weise durch eine Zeitverzögerung getrennt sind, führt zu vorteilhaften Ergebnissen. Insbesondere sind die Stromsignalspitzen beträchtlich kleiner. Das Herabtreiben der Spannungen am Knoten **934** und am Knoten **974** in zwei Komponenten führt dazu, daß das Stromsignal **1400**, die Stromspitze **1410** und die Stromspitze **1420** mit entsprechenden Größen bzw. Werten von etwa 11 mA und 18,6 mA hat. Im Gegensatz dazu führt das Herabtreiben der Spannungen des Knotens **934** und des Knotens **974** in einer Komponente bzw. in einem Zug dazu, daß das Stromsignal **1300** eine Spitze **1310** mit einer viel höheren Größe bzw. Amplitude von etwa 25 mA hat. In ähnlicher Weise führt das Herabtreiben der Spannungen des Knotens **934** und des Knotens **974** in zwei Komponenten dazu, daß das Stromsignal **1600** eine Stromspitze **1610** und eine Stromspitze **1620** mit entsprechenden Werten von etwa 12 mA und etwa 18,6 mA hat. Im Gegensatz dazu führt das Herabtreiben der Spannungen am Knoten **934** und am Knoten **974** in einer Komponente bzw. in einem Zug dazu, daß das Stromsignal **1500** eine Spitze **1510** mit einem viel größeren Wert von etwa 27,4 mA hat.

[0071] Die ansteigende Flanke **628** des ersten Pumptaktsignals **620** wird durch den Eingang **712** der ersten Invertiererreihe empfangen und durch die erste Invertiererreihe **710** verarbeitet, was dazu führt, daß die ansteigende Flanke **1125** des verstärkten ersten Pumptaktsignals **724** durch den vierten Invertierer **720** getrieben bzw. angesteuert wird. Die ansteigende Flanke **1125** des verstärkten ersten Pumptaktsignals **724** ist über den ersten Pumpkondensator **942** mit dem Knoten **934** kapazitiv gekoppelt und mit dem Knoten **974** durch den dritten Pumpkondensator **982** kapazitiv gekoppelt. Dann steigen die Spannungen des Knotens **934** und des Knotens **974** an. Das hohe Niveau **630** des ersten Pumptaktsignals **620** wird in ähnlicher Weise verarbeitet und die Spannungen am Knoten **934** und am Knoten **974** werden weiterhin heraufgetrieben (auf einen hohen Wert gesteuert). Demnach bewirkt das Auftreten der ansteigenden Flanke **628** eine Stromspitze **1440** in dem Stromsignal **1400** und eine Stromspitze **1640** in dem Stromsignal **1600**.

[0072] Im Anschluß an eine Zeitverzögerung nach der ansteigenden Flanke **628** des ersten Pumptaktsignals **620** wird die ansteigende Flanke **645** des zweiten Übertragungstaktsignals **640** durch den Eingang **732** der zweiten Invertiererreihe empfangen. Die ansteigende Flanke **644** wird durch die zweite Invertiererreihe **730** bis zum Knoten **939** verarbeitet und durch den zweiten Routing-Transistor **820** weiterverarbeitet. Der zweite Routing-Transistor **820** hilft dabei, daß der vierte Invertierer **720** die Spannungen am Knoten **934** und am Knoten **974** herauftreibt. Das hohe Niveau **646** des zweiten Übertragungstaktsignals **640** wird in ähnlicher Weise verarbeitet und die Spannungen am Knoten **934** und am Knoten **974** werden weiterhin heraufgetrieben. Demnach führt die ansteigende Flanke **644** des zweiten Übertragungstaktsignals **640** in Kombination mit dem hohen Niveau **630** des ersten Pumptaktsignals **620** zu der Stromspitze **1465** in dem Stromsignal **1400** und der Stromspitze **1665** in dem Stromsignal **1600**.

[0073] Das Herauftreiben der Spannungen am Knoten **934** und am Knoten **974** in der obigen Weise in zwei Komponenten, die durch eine Zeitverzögerung getrennt sind, liefert vorteilhafte Ergebnisse. Insbesondere sind die Stromspitzen viel kleiner. Das Herauftreiben der Spannungen am Knoten **934** und am Knoten **974** in zwei Komponenten führt dazu, daß das Stromsignal **1400** eine Stromspitze **1440** und eine Stromspitze **1465** mit entsprechenden Werten von etwa 18,6 mA und 15 mA hat. Im Gegensatz dazu führt das Herauftreiben der Spannungen am Knoten **934** und am Knoten **974** in einer Komponente bzw. in einem Zug dazu, daß das Stromsignal **1300** eine Spitze **1340** mit einem viel höheren Wert von etwa 36 mA hat. In ähnlicher Weise ergibt das Herauftreiben der Spannungen am Knoten **934** und am Knoten **974** in zwei Komponenten ein Stromsignal **1600**, welches eine Stromspitze **1640** und eine Stromspitze **1665** mit entsprechenden Werten von etwa 13 mA und von 15 mA hat. Im Gegensatz dazu führt das Herauftreiben der Spannungen am Knoten **934** und am Knoten **974** in einer Komponente dazu, daß das Stromsignal **1500** eine Spitze **1540** mit einem viel höheren Wert von etwa 22 mA hat.

[0074] Die abfallende Flanke **664** des Pumptaktsignals **660** wird durch den Eingang **752** der dritten Invertiererreihe empfangen und durch die dritte Invertiererreihe **750** verarbeitet, was dazu führt, daß die abfallende Flanke **1150** des verstärkten zweiten Pumptaktsignals **764** durch den zwölften Invertierer **760** getrieben wird. Die abfallende Flanke **1150** des verstärkten zweiten Pumptaktsignals **764** ist kapazitiv über den zweiten Pumpkondensator **962** mit dem Knoten **954** gekoppelt. Dann fällt die Spannung am Knoten **954** ab. Das niedrige Niveau **666** des zweiten Pumptaktsignals **660** wird in ähnlicher Weise verarbeitet und die Spannung des Knotens **954** wird weiterhin nach unten getrieben. Demnach bewirkt das Auftreten der abfallenden Flanke **664** eine Stromspitze **1455** im Stromsignal **1400** und eine Stromspitze **1655** im Stromsignal **1600**.

[0075] Im Anschluß an eine Zeitverzögerung nach der abfallenden Flanke **664** in dem zweiten Pumptaktsig-

nal **660** wird die ansteigende Flanke **644** des zweiten Übertragungstaktsignals **640** durch den Eingang **732** der zweiten Invertiererreihe empfangen. Die ansteigende Flanke **644** wird durch die zweite Invertiererreihe **730** verarbeitet bis zum Ausgang **742** der zweiten Invertiererreihe, und weiterverarbeitet durch den vierten Routing-Transistor **840**. Der vierte Routing-Transistor **840** unterstützt den zwölften Invertierer **760** darin, die Spannung am Knoten **954** nach unten zu treiben. Das hohe Niveau **646** des zweiten Übertragungstaktsignals **640** wird in ähnlicher Weise verarbeitet und die Spannung am Knoten **954** wird weiterhin nach unten getrieben. Demnach führt die ansteigende Flanke **644** des zweiten Übertragungstaktsignals **640** in Kombination mit dem niedrigen Niveau **666** des zweiten Pumptaktsignals **660** dazu, daß in dem Stromsignal **1400** die Stromspitze **1465** und in dem Stromsignal **1600** die Stromspitze **1665** auftritt.

[0076] Das Herabtreiben bzw. Herabdrücken der Spannung am Knoten **954** in der obigen Weise in zwei Komponenten, welche durch eine Zeitverzögerung getrennt sind, führt zu vorteilhaften Ergebnissen. Insbesondere sind die Spitzen der Stromsignale wesentlich niedriger. Das Herabdrücken der Spannung am Knoten **954** in zwei Komponenten liefert ein Stromsignal **1400**, welches eine Stromspitze **1455** und eine Stromspitze **1465** mit entsprechenden Werten von etwa 13 mA bzw. 15 mA hat. Im Gegensatz dazu führt das Herabdrücken der Spannung am Knoten **954** in einer Komponente zu einem Stromsignal **1300**, welches eine Spitze **1355** mit einem wesentlich höheren Wert von etwa 26 mA hat. In ähnlicher Weise liefert das Herabdrücken der Spannung des Knotens **954** in zwei Komponenten ein Stromsignal **1600**, welches eine Stromspitze **1655** und eine Stromspitze **1665** mit entsprechenden Werten von etwa 11 mA und etwa 15 mA hat. Im Gegensatz dazu ergibt das Herabdrücken der Spannung am Knoten **954** in einer Komponente ein Stromsignal **1500** mit einer Spitze **1555** mit einem wesentlich höheren Wert von etwa 27 mA.

[0077] Die ansteigende Flanke **661** des zweiten Pumptaktsignals **660** wird durch den Eingang **752** der dritten Invertiererreihe empfangen und durch die dritte Invertiererreihe **750** verarbeitet, was dazu führt, daß die ansteigende Flanke **1102** des verstärkten zweiten Pumptaktsignals **764** durch den zwölften Invertierer **760** getrieben bzw. angesteuert wird. Die ansteigende Flanke **1102** des verstärkten zweiten Pumptaktsignals **764** ist durch den zweiten Pumpkondensator **962** kapazitiv mit dem Knoten **954** gekoppelt. Dann steigt die Spannung am Knoten **954** an. Das hohe Niveau **662** des zweiten Pumptaktsignals **660** wird in ähnlicher Weise verarbeitet und die Spannung am Knoten **954** wird weiterhin heraufgedrückt bzw. -getrieben. Demnach bewirkt das Auftreten der ansteigenden Flanke **661** eine Stromspitze **1402** im Stromsignal **1400** und eine Stromspitze **1602** im Stromsignal **1600**. Im Anschluß an eine Zeitverzögerung nach der ansteigenden Flanke **661** des zweiten Pumptaktsignals **660** wird die ansteigende Flanke **684** des ersten Übertragungstaktsignals **680** durch den Eingang **772** der vierten Invertiererreihe empfangen. Die ansteigende Flanke **684** wird durch die vierte Invertiererreihe **770** bis zum Knoten **779** verarbeitet und durch den dritten Routing-Transistor **830** weiterverarbeitet. Der dritte Routing-Transistor **830** unterstützt den zwölften Invertierer **760** dabei, die Spannung am Knoten **954** heraufzutreiben. Das hohe Niveau **686** des ersten Übertragungstaktsignals **680** wird in ähnlicher Weise verarbeitet und die Spannung am Knoten **954** wird weiterhin nach oben getrieben. Demnach führt die ansteigende Flanke **684** des ersten Übertragungstaktsignals **680** in Kombination mit dem hohen Niveau **662** des zweiten Pumptaktsignals **660** zu einer Stromspitze **620** im Stromsignal **1400** und zu einer Stromspitze **1620** im Stromsignal **1600**.

[0078] Das Herauftreiben der Spannung am Knoten **954** in der obigen Weise in zwei Komponenten, welche durch eine Zeitverzögerung voneinander getrennt sind, liefert vorteilhafte Ergebnisse. Wiederum sind die Spitzen des Stromsignals viel kleiner. Das Herauftreiben der Spannung am Knoten **954** in zwei Komponenten liefert ein Stromsignal **1400** mit einer Stromspitze **1402** und einer Stromspitze **1420** mit entsprechenden Werten von etwa 16 mA und 18,6 mA. Im Gegensatz dazu ergibt das Herauftreiben der Spannung am Knoten **954** in einer Komponente ein Stromsignal **1300** mit einer Spitze **1302** mit einem wesentlich höheren Wert von etwa 26 mA. In ähnlicher Weise liefert das Herauftreiben der Spannung am Knoten **954** in zwei Komponenten ein Stromsignal **1600** mit einer Stromspitze **1602** und einer Stromspitze **1620** mit entsprechenden Werten von etwa 15 mA bzw. 18,6 mA. Im Gegensatz dazu ergibt das Herauftreiben der Spannung am Knoten **954** in einer Komponente ein Stromsignal **1500** mit einer Spitze **1502** mit einem viel höheren Wert von etwa 26 mA.

[0079] Fig. 12A ist ein Zeitablaufdiagramm, welches einen Strom über der Zeit für den durch den Ausgang **624** der Pumpstufen gelieferten Strom zeigt. Fig. 12B ist ein Zeitablaufdiagramm, welches den Strom über der Zeit für den durch den Ausgang **920** der Pumpstufen zugeführten Strom zeigt.

[0080] Fig. 13 stellt ein vereinfachtes Diagramm eines integrierten Schaltkreises bereit, welcher die Ladungspumpe mit geringerem Spitzenstrom gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet. Der integrierte Schaltkreis **1900** weist ein Halbleitersubstrat auf. Ein Speicherarray **1901** ist in der Einrichtung enthalten und verwendet Betriebsspannungen, die außerhalb des vordefinierten Bereiches des Versorgungspotentials liegen, die nor-

malerweise an den Versorgungsanschlüssen **1902** und **1903** an der Einrichtung angelegt werden und welche dafür ausgelegt sind, ein Versorgungspotential VDD und ein Massepotential zu empfangen.

[0081] Der integrierte Schaltkreis umfaßt in diesem Beispiel eine Zustandsmaschine **1904** der Speichersteuerung, welche verschiedene Betriebszustände für das Speicherarray **1901** bereitstellt. Eingangssignale umfassen Steuersignale **1905**, die an der Maschinenzustandssteuerung **1904** angelegt werden, Adreßsignale **1906**, die an der Schaltung des Speicherarrays angelegt werden, und Datensignale **1907**, die ebenfalls an dem Speicherarray **1901** angelegt werden. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist in der Einrichtung eine Ladungspumpe mit einem niedrigeren Spitzenstrom **1908** enthalten, die dafür ausgelegt ist, die Versorgungspotentiale VDD und Masse zu empfangen.

[0082] Fig. 13 ist repräsentativ für eine breite Vielfalt integrierter Schaltkreise, die eine Schaltung auf dem Chip umfassen, welche Betriebsspannungen außerhalb des vordefinierten Bereichs des Versorgungspotentials verwenden. Speichereinrichtungen, wie z. B. Flash-Speichereinrichtungen, sind eine Klasse integrierter Schaltkreise gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0083] Andere Ausführungsformen der Erfindung können andere Transistormaße verwenden, beispielsweise ein unterschiedliches Verhältnis zwischen den Breiten der Routing-Transistoren und den Breiten der Transistoren in den Invertierern, und unterschiedliche Oxid-Dicken. Eine andere Ausführungsform der Erfindung ist eine negative Ladungspumpe. Eine weitere Ausführungsform der Erfindung treibt Ladungspumpenketten in zwei Komponenten, welche durch ein einzelnes Signal ausgelöst werden. Das einzelne Signal löst die erste Komponente aus und ein verzögerter Teil des einzelnen Signals löst die zweite Komponente aus.

[0084] Die vorstehende Beschreibung verschiedener Ausführungsformen der Erfindung ist zum Zwecke der Veranschaulichung und Beschreibung bereitgestellt worden. Sie soll nicht die Erfindung auf die besonderen offenbarten Formen beschränken. Viele Modifikationen und äquivalente Anordnungen sind offensichtlich.

Patentansprüche

1. Ladungspumpe mit:
einem Pumtakttschaltkreis (**700**), der einen Taktsignalausgang hat, wobei der Taktsignalausgang ein Taktsignal liefert, und
einer Mehrzahl von in Serie angeordneten Ladungspumpenstufen (**930, 950, 970**), die entsprechende Übertragungsschaltkreise und Pumpenketten (**934, 954, 974**) aufweisen, wobei der Pumpenketten von einer aus der Mehrzahl von Ladungspumpenstufen mit dem Zeittaktsignalausgang über einen Kondensator (**942, 962, 982**) verbunden ist, die Mehrzahl von seriell angeordneten Ladungspumpenstufen einen Ladungspumpenausgang (**920**) hat, wobei Ladung in Reaktion auf das Zeittaktsignal durch die Mehrzahl von Ladungspumpenstufen zu dem Ladungspumpenausgang gepumpt wird, und wobei das Zeittaktsignal durch eine erste Zeittaktsignalkomponente und eine zweite Zeittaktsignalkomponente getrieben wird, und beim Einsetzen der ersten Zeittaktsignalkomponente um eine Verzögerung gegenüber dem Einsetzen der zweiten Signaltaktkomponente getrennt wird.
2. Ladungspumpe nach Anspruch 1, wobei eine Richtung des Stromflusses des Zeittaktsignales sowohl während der ersten Zeittaktsignalkomponente als auch während der zweiten Zeittaktsignalkomponente konstant bleibt.
3. Ladungspumpe nach Anspruch 1, wobei eine Energie des Zeittaktsignales aufgrund des Einsetzens der zweiten Zeittaktsignalkomponente zunimmt.
4. Ladungspumpe nach Anspruch 3, wobei die Energie des Zeittaktsignales aufgrund des Einsetzens der zweiten Zeittaktsignalkomponente zunimmt, indem der Kondensator eine Verbindung zumindest einem der Folgenden, nämlich einer Spannungsquelle, einer Stromquelle und einer Masse herstellt.
5. Ladungspumpe nach Anspruch 1, wobei die zu dem Ladungspumpenausgang gepumpte Ladung positiv ist.
6. Ladungspumpe nach Anspruch 1, wobei der Pumpenzeittaktschaltkreis einen Pumpenzeittaktschaltkreis aufweist, der eine Mehrzahl von Zeittaktsignaleingängen (**712, 732, 752, 772**) und eine Mehrzahl von Zeittaktsignalausgängen (**722, 742, 762, 782**) hat, wobei die Mehrzahl von Zeittaktsignaleingängen eine Mehrzahl von Pumpektaktsignalen (**620, 640, 660, 680**) empfängt und eine Mehrzahl von Zeittaktsignalausgängen

eine Mehrzahl verstärkter Taktsignale (**724**, **744**, **764**, **784**) ausgibt, und die Mehrzahl von in Serie angeordneten Ladungspumpenstufen eine Mehrzahl von seriell angeordneten Ladungspumpenstufen aufweist, welche entsprechende Übertragungsschaltkreise und Pumpenknoten aufweisen, wobei die Pumpenknoten der Mehrzahl von Ladungspumpenstufen jeweils mit der Mehrzahl von Zeittaktsignalausgängen über eine Mehrzahl von Kondensatoren verbunden sind, die Mehrzahl von in Serie angeordneten Ladungspumpenstufen einen Ladungspumpenausgang hat, wobei die Ladung durch die Mehrzahl von Ladungspumpenstufen in Reaktion auf die Mehrzahl verstärkter Pumptaktsignale zu dem Ladungspumpenausgang gepumpt wird, und zumindest eines auf der Mehrzahl von verstärkten Pumptaktsignalen durch eine erste Zeittaktsignalkomponente und eine zweite Zeittaktsignalkomponente getrieben wird, und beim Einsetzen der ersten Zeittaktsignalkomponente um eine Verzögerung gegenüber einem Einsetzen der zweiten Zeittaktsignalkomponente getrennt wird.

7. Ladungspumpe nach Anspruch 6, wobei das Einsetzen der ersten Zeittaktsignalkomponente und das Einsetzen der zweiten Zeittaktsignalkomponente durch getrennte Übergangsflanken definiert werden, die durch zwei aus der Mehrzahl von Pumptaktsignalen definiert werden.

8. Ladungspumpe nach Anspruch 6, wobei das Einsetzen der ersten Zeittaktsignalkomponente und das Einsetzen der zweiten Zeittaktsignalkomponente durch eine Mehrzahl von Taktsignalen definiert werden.

9. Ladungspumpe nach Anspruch 6, wobei eine Richtung des Stromflusses der zumindest einen aus der Mehrzahl verstärkter Taktsignale sowohl während der ersten Zeittaktsignalkomponente als auch während der zweiten Zeittaktsignalkomponente konstant bleibt.

10. Ladungspumpe nach Anspruch 6, wobei die Energie von zumindest einem aus der Mehrzahl von verstärkten Pumptaktsignalen aufgrund des Einsetzens der zweiten Zeittaktsignalkomponente ansteigt.

11. Ladungspumpe nach Anspruch 10, wobei die Energie des zumindest einen aus der Mehrzahl verstärkter Pumptaktsignale durch Verbinden eines der Kondensatoren mit zumindest einem der Folgenden, nämlich einer Spannungsquelle, einer Stromquelle und einer Masse, ansteigt.

12. Ladungspumpe nach Anspruch 1, wobei eine erste der Mehrzahl von in Reihe angeordneten Ladungspumpenstufen (**930**) aufweist:

einen ersten Pumpenkondensator (**942**), der einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei der erste Anschluß des ersten Pumpenkondensators mit einem ersten Pumptaktsignal (**724**) verbunden ist, einen ersten Übertragungskondensator (**938**), der einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, wobei der erste Anschluß des ersten Übertragungskondensators mit einem ersten Übertragungstaktsignal (**784**) verbunden ist,

einen ersten Transistor (**932**), der dafür ausgelegt ist, Ladung an den zweiten Anschluß des ersten Pumpenkondensators zu übertragen, und wobei der erste Transistor ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat und das Gate des ersten Transistors mit dem zweiten Anschluß des ersten Übertragungskondensators verbunden ist und der zweite Anschluß des ersten Transistors mit dem zweiten Anschluß des ersten Pumpenkondensators verbunden ist,

einen zweiten Transistor (**936**), der dafür ausgelegt ist, wahlweise das Gate des ersten Transistors mit dem ersten Anschluß des ersten Transistors zu verbinden, und wobei der zweite Transistor ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und das Gate des zweiten Transistors mit dem zweiten Anschluß des ersten Pumpenkondensators verbunden wird und der zweite Anschluß des zweiten Transistors mit dem Gate des ersten Transistors verbunden wird und der erste Anschluß des zweiten Transistors mit dem ersten Anschluß des ersten Transistors verbunden wird, und

wobei der Pumptaktschaltkreis aufweist:

eine Taktschaltung, die mit a) dem ersten Übertragungstaktsignal und b) dem ersten Anschluß des ersten Pumpenkondensators verbunden ist.

13. Ladungspumpe nach Anspruch 12, wobei der Taktschaltkreis einen Routing- bzw. Steuertransistor (**810**) mit einem Gate, einem ersten Anschluß und einem zweiten Anschluß aufweist, und wobei das Gate des Steuertransistors mit dem ersten Übertragungstaktsignal verbunden ist und der erste Anschluß des Steuertransistors mit dem ersten Anschluß des ersten Pumpenkondensators verbunden ist und der zweite Anschluß des Steuertransistors mit entweder einer Spannungsquelle, einer Stromquelle oder Masse verbunden ist.

14. Ladungspumpe nach Anspruch 12, welche weiterhin einen Verstärkungsschaltkreis aufweist, der mit zumindest einem der Folgenden, nämlich dem ersten Pumptaktsignal oder dem ersten Übertragungstaktsignal verbunden ist, wobei der Verstärkungsschaltkreis die Energie des zumindest einen, nämlich des ersten

Pumptaktsignales oder des ersten Übertragungstaktsignales steigert.

15. Ladungspumpe nach Anspruch 12, welche weiterhin eine Diode aufweist, die einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei der erste Anschluß der Diode mit dem zweiten Anschluß des ersten Pumpenkondensators verbunden ist.

16. Ladungspumpe nach Anspruch 1, wobei eine erste aus der Mehrzahl von in Reihe angeordneten Ladungspumpenstufen (**930**) aufweist:

einen ersten Pumpenkondensator (**942**), der einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei der erste Anschluß des ersten Pumpenkondensators mit einem ersten Pumptaktsignal (**724**) verbunden ist, einen ersten Übertragungskondensator (**938**), der einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und der ersten Anschluß des ersten Übertragungskondensators mit einem ersten Übertragungstaktsignal (**754**) verbunden ist,

einen ersten Transistor (**932**), der dafür ausgelegt ist, Ladung zu dem zweiten Anschluß des ersten Pumpenkondensators zu übertragen, und wobei der erste Transistor ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei das Gate des ersten Transistors mit dem zweiten Anschluß des ersten Übertragungskondensators verbunden ist und der zweite Anschluß des ersten Transistors mit dem zweiten Anschluß des ersten Pumpenkondensators verbunden ist,

einen zweiten Transistor (**936**), der dafür ausgelegt ist, wahlweise das Gate des ersten Transistors mit dem ersten Anschluß des ersten Transistors zu verbinden, und wobei der zweite Transistor ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat und das Gate des zweiten Transistors mit dem zweiten Anschluß des ersten Pumpenkondensators verbunden ist und der zweite Anschluß des zweiten Transistors mit dem Gate des ersten Transistors verbunden ist, und der erste Anschluß des zweiten Transistors mit dem ersten Anschluß des ersten Transistors verbunden ist, und

wobei eine zweite aus der Mehrzahl von in Reihe angeordneten Ladungspumpenstufen (**950**) aufweist:

einen zweiten Pumpenkondensator (**962**), der einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei der erste Anschluß des zweiten Pumpenkondensators mit einem zweiten Pumptaktsignal (**764**) verbunden ist,

einen zweiten Übertragungskondensator (**758**), der einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei der erste Anschluß des zweiten Übertragungskondensators mit einem zweiten Übertragungstaktsignal (**744**) verbunden ist,

einen dritten Transistor (**952**), der dafür ausgelegt ist, Ladung an den zweiten Anschluß des zweiten Pumpenkondensators zu übertragen, und wobei der dritte Transistor ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und das Gate des dritten Transistors mit dem zweiten Anschluß des zweiten Übertragungskondensators verbunden ist und der erste Anschluß des dritten Kondensators mit dem zweiten Anschluß des ersten Transistors verbunden ist, und der zweite Anschluß des dritten Transistors mit dem zweiten Anschluß des zweiten Pumpenkondensators verbunden ist,

einen vierten Transistor (**956**), der dafür ausgelegt ist, wahlweise das Gate des dritten Transistors mit dem ersten Anschluß des dritten Transistors zu verbinden und der vierte Transistor ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und das Gate des vierten Transistors mit dem zweiten Anschluß des zweiten Pumpenkondensators verbunden ist, und der zweite Anschluß des vierten Transistors mit dem Gate des dritten Transistors verbunden ist, und der erste Anschluß des vierten Transistors mit dem ersten Anschluß des dritten Transistors verbunden ist, und

wobei der Pumptaktschaltkreis eine Taktschaltung aufweist, die eines oder mehreres der Folgenden aufweist:

a) einen ersten Steuertransistor (**810**), der ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei das Gate des ersten Steuertransistors mit dem ersten Übertragungstaktsignal verbunden ist und der erste Anschluß des ersten Steuertransistors mit dem ersten Anschluß des ersten Pumpenkondensators verbunden ist, und der zweite Anschluß des ersten Steuertransistors mit entweder einer Spannungsquelle, einer Stromquelle oder Masse verbunden ist,

b) einen zweiten Steuertransistor (**820**), der ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und das Gate des zweiten Steuertransistors mit dem zweiten Übertragungstaktsignal verbunden ist und der erste Anschluß des zweiten Steuertransistors mit dem ersten Anschluß des ersten Pumpenkondensators verbunden ist, und der zweite Anschluß des zweiten Steuertransistors mit entweder einer Spannungsquelle, einer Stromquelle oder Masse verbunden ist,

c) einen dritten Steuertransistor (**830**), der ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und das Gate des dritten Steuertransistors mit dem ersten Übertragungstaktsignal verbunden ist und der erste Anschluß des dritten Steuertransistors mit dem ersten Anschluß des zweiten Pumpenkondensators verbunden ist, und der zweite Anschluß des dritten Steuertransistors entweder mit einer Spannungsquelle, einer Stromquelle oder Masse verbunden ist, und

d) einen vierten Steuertransistor (**840**), der ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat,

und wobei das Gate des vierten Steuertransistors mit dem zweiten Übertragungstaktsignal verbunden ist, und der erste Anschluß des vierten Steuertransistors mit dem ersten Anschluß des zweiten Pumpencondensators verbunden ist, und der zweite Anschluß des vierten Steuertransistors entweder mit einer Spannungsquelle, einer Stromquelle oder Masse verbunden ist.

17. Ladungspumpe nach Anspruch 16, welche weiterhin einen Verstärkungsschaltkreis aufweist, der mit zumindest einem der Folgenden verbunden ist: dem ersten Pumptaktsignal, dem ersten Übertragungstaktsignal, dem zweiten Pumptaktsignal und dem zweiten Übertragungstaktsignal, wobei der Verstärkungsschaltkreis die Energie des zumindest einen, nämlich des ersten Pumptaktsignales, des ersten Übertragungstaktsignales, des zweiten Pumptaktsignales oder des zweiten Übertragungstaktsignales verstärkt.

18. Ladungspumpe nach Anspruch 16, welche weiterhin zumindest eines der Folgenden aufweist:

a) einen Verstärkungsschaltkreis (**770**), welcher das erste Übertragungstaktsignal mit dem Gate des dritten Steuertransistors verbindet, b) einen Verstärkungsschaltkreis (**730**), welcher das zweite Übertragungstaktsignal mit dem Gate des zweiten Steuertransistors verbindet, c) einen Verstärkungsschaltkreis (**710**), welcher das erste Übertragungstaktsignal mit dem Gate des ersten Steuertransistors verbindet, und d) einen Verstärkungsschaltkreis (**750**), welcher das zweite Übertragungstaktsignal mit dem Gate des vierten Steuertransistors verbindet.

19. Ladungspumpe nach Anspruch 17, wobei der Verstärkungsschaltkreis eines oder mehreres der Folgenden aufweist:

a) eine erste Mehrzahl von Invertierern (**910**), welche aufweisen:

einen ersten Invertierer (**714**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des ersten Invertierers mit dem ersten Pumptaktsignal verbunden ist,
einen zweiten Invertierer (**716**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des zweiten Invertierers mit dem Ausgang des ersten Invertierers verbunden ist,
einen dritten Invertierer (**718**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des dritten Invertierers mit dem Ausgang des zweiten Invertierers verbunden ist,
einen vierten Invertierer (**720**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des vierten Invertierers mit dem Ausgang des dritten Invertierers verbunden ist, und wobei der Ausgang des vierten Invertierers mit dem ersten Anschluß des ersten Pumpencondensators verbunden ist,

b) eine zweite Mehrzahl von Invertierern (**730**), die aufweisen:

einen fünften Invertierer (**734**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und der Eingang des fünften Invertierers mit dem zweiten Übertragungstaktsignal verbunden ist,
einen sechsten Invertierer (**736**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des sechsten Invertierers mit dem Ausgang des fünften Invertierers verbunden ist,
einen siebenten Invertierer (**738**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des siebenten Invertierers mit dem Ausgang des sechsten Invertierers verbunden ist,
einen achten Invertierer (**740**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des achten Invertierers mit dem Ausgang des siebenten Invertierers verbunden ist, und wobei der Ausgang des achten Invertierers mit dem ersten Anschluß des zweiten Übertragungskondensators verbunden ist,

c) eine dritte Mehrzahl von Invertierern (**750**), die aufweisen:

einen neunten Invertierer (**754**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des neunten Invertierers mit dem zweiten Pumptaktsignal verbunden ist,
einen zehnten Invertierer (**756**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des zehnten Invertierers mit dem Ausgang des neunten Invertierers verbunden ist,
einen elften Invertierer (**758**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des elften Invertierers mit dem Ausgang des zehnten Invertierers verbunden ist,
einen zwölften Invertierer (**760**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des zwölften Invertierers mit dem Ausgang des elften Invertierers verbunden ist, und der Ausgang des zwölften Invertierers mit dem ersten Anschluß des zweiten Pumpencondensators verbunden ist, und

d) eine vierte Mehrzahl von Invertierern (**770**), welche aufweisen:

einen dreizehnten Invertierer (**774**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des dreizehnten Invertierers mit dem ersten Übertragungstaktsignal verbunden ist,
einen vierzehnten Invertierer (**776**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des vierzehnten Invertierers mit dem Ausgang des dreizehnten Invertierers verbunden ist,
einen fünfzehnten Invertierer (**778**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des fünfzehnten Invertierers mit dem Ausgang des vierzehnten Invertierers verbunden ist,
einen sechzehnten Invertierer (**780**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des sechzehnten Invertierers mit dem Ausgang des fünfzehnten Invertierers verbunden ist, und wobei der Ausgang

des sechzehnten Invertierers mit dem ersten Anschluß des ersten Übertragungskondensators verbunden ist.

20. Ladungspumpe nach Anspruch 19, wobei das Gate des ersten Steuertransistors mit dem Ausgang des sechzehnten Invertierers verbunden ist, das Gate des zweiten Steuertransistors mit dem Ausgang des sieben-ten Invertierers verbunden ist, das Gate des dritten Steuertransistors mit dem Ausgang des fünfzehnten Invertierers verbunden ist und das Gate des vierten Steuertransistors mit dem Ausgang des achten Invertierers verbunden ist.

21. Ladungspumpe nach Anspruch 1, wobei eine erste aus der Mehrzahl von in Reihe angeordneten Ladungspumpenstufen (930) aufweist:

einen ersten Pumpenkondensator (942), der einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei der erste Anschluß des ersten Pumpenkondensators mit einem ersten Pumtaktsignal (724) verbunden ist, einen ersten Übertragungskondensator (938), der einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei der erste Anschluß des ersten Übertragungskondensators mit einem ersten Übertragungstaktsignal (784) verbunden ist,

einen ersten Transistor (932), der dafür ausgelegt ist, Ladung zu dem zweiten Anschluß des ersten Pumpenkondensators zu übertragen, und wobei der erste Transistor ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und das Gate des ersten Transistors mit dem zweiten Anschluß des ersten Übertragungskondensators verbunden ist und der zweite Anschluß des ersten Transistors mit dem zweiten Anschluß des ersten Pumpenkondensators verbunden ist,

einen zweiten Transistor (936), der dafür ausgelegt ist, wahlweise das Gate des ersten Transistors mit dem ersten Anschluß des ersten Transistors zu verbinden, und wobei der zweite Transistor ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und das Gate des zweiten Transistors mit dem zweiten Anschluß des ersten Pumpenkondensators verbunden ist, und der zweite Anschluß des zweiten Transistors mit dem Gate des ersten Transistors verbunden ist, und wobei der erste Anschluß des zweiten Transistors mit dem ersten Anschluß des ersten Transistors verbunden ist, und

wobei eine zweite der Mehrzahl von in Serie angeordneten Ladungspumpenstufen (950) aufweist:

einen zweiten Pumpenkondensator (962), der einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei der erste Anschluß des zweiten Pumpenkondensators mit einem zweiten Pumtaktsignal verbunden ist, einen zweiten Übertragungskondensator (958), der einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei der erste Anschluß des zweiten Übertragungskondensators mit einem zweiten Übertragungstaktsignal verbunden ist,

einen dritten Transistor (952), der dafür ausgelegt ist, Ladung an den zweiten Anschluß des zweiten Pumpenkondensators zu übertragen, und wobei der dritte Transistor ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und das Gate des dritten Transistors mit dem zweiten Anschluß des zweiten Übertragungskondensators verbunden ist, und der erste Anschluß des dritten Transistors mit dem zweiten Anschluß des ersten Transistors verbunden ist, und der zweite Anschluß des dritten Transistors mit dem zweiten Anschluß des zweiten Pumpenkondensators verbunden ist,

einen vierten Transistor (956), der dafür ausgelegt ist, wahlweise das Gate des dritten Transistors mit dem ersten Anschluß des dritten Transistors zu verbinden, und wobei der vierte Transistor ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und das Gate des vierten Transistors mit dem zweiten Anschluß des zweiten Pumpenkondensators verbunden ist, und der zweite Anschluß des vierten Transistors mit dem Gate des dritten Transistors verbunden ist, und der erste Anschluß des vierten Transistors mit dem ersten Anschluß des dritten Transistors verbunden ist, und

wobei eine dritte aus der Mehrzahl von in Reihe angeordneten Ladungspumpenstufen (970) aufweist:

einen dritten Pumpenkondensator (982), der einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei der erste Anschluß des dritten Pumpenkondensators mit dem ersten Pumtaktsignal verbunden ist, einen dritten Übertragungskondensator (978), der einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei der erste Anschluß des dritten Übertragungskondensators mit dem ersten Übertragungstaktsignal verbunden ist,

eine fünften Transistor (972), der dafür ausgelegt ist, Ladung auf den zweiten Anschluß des dritten Pumpenkondensators zu übertragen, und wobei der fünfte Transistor ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und das Gate des fünften Transistors mit dem zweiten Anschluß des dritten Übertragungskondensators verbunden ist und der erste Anschluß des fünften Transistors mit dem zweiten Anschluß des dritten Transistors verbunden ist, und der zweite Anschluß des fünften Transistors mit dem zweiten Anschluß des dritten Pumpenkondensators verbunden ist,

einen sechsten Transistor (976), der dafür ausgelegt ist, wahlweise das Gate des fünften Transistors mit dem ersten Anschluß des fünften Transistors zu verbinden, und wobei der sechste Transistor ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und das Gate des sechsten Transistors mit dem zweiten Anschluß des dritten Pumpenkondensators verbunden ist, und der zweite Anschluß des sechsten Transistors mit dem

Gate des fünften Transistors verbunden ist, und der erste Anschluß des sechsten Transistors mit dem ersten Anschluß des fünften Transistors verbunden ist, und

wobei der Zeittaktschaltkreis eine Taktschaltung aufweist, die eines oder mehreres der Folgenden aufweist:

a) einen ersten Steuertransistor (**810**), der ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei das Gate des ersten Steuertransistors mit dem ersten Übertragungstaktsignal verbunden ist und der erste Anschluß des ersten Steuertransistors mit zumindest einem der Folgenden, nämlich i) dem ersten Anschluß des ersten Pumpenkondensators und ii) dem ersten Anschluß des dritten Pumpenkondensators verbunden ist, und der zweite Anschluß des ersten Steuertransistors mit entweder einer Spannungsquelle, einer Stromquelle oder

b) einen zweiten Steuertransistor (**820**), der ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei das Gate des zweiten Steuertransistors mit dem zweiten Übertragungstaktsignal verbunden ist und der erste Anschluß des zweiten Steuertransistors mit zumindest einem der Folgenden verbunden ist, nämlich i) dem ersten Anschluß des ersten Pumpenkondensators und ii) dem ersten Anschluß des dritten Pumpenkondensators, und wobei der zweite Anschluß des zweiten Steuertransistors entweder mit einer Spannungsquelle, einer Stromquelle oder Masse verbunden ist,

c) einen dritten Steuertransistor (**830**), der ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei das Gate des dritten Steuertransistors mit dem ersten Übertragungstaktsignal verbunden ist und der erste Anschluß des dritten Steuertransistors mit dem ersten Anschluß des zweiten Pumpenkondensators verbunden ist und der zweite Anschluß des dritten Steuertransistors mit entweder einer Spannungsquelle, einer Stromquelle oder Masse verbunden ist, und

d) einen vierten Steuertransistor (**840**), der ein Gate, einen ersten Anschluß und einen zweiten Anschluß hat, und wobei das Gate des vierten Steuertransistors mit dem zweiten Übertragungstaktsignal verbunden ist und der erste Anschluß des vierten Steuertransistors mit dem ersten Anschluß des zweiten Pumpenkondensators verbunden ist, und der zweite Anschluß des vierten Steuertransistors entweder mit einer Spannungsquelle, einer Stromquelle oder Masse verbunden ist.

22. Mehrstufige Ladungspumpe nach Anspruch 21, welche weiterhin einen Verstärkungsschaltkreis aufweist, der zumindest mit einem der Folgenden, nämlich dem ersten Pumptaktsignal, dem ersten Übertragungstaktsignal, dem zweiten Pumptaktsignal und dem zweiten Übertragungstaktsignal verbunden ist, wobei der Verstärkungsschaltkreis die Energie des zumindest einen, nämlich des ersten Pumptaktsignales, des ersten Übertragungstaktsignales, des zweiten Pumptaktsignales und des zweiten Übertragungstaktsignales erhöht.

23. Mehrstufige Ladungspumpe nach Anspruch 21, welche weiterhin zumindest eines der Folgenden aufweist, nämlich a) einen Verstärkungsschaltkreis (**770**), welcher das erste Übertragungstaktsignal mit dem Gate des dritten Steuertransistors verbindet, b) einen Verstärkungsschaltkreis (**730**), welcher das zweite Übertragungstaktsignal mit dem Gate des zweiten Steuertransistors verbindet, c) einen Verstärkungsschaltkreis (**710**), welcher das erste Übertragungstaktsignal mit dem Gate des ersten Steuertransistors verbindet und d) einen Verstärkungsschaltkreis (**750**), welcher das zweite Übertragungstaktsignal mit dem Gate des vierten Steuertransistors verbindet.

24. Mehrstufige Ladungspumpe nach Anspruch 22, wobei der Verstärkungsschaltkreis eines oder mehreres der Folgenden aufweist:

a) eine erste Mehrzahl von Invertierern (**910**), welche aufweisen:

einen ersten Invertierer (**714**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des ersten Invertierers mit dem ersten Pumptaktsignal verbunden ist,

einen zweiten Invertierer (**716**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des zweiten Invertierers mit dem Ausgang des ersten Invertierers verbunden ist,

einen dritten Invertierer (**718**), welcher einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des dritten Invertierers mit dem Ausgang des zweiten Invertierers verbunden ist,

einen vierten Invertierer (**720**), welcher einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des vierten Invertierers mit dem Ausgang des dritten Invertierers verbunden ist, und der Ausgang des vierten Invertierers mit zumindest einem der Folgenden, nämlich i) dem ersten Anschluß des ersten Pumpenkondensators und ii) dem ersten Anschluß des dritten Pumpenkondensators verbunden ist,

b) eine zweite Mehrzahl von Invertierern (**730**), die aufweisen:

einen fünften Invertierer (**734**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des fünften Invertierers mit dem zweiten Übertragungstaktsignal verbunden ist,

einen sechsten Invertierer (**736**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des sechsten Invertierers mit dem Ausgang des fünften Invertierers verbunden ist,

einen siebenten Invertierer (**738**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des siebenten Invertierers mit dem Ausgang des sechsten Invertierers verbunden ist,

einen achten Invertierer (**740**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des achten Invertierers mit dem Ausgang des siebenten Invertierers verbunden ist, und der Ausgang des achten Invertierers mit dem ersten Anschluß des zweiten Übertragungskondensators verbunden ist,

e) eine dritte Mehrzahl von Invertierern (**750**), welche aufweisen:

einen neunten Invertierer (**754**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des neunten Invertierers mit dem zweiten Pumptaktsignal verbunden ist,

einen zehnten Invertierer (**756**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des zehnten Invertierers mit dem Ausgang des neunten Invertierers verbunden ist,

einen elften Invertierer (**758**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des elften Invertierers mit dem Ausgang des zehnten Invertierers verbunden ist,

einen zwölften Invertierer (**760**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des zwölften Invertierers mit dem Ausgang des elften Invertierers verbunden ist, und der Ausgang des zwölften Invertierers mit dem ersten Anschluß des zweiten Pumpenkondensators verbunden ist, und

d) eine vierte Mehrzahl von Invertierern (**770**), welche aufweisen:

einen dreizehnten Invertierer (**774**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des dreizehnten Invertierers mit dem ersten Übertragungstaktsignal verbunden ist,

einen vierzehnten Invertierer (**776**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des vierzehnten Invertierers mit dem Ausgang des dreizehnten Invertierers verbunden ist,

einen fünfzehnten Invertierer (**778**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des fünfzehnten Invertierers mit dem Ausgang des vierzehnten Invertierers verbunden ist, einen sechzehnten Invertierer (**780**), der einen Eingang und einen Ausgang hat, und wobei der Eingang des sechzehnten Invertierers mit dem Ausgang des fünfzehnten Invertierers verbunden ist, und der Ausgang des sechzehnten Invertierers mit zumindest einem der Folgenden, nämlich i) dem ersten Anschluß des ersten Übertragungskondensators und ii) dem ersten Anschluß des dritten Übertragungskondensators verbunden ist.

25. Mehrstufige Ladungspumpe nach Anspruch 24, wobei das Gate des ersten Steuertransistors mit dem Ausgang des sechzehnten Invertierers verbunden ist, das Gate des zweiten Steuertransistors mit dem Ausgang des siebenten Invertierers verbunden ist, das Gate des dritten Steuertransistors mit dem Ausgang des fünfzehnten Invertierers verbunden ist und das Gate des vierten Steuertransistors mit dem Ausgang des achten Invertierers verbunden ist.

26. Integrierter Schaltkreis, welcher aufweist:

ein Halbleitersubstrat,

einen Pumpzeittaktschaltkreis (**700**) auf dem Substrat, der einen Zeittaktsignalausgang hat, und wobei der Zeittaktsignalausgang ein Zeittaktsignal liefert, und

eine Mehrzahl von in Reihe angeordneten Ladungspumpenstufen (**930, 950, 970**) auf dem Substrat, mit entsprechenden Übertragungsschaltkreisen und Pumpknoten (**934, 954, 974**), und wobei der Pumpknoten eines aus der Mehrzahl von in Reihe geschalteten Ladungspumpenstufen über einen Kondensator (**742, 962, 982**) mit dem Zeittaktsignal verbunden ist, wobei die Mehrzahl von in Reihe angeordneten Ladungspumpenstufen einen Ladungspumpenausgang (**920**) haben, wobei Ladung durch die Mehrzahl von Ladungspumpenstufen in Reaktion auf das Zeittaktsignal zu dem Ladungspumpenausgang gepumpt wird, und wobei das Zeittaktsignal durch eine erste Zeittaktsignalkomponente und eine zweite Zeittaktsignalkomponente getrieben bzw. angesteuert wird, und ein Einsetzen der ersten Zeittaktsignalkomponente um eine Verzögerung gegenüber einem Einsetzen der zweiten Zeittaktsignalkomponente getrennt ist.

27. Integrierter Schaltkreis nach Anspruch 26, wobei eine Richtung des Stromflusses des Zeittaktsignales sowohl während der ersten Zeittaktsignalkomponente als auch während der zweiten Zeittaktsignalkomponente konstant bleibt.

28. Integrierter Schaltkreis nach Anspruch 26, wobei eine Energie des Zeittaktsignales aufgrund des Einsetzens der zweiten Zeittaktsignalkomponente ansteigt.

29. Integrierter Schaltkreis nach Anspruch 28, wobei die Energie des Zeittaktsignales aufgrund des Einsetzens der zweiten Zeittaktsignalkomponente ansteigt, indem der Kondensator mit zumindest einem der Folgenden, nämlich einer Spannungsquelle, einer Stromquelle oder Masse verbunden wird.

30. Integrierter Schaltkreis nach Anspruch 26, welcher aufweist:

ein Speicherarray auf dem Substrat, und

eine Mehrzahl von Wortleitungen, die mit dem Speicherarray verbunden sind.

31. Verfahren zum Verringern der Größe eines Spitzenstromes, der in einer Ladungspumpe fließt, wobei die Ladungspumpe eine Mehrzahl von in Reihe angeordneten Ladungspumpenstufen (**930, 950, 970**) hat, welche entsprechende Übertragungsschaltkreise aufweisen, und mit Ladungspumpenknöten (**934, 954, 974**), wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

- (a) Treiben bzw. Ansteuern eines Ladungspumpenknöten in einer der Mehrzahl von Stufen in der Ladungspumpe mit einer ersten Zeittaktsignalkomponente, und
- (b) Ansteuern des Ladungspumpenknöten mit einer zweiten Zeittaktsignalkomponente, wobei ein Einsetzen der ersten Zeittaktsignalkomponente und ein Einsetzen der zweiten Zeittaktsignalkomponente durch eine Verzögerung getrennt sind.

32. Verfahren nach Anspruch 31, wobei der betreffende Ladungspumpenknöten im Anschluß an das Einsetzen der zweiten Zeittaktsignalkomponente mit einer größeren Stromkapazität angesteuert wird.

33. Verfahren nach Anspruch 31, wobei

- Schritt (a) das Ansteuern eines entsprechenden Ladungspumpenknöten in einer der Mehrzahl von Stufen aufweist, in dem eine erste Stromhandhabungseinrichtung aktiviert wird, welche mit dem betreffenden Ladungspumpenknöten über einen Kondensator verbunden ist, und nach einer Verzögerung, und
- Schritt (b) das Ansteuern des betreffenden Ladungspumpenknöten durch Aktivieren einer zweiten Stromhandhabungseinrichtung aufweist, die mit dem betreffenden Ladungspumpenknöten durch den Kondensator verbunden ist, während die erste Stromhandhabungseinrichtung aktiviert bleibt.

34. Verfahren nach Anspruch 33, wobei die erste Stromhandhabungseinrichtung ein erster Feldeffekttransistor ist und die zweite Stromhandhabungseinrichtung ein zweiter Feldeffekttransistor ist.

35. Verfahren nach Anspruch 31, wobei die erste Zeittaktsignalkomponente eine Polarität hat und die zweite Zeittaktsignalkomponente diese Polarität hat.

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

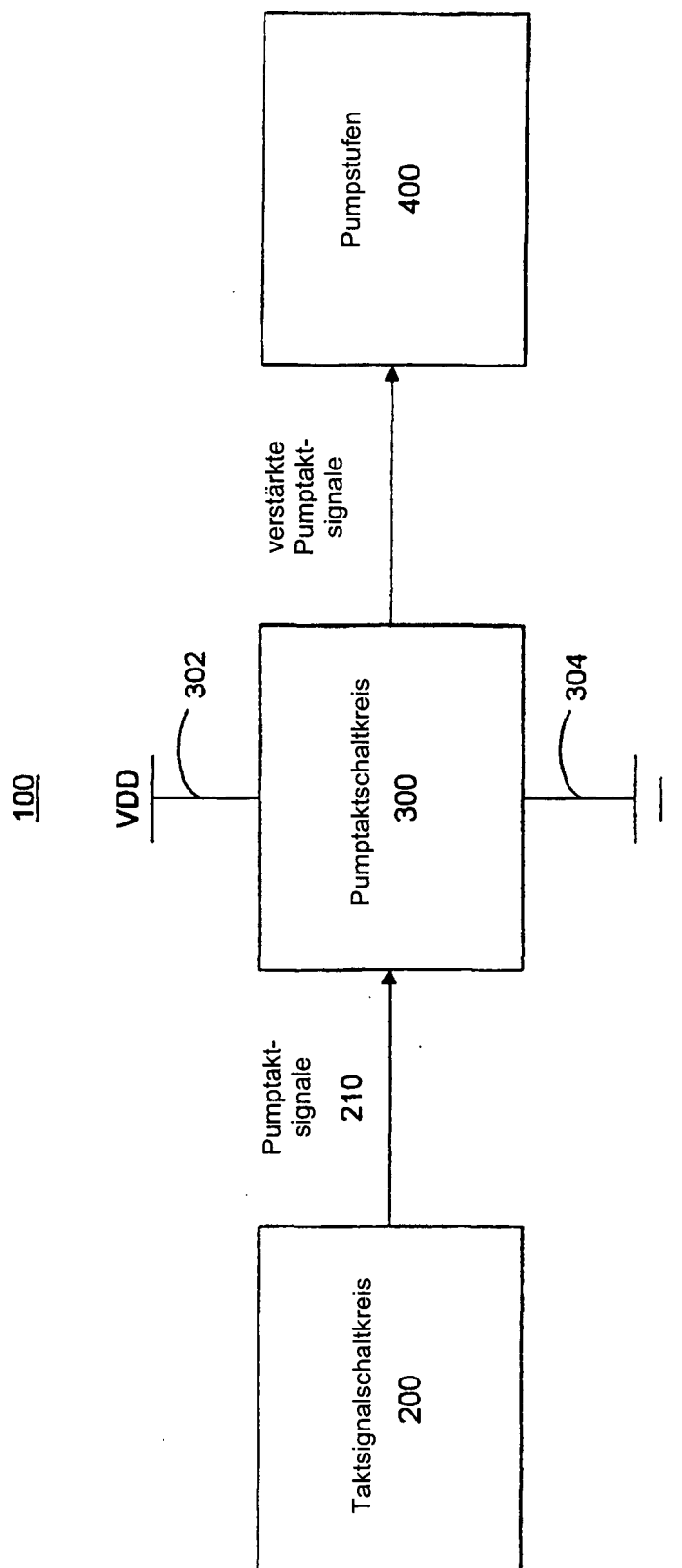
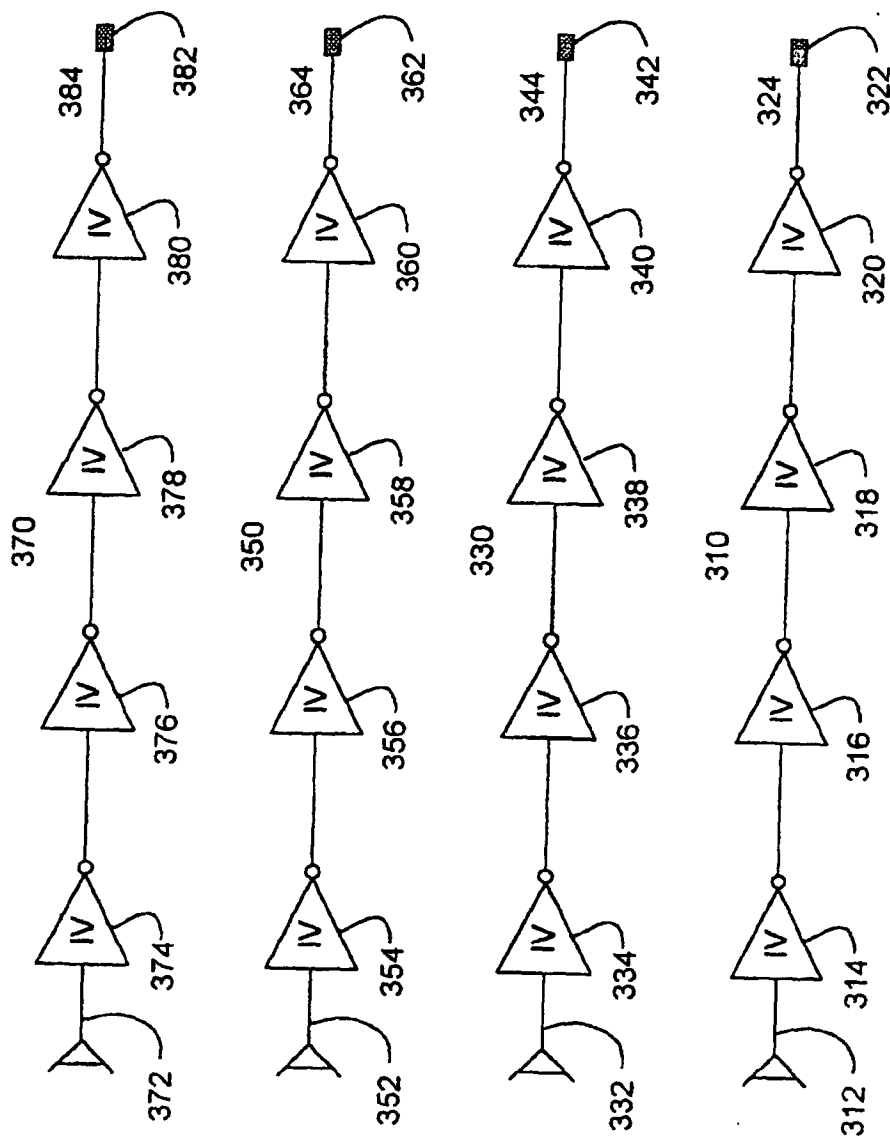


FIG. 1
(STAND DER TECHNIK)



300

FIG. 2
(STAND DER TECHNIK)

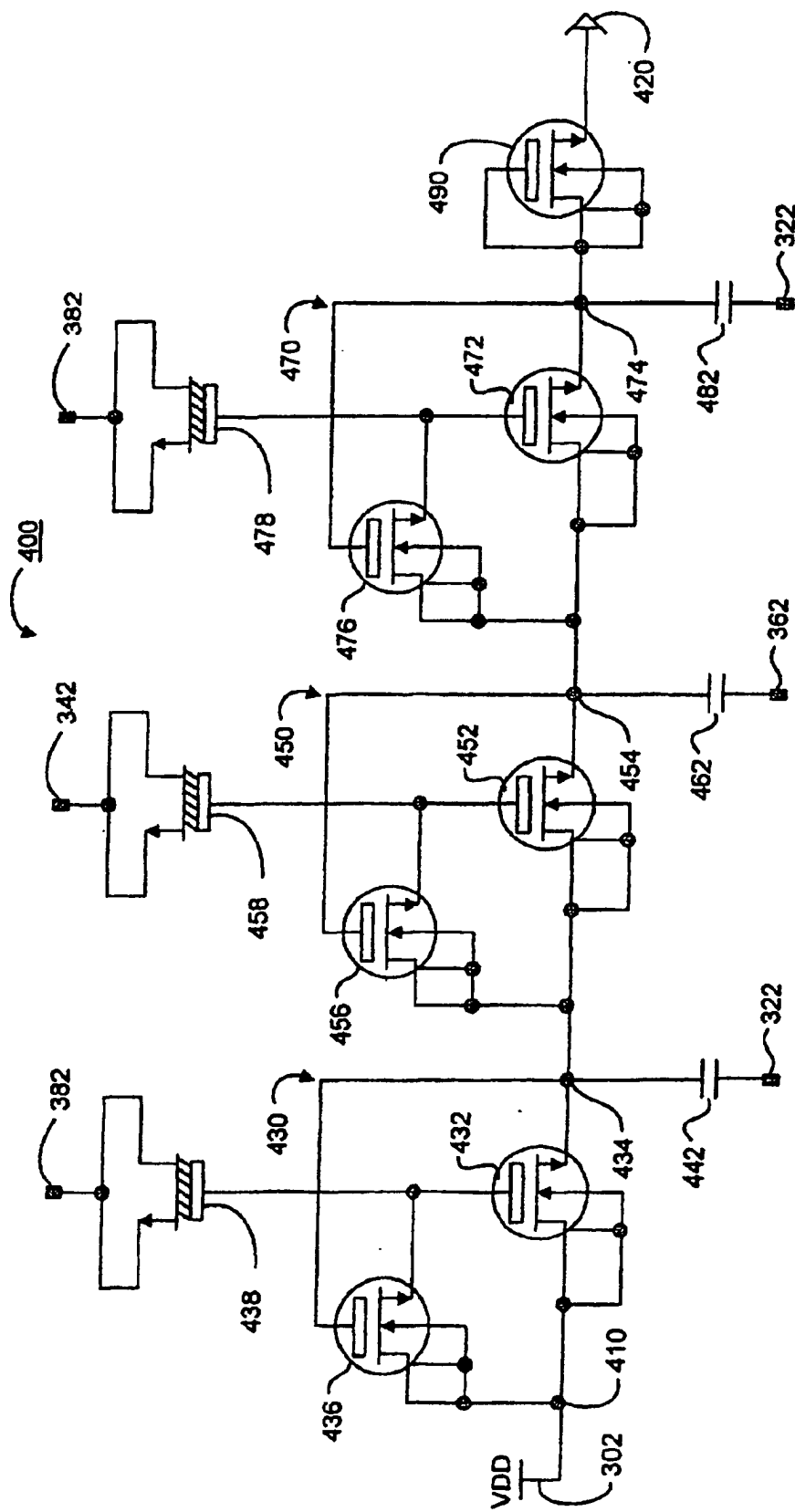


FIG.3
(STAND DER TECHNIK)

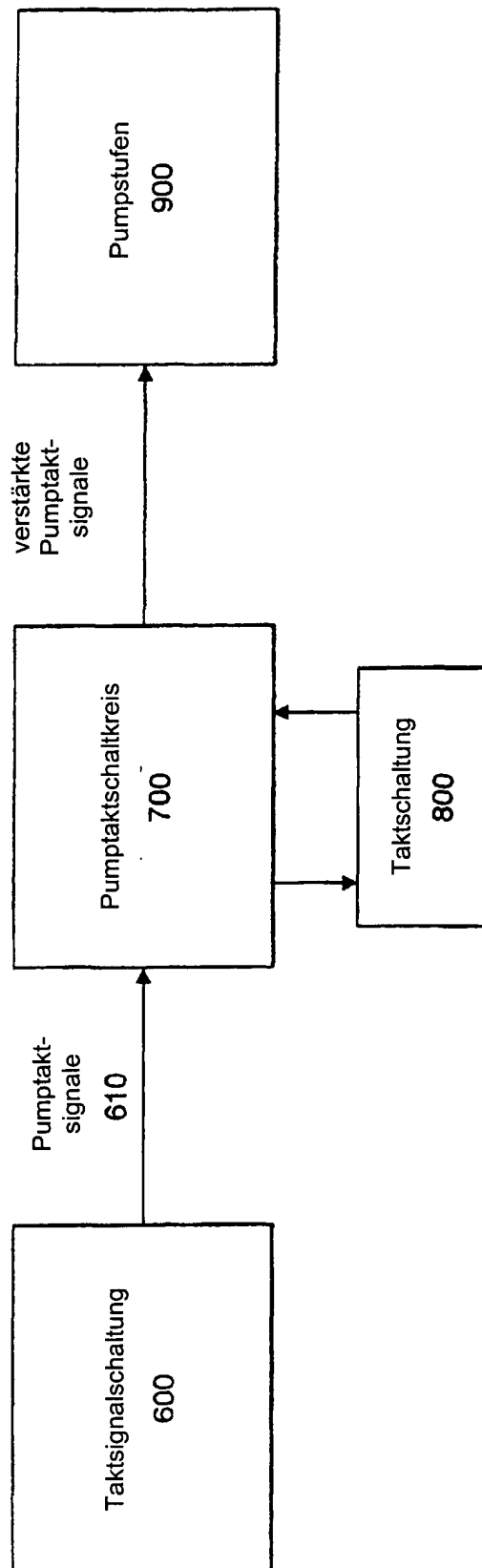


FIG. 4

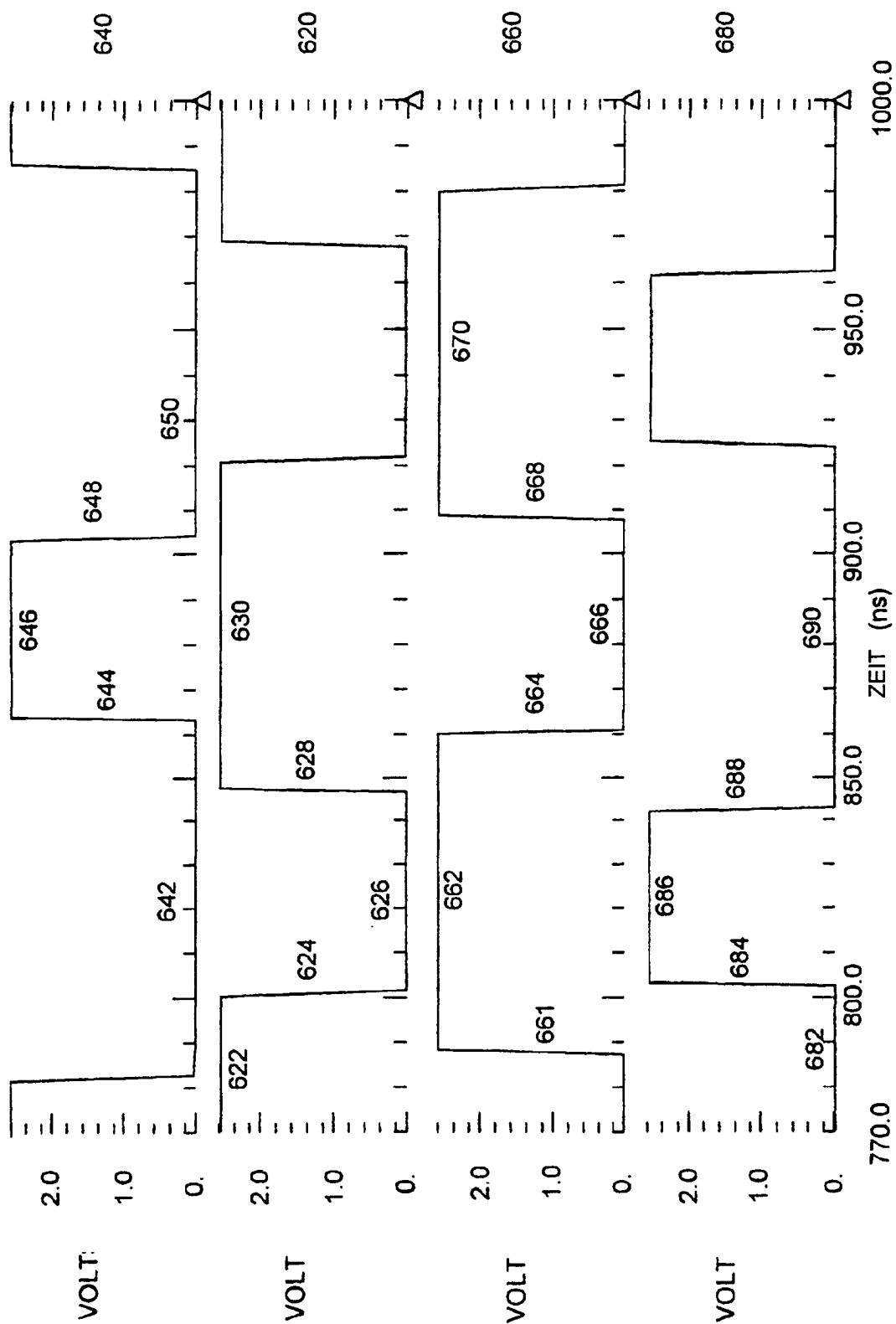


FIG. 5

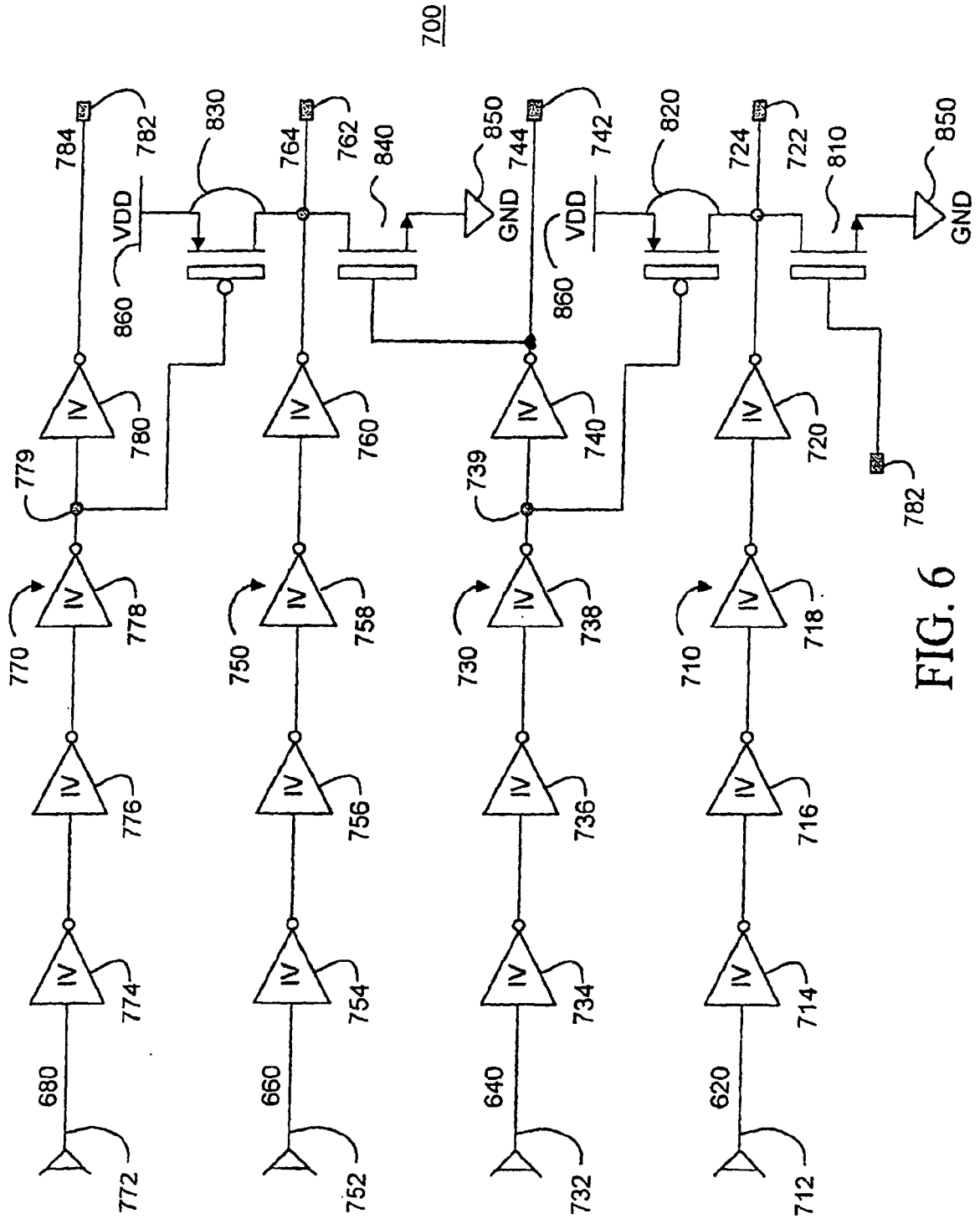


FIG. 6

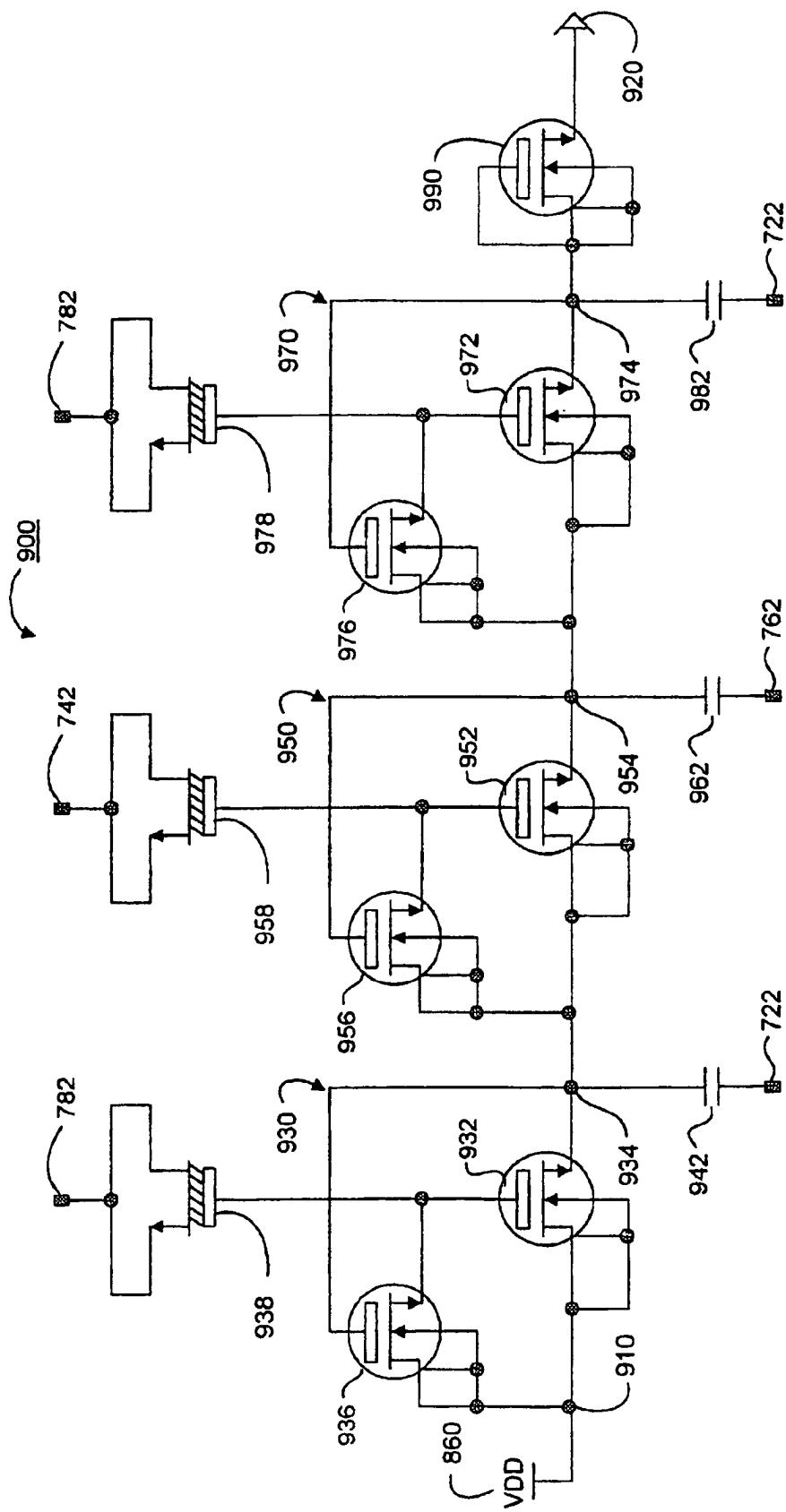


FIG.7

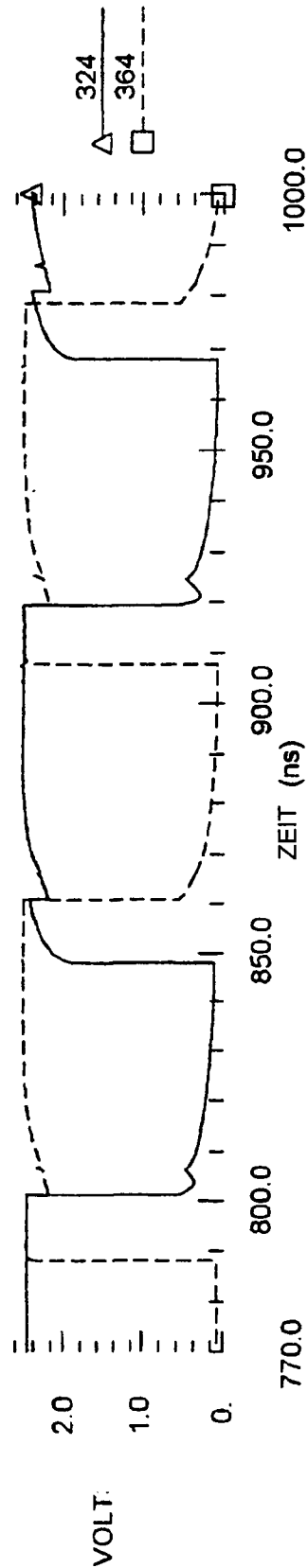


FIG. 8A

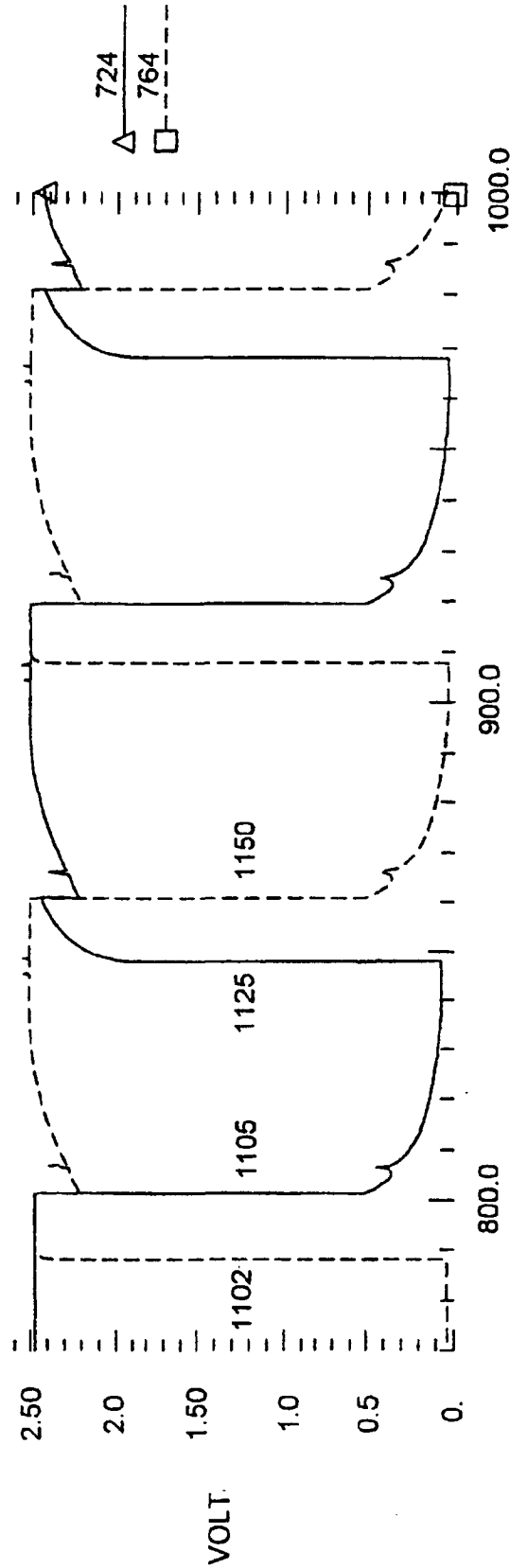


FIG. 8B

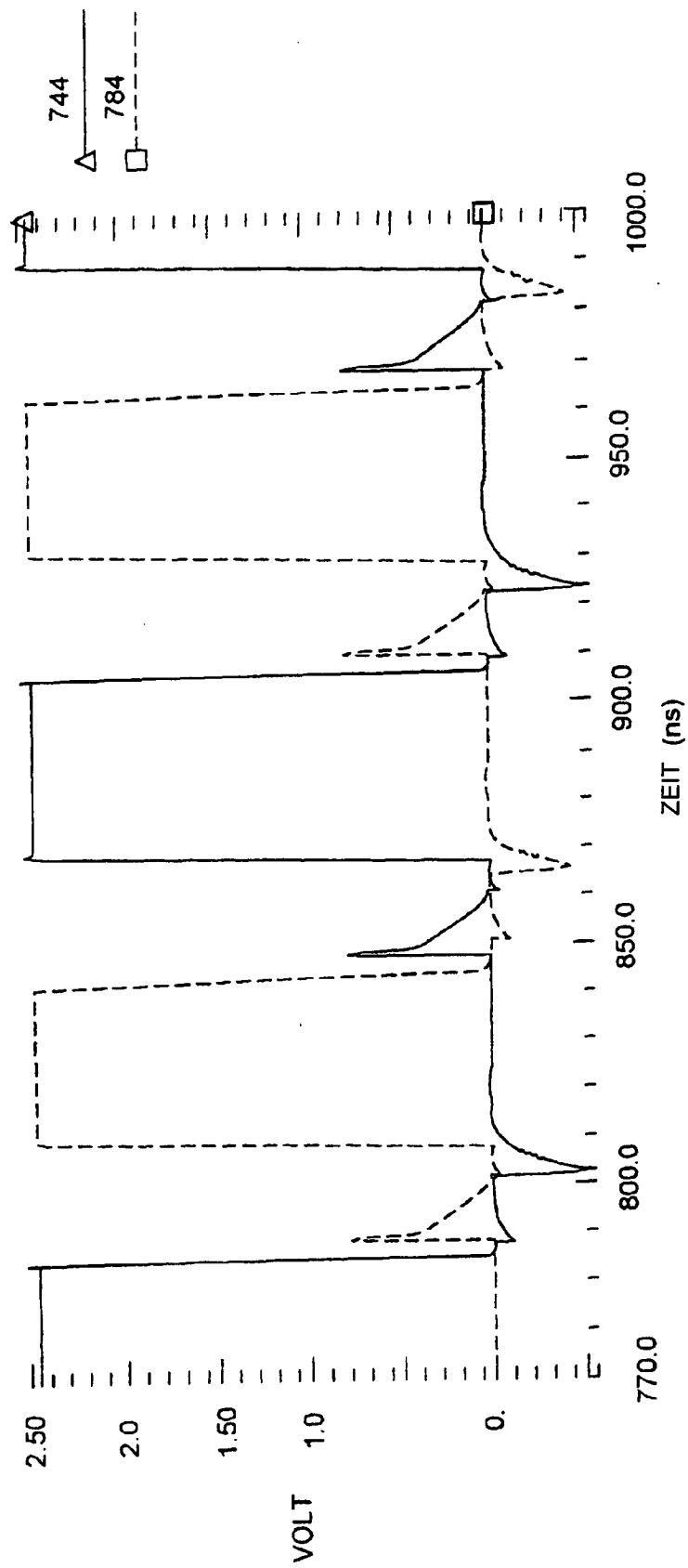


FIG. 9

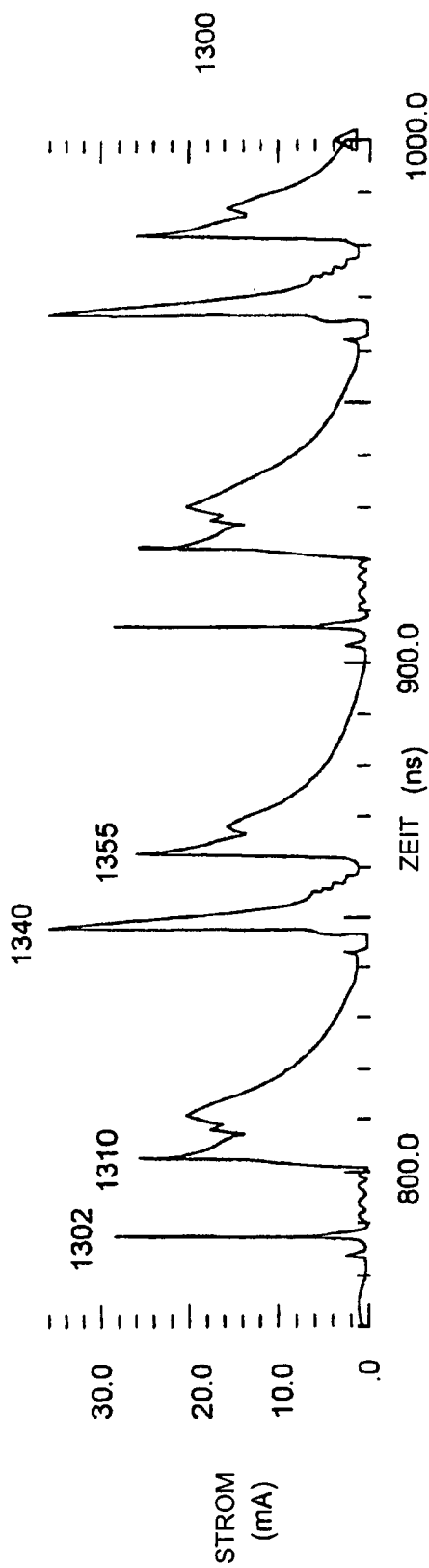


FIG. 10A

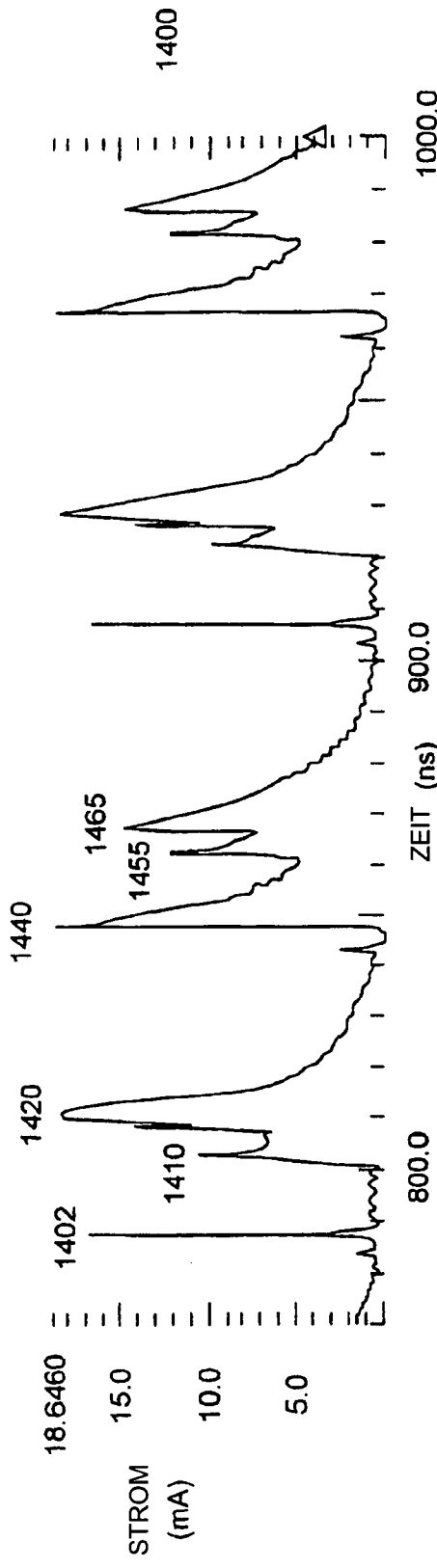


FIG. 10B

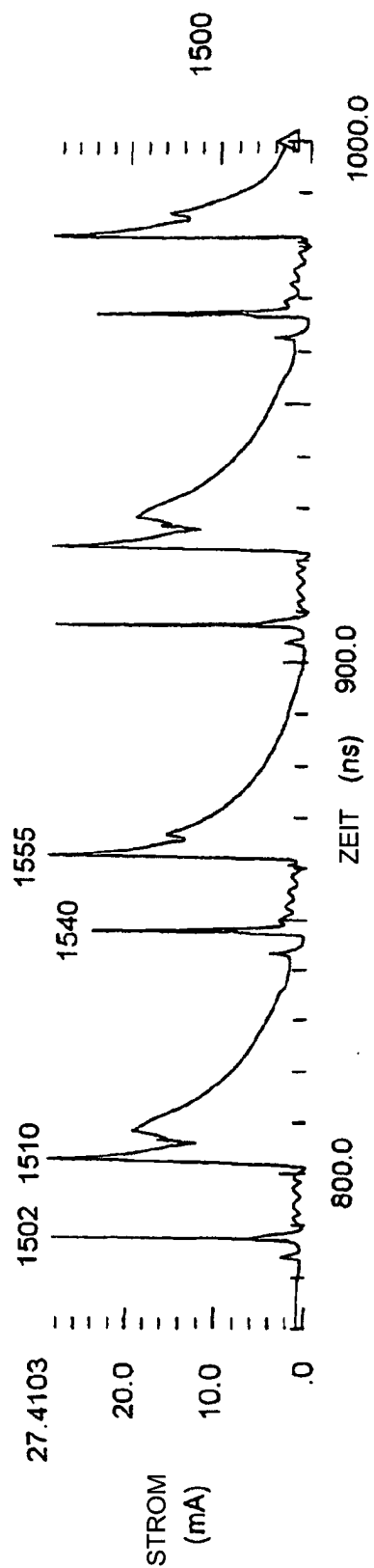


FIG. 11A

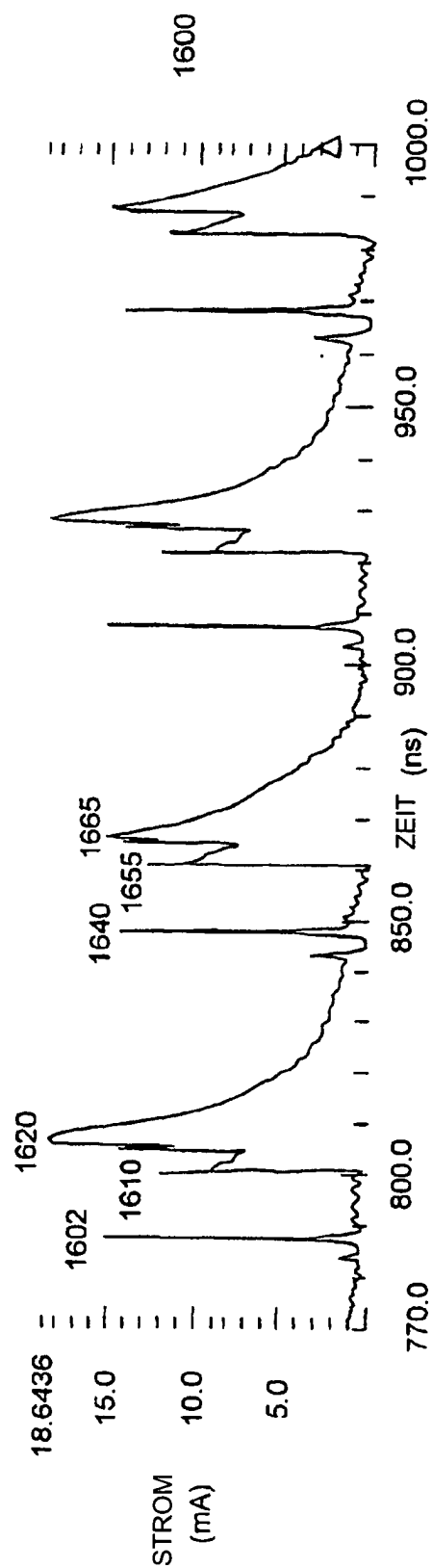


FIG. 11B

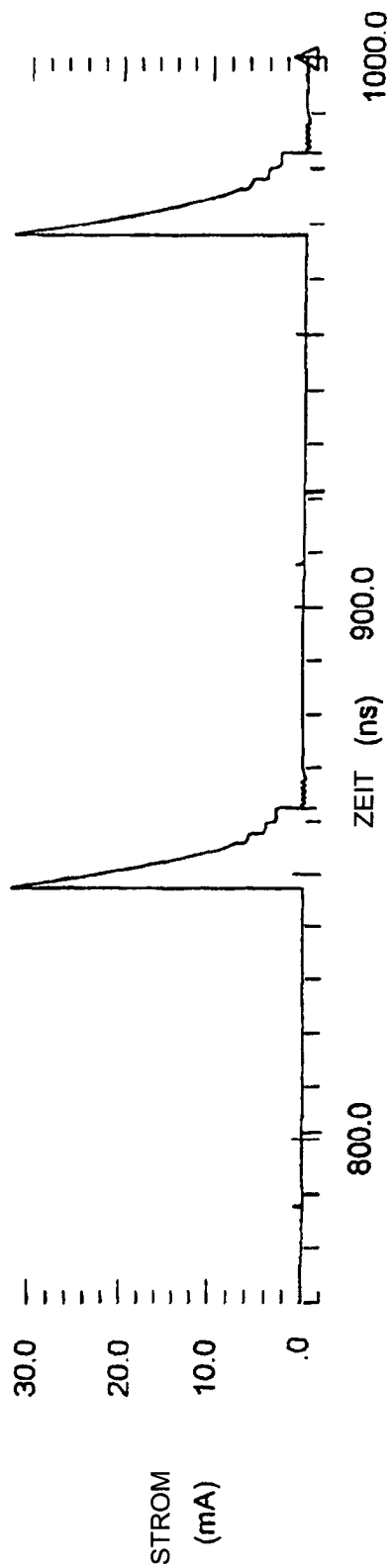


FIG. 12A

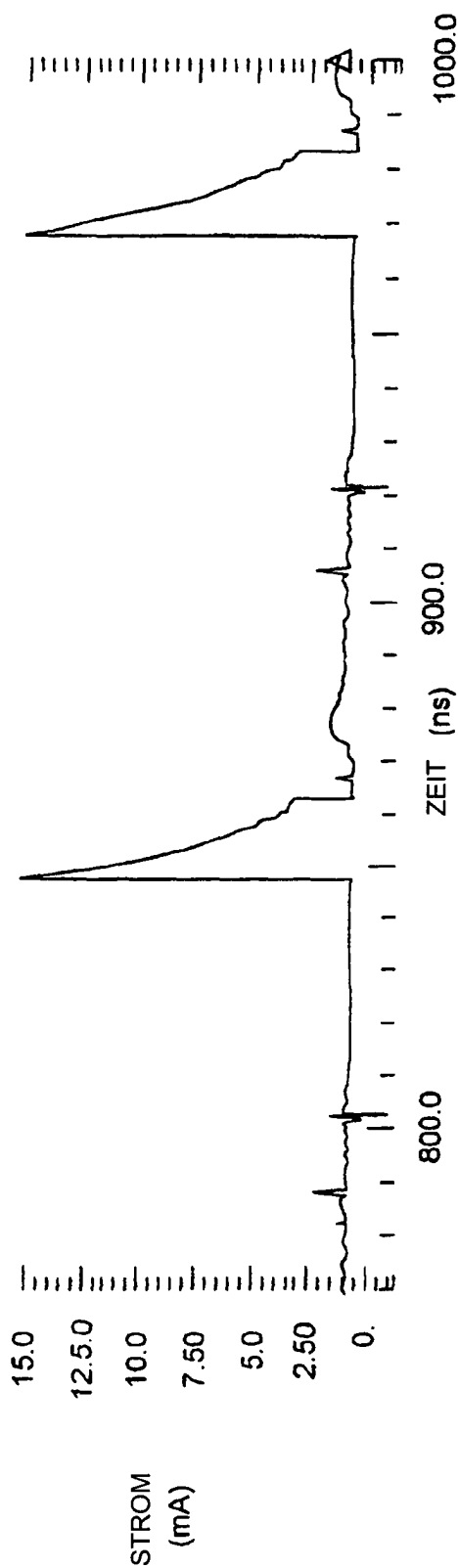


FIG. 12B

