



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 09 427 T2 2006.04.13**

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 262 756 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 09 427.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 202 020.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **29.05.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.12.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **16.03.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.04.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01K 11/06 (2006.01)**  
**G01K 3/00 (2006.01)**

(73) Patentinhaber:

**EM Microelectronic-Marin S.A., Marin,  
Neuenburg/Neuchâtel, CH**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(74) Vertreter:

**Sparing · Röhl · Henseler, 40237 Düsseldorf**

(72) Erfinder:

**Lamothe, Christian, 2000 Neuchatel, CH**

(54) Bezeichnung: **Elektronische Vorrichtung und Verfahren zur Temperaturüberwachung eines Mediums**

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

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

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektronische Vorrichtung zum Verfolgen der Temperatur einer zu überwachenden Umgebung sowie ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Vorrichtung.

**[0002]** Bei zahlreichen Produkten wie etwa den tiefgefrorenen Lebensmitteln sowie bestimmten Pharmazeutika ist es notwendig, kontrollieren zu können, dass ein Produkt, das bei einer Temperatur unter 0°C aufbewahrt wird, zu keinem Zeitpunkt eine Temperaturerhöhung über eine vorgegebene Schwelle hinaus erfahren hat. Solche Produkte können tatsächlich verderben und eine reale Gefahr für den Verbraucher darstellen, wenn sie zwischen dem Zeitpunkt ihres Einfrierens und jenem ihrer Verwendung nicht Gegenstand einer strengen Einhaltung der Kältekette sind.

**[0003]** Es gibt gegenwärtig eine Vielzahl von Anzeigevorrichtungen, die in ständiger und irreversibler Weise angeben, wenn eine Temperatur eine festgelegte Schwelle überschritten hat.

**[0004]** Bestimmte dieser Vorrichtungen umfassen beispielsweise einen Träger aus Papier, Karton oder anderen Werkstoffen, der die Form einer farbigen Zunge oder Pille aufweist, die mit einer lichtundurchlässigen Schicht aus einem Harz mit einem bestimmten Schmelzpunkt bedeckt ist. Dieses Harz ist in einer Tönung gefärbt, die sich von jener des Trägers unterscheidet, derart, dass die Tönung des Trägers abgedeckt ist.

**[0005]** Falls das Harz infolge einer Temperaturerhöhung schmilzt, verläuft es und lässt den Träger hervortreten, dessen Tönung ein Indikator ist und enthüllt, dass die Schmelztemperaturschwelle des lichtundurchlässigen Harzes erreicht oder überschritten worden ist.

**[0006]** Andere Vorrichtungen zur Temperaturverfolgung umfassen ihrerseits einen Stoff, der Qualitäten eines kolorimetrischen Feuchtigkeitserkennungsmittels besitzt. Dieser Stoff, der ein Pulver sein kann oder aus Kristallen bestehen kann, weist die Eigenschaft auf, bei Kontakt mit Wasser die Farbe zu wechseln, die beispielsweise von farblos zu rot übergeht. Das kolorimetrische Erkennungsmittel wird mit einer Frostschutzzeigenschaft besitzenden Flüssigkeit wie etwa einem Gemisch aus Wasser und Alkohol zusammengebracht. Die Dosierung von Alkohol und Wasser bestimmt eine präzise Verfestigungs- und Schmelztemperatur des Gemisches.

**[0007]** Die Vorrichtung wird als Anzeige auf der Ware zum Zeitpunkt ihres Kühlens (Einfrierens oder Tiefgefrierens) angebracht. Solange das Produkt und seine Anzeige auf einer Temperatur gehalten sind, die unter jener des Schmelzpunktes des Frostschutzmittel/Wasser-Gemisches liegt, geschieht nichts, da das Eis keinerlei Wirkung auf den kolorimetrischen Feuchtigkeitsdetektor ausübt. Die Anzeige bleibt bei ihrer anfänglichen Farbe.

**[0008]** Wenn umgekehrt die Ware und ihre Anzeige auf eine Temperatur gebracht werden, die über jener des Schmelzpunktes des Frostschutzmittel/Wasser-Gemisches liegt, beginnt das Eis zu schmelzen und tritt die Flüssigkeit mit dem Feuchtigkeitsdetektor in Kontakt. Die Anzeige wechselt zu einer Farbe.

**[0009]** Folglich kann ein erneutes Aussetzen der Kälte auch über den Verfestigungspunkt des Gemisches die Farbe der Anzeige, die in irreversibler Weise gewechselt bleibt, keinesfalls modifizieren.

**[0010]** Die Vorrichtungen der oben erwähnten Art müssen an jeder Ware angebracht und gegebenenfalls von einer Erläuterung begleitet sein. Sie weisen somit den Nachteil auf, eine individuelle Kontrolle von jeder von ihnen zu erzwingen, beispielsweise durch den Händler beim Empfang der Waren und zum Zeitpunkt des eigentlichen Verkaufs oder durch den Verbraucher selbst zum Zeitpunkt seines Kaufs. Folglich erfordert diese Überwachung eine ganz besondere Aufmerksamkeit, ob nun seitens des Händlers, des Bereichsverantwortlichen des Geschäftes, in dem die Waren in den Verkauf gebracht werden, oder des Verbrauchers. Sie erfordert ferner eine relativ lange Kontrollzeit, da jede Ware einzeln kontrolliert werden muss.

**[0011]** Leider kann diese Kontrolle manchen Händlern oder Grossisten, die sich nicht die Zeit zum einzelnen Kontrollieren eines jeden Artikels, den sie in den Verkauf bringen, nehmen, aus Gründen der Sparsamkeit oder schlichter Nachlässigkeit zu lästig erscheinen. Somit werden lediglich bestimmte Artikel, beispielsweise zufällig, oder im schlimmsten Fall keiner dieser Artikel jemals kontrolliert. Daraus ergibt sich eine große Gefahr des Betrugs der Kundschaft, wobei dieser Betrug sogar wesentlich geschehen kann.

**[0012]** In der Praxis werden die oben genannten Anzeigevorrichtungen nur sehr selten verwendet, da sie nur

am Ende der Kette, d. h. seitens des Verbrauchers, eine Kontrolle ermöglichen und weil sie nicht ausreichend zuverlässig sind.

**[0013]** Ferner kann festgestellt werden, dass die herkömmlichen Anzeigen gewöhnlich nur für tiefgefrorene Produkte bestimmt sind, während für die kältekonserverten Lebensmittel wie etwa die Milchprodukte nichts vorgesehen ist.

**[0014]** Aus dem Dokument FR-A-2 764 977 ist ein elektronisches Etikett mit Mitteln zur Erfassung einer physikalischen Größe bekannt. Dieses Etikett, das in der angelsächsischen Terminologie auch "tag" genannt wird, ist eine auf einen tragbaren Träger aufmontierte integrierte Schaltung mit Mitteln zur Kommunikation mit der äußeren Umgebung, wobei der Träger an jedem Objekttyp befestigt werden kann. Gemäß einer Ausführungsform enthält das Etikett einen elektrisch programmierbaren Speicher, der sich unter der Einwirkung der Temperatur löscht. Tatsächlich können die Speicherpunkte des Speichers, beispielsweise Transistoren mit floatendem Gate, aus einem instabilen Halbleiter verwirklicht sein, der in Abhängigkeit von der Temperatur elektrische Ladungen freisetzt. Beispielsweise bleiben die zum Zeitpunkt der Programmierung in den Gates der Transistoren eingefangenen Ladungen unterhalb der Temperaturschwelle eingefangen und die Speicherpunkte auf dem logischen Wert "0". Wenn die Temperaturschwelle erreicht ist, werden die eingefangenen Ladungen fortschreitend freigesetzt und löschen sich die Speicherpunkte. Eine solche Vorrichtung ist schwer abzustimmen, wobei ihr Betrieb nicht immer sehr zuverlässig ist.

**[0015]** Aus dem Dokument WO 94/14133 ist eine Vorrichtung bekannt, die die Werte von physikalischen Parametern, die auf verpackte Objekte und/oder auf die Verpackungen selbst, beispielsweise während ihres Transports, einwirken, wie etwa die Beschleunigung, die Konzentration bzw. Anreicherung in einem Gas, die Luftfeuchtigkeit oder auch der Luftdruck, erfassen und aufzeichnen. Wenigstens ein Messfühler, der auf dem Objekt und/oder auf oder in der Verpackung angeordnet ist, erfasst die Werte von physikalischen Parametern, die auf das Objekt und/oder auf die Verpackung einwirken, und setzt sie in elektrische Messsignale um. Der Ausgang des Messfühlers ist mit einem der Eingänge eines Komparators verbunden, während ein Signal, dessen Schwellenwert eingestellt werden kann, an einen anderen der Eingänge angelegt wird. Wenn das Messsignal über den Schwellenwert hinausgeht oder diesen überschreitet, wird es gleichzeitig mit der Uhrzeit und dem Datum in einem Speicher gespeichert. Gemäß einer Ausführungsform kann der Messfühler ein Temperaturfühler sein, der die Umgebungstemperatur misst. Es ist ohne nähere Angaben lediglich dargelegt, dass der Temperaturfühler mittels Halbleitermaterialien verwirklicht werden kann.

**[0016]** Die vorliegende Erfindung hat zur Aufgabe, die oben erwähnten Nachteile sowie noch weitere zu beseitigen, indem sie eine preiswerte elektronische Vorrichtung zum Verfolgen der Temperatur vorschlägt, die in einfacher und wirksamer Weise garantieren kann, dass die Temperatur zu einem gegebenen Zeitpunkt einen vorgegebenen Einstellwert nicht überschritten hat.

**[0017]** Dazu betrifft die vorliegende Erfindung eine elektronische Vorrichtung zum Verfolgen der Temperatur einer zu überwachenden Umgebung, mit der sichergestellt werden kann, dass die Temperatur zumindest einen im Voraus gesetzten Grenzeinstellwert nicht erreicht hat, und die dadurch gekennzeichnet ist, dass sie umfasst:

- elektrisch leitende Kontaktmittel, die einen Kreis zum Abfließenlassen elektrischer Ladungen schließen können, wenn die Temperatur den oder einen der Grenzeinstellwerte erreicht;
- Mittel zum Speichern elektrischer Ladungen, die mit dem Kreis zum Abfließenlassen von Ladungen verbunden werden können, wenn die Kontaktmittel schließen, wobei die in diesen Speichermitteln gespeicherten Ladungen solange gehalten werden, wie die Temperatur ihren oder einen ihrer Grenzeinstellwerte nicht erreicht, und durch den Kreis zum Abfließenlassen von Ladungen abgeleitet werden können, wenn dieser Kreis durch die Kontaktmittel geschlossen wird, wobei die Speichermittel den Ladungszustand, den sie vor dem Schließen des Kreises zum Abfließenlassen von Ladungen hatten, nicht wieder einnehmen können, falls dieser Kreis jemals erneut geöffnet wird, und
- Lesemittel, die ermöglichen, den Ladungszustand der Speichermittel zu bestimmen.

**[0018]** Dank dieser Merkmale schafft die vorliegende Erfindung eine vollständig passive elektronische Vorrichtung, mit der kontrolliert werden kann, dass eine Temperatur keine Erhöhung über eine festgelegte Schwelle hinaus erfahren hat. Tatsächlich benötigt die erfindungsgemäße elektronische Vorrichtung, um arbeiten zu können, während der gesamten Temperaturüberwachungsperiode keinerlei Speisung in Form von Strom oder Spannung, wobei lediglich die Anfangsphase der Injektion elektrischer Ladungen in die Speichermittel der elektronischen Vorrichtung erfordert, dass die Vorrichtung gespeist wird.

**[0019]** Nach diesem ersten Schritt des Schreibens in die Speichermittel arbeitet die elektronische Vorrichtung folglich in völlig autonomer Weise. Die elektronische Vorrichtung, als Anzeige an dem Produkt, dessen Temperatur zu überwachen ist, angebracht, behält ihren anfänglichen elektrischen Ladungszustand bei, solange nichts geschieht, d. h. solange die Temperatur nicht ihren kritischen Wert erreicht. Sobald dieser Wert erreicht ist, setzen die Kontaktmittel die Speichermittel mit dem Kreis zum Abfließenlassen von Ladungen in Verbindung und fließen die in den Speichermitteln gespeicherten Ladungen sofort ab. Somit ist der Ladungszustand der Speichermittel aufschlussreich für die Entwicklung der Temperatur während der Verfolgungsperiode. Die Speichermittel geben, wenn sie auf ihr anfängliches Ladungsniveau aufgeladen sind, bei der Kontrolle an, dass die Temperatur keine Änderung, die die Qualitäten des zu überwachenden Produkts verändern kann, erfahren hat. Wenn umgekehrt bei der Kontrolle eine Modifikation des Ladungszustandes der Speichermittel festgestellt wird, bedeutet dies, dass die Temperatur wenigstens einmal während der Verfolgungsperiode ihren Einstellwert erreicht hat.

**[0020]** Vorteilhafterweise ist die Modifikation des Ladungszustandes der Speichermittel irreversibel. Wenn die Temperatur vorübergehend beispielsweise ein Maximum erreicht hat und wieder unter dieses Maximum zurückfällt, bevor die Kontrolle ausgeführt wird, kehren die Speichermittel trotz allem keinesfalls in ihren anfänglichen Ladezustand zurück, da die Ladungen nicht von dem Kreis zum Abfließenlassen von Ladungen zu den Speichermitteln zurückfließen können. Die vorliegende Erfindung schafft folglich eine unantastbare Vorrichtung, deren Aufzeichnung der Überschreitung eines Einstellwertes durch die Temperatur weder rückgängig gemacht noch modifiziert werden kann.

**[0021]** Schließlich ist dies eine Veränderung der elektrischen Ladung und beispielsweise kein Farbwechsel, wie es im Stand der Technik der Fall ist, der dem Benutzer angibt, dass die Temperatur ihren Einstellwert erreicht hat. Dies stellt insofern einen wesentlichen Fortschritt dar, dass die Bewertung einer Farbe schwierig und stets der Subjektivität des Betrachters wie etwa des Endverbrauchers des Produktes unterworfen ist, während eine elektrische Größe ein vollkommen messbarer und quantifizierbarer objektiver Parameter ist. Ferner können die Werte einer elektrischen Größe, eines Stroms oder einer Spannung, in einem Rechner gespeichert werden und dort auf unbegrenzte Zeit, beispielsweise zum Zweck statistischer Untersuchungen, aufbewahrt werden.

**[0022]** Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung kann die elektronische Vorrichtung zum Verfolgen der Temperatur einem elektronischen Etikett zugeordnet sein. Solche elektronischen Etiketten sind dem Fachmann wohlbekannt. Sie dienen gewöhnlich dazu, Objekte, an denen sie angebracht sind, zu bezeichnen und zu identifizieren. Solche Etiketten sind mit einer Vorrichtung zum Empfangen und Senden elektromagnetischer Wellen ausgestattet, die mit einem elektronischen Modul gekoppelt ist, das das Verarbeiten der empfangenen Signale und daraus das Zurücksenden anderer Signale, die beispielsweise eine Nachricht zur Identifizierung des Etiketts und folglich des Objekts, an dem es angebracht ist, umfassen, ermöglicht. Außerdem umfasst das System ein Lesegerät, das eine Vorrichtung zum Empfangen/Senden elektromagnetischer Wellen enthält, um Informationen zwischen einem Datenendgerät und dem elektronischen Etikett zu übertragen.

**[0023]** Das Lesegerät erfüllt mehrere Funktionen, die insbesondere dazu dienen:

- an das Etikett die zu seiner Funktion erforderliche Energie zu übertragen, wobei das Etikett keine spezifische autonome Energiequelle aufweist;
- an das Etikett die vom Endgerät stammenden Daten zu übertragen, wobei diese Daten eventuell in einen Speicher, mit dem das Etikett versehen ist, einschreibbar sind, und
- Daten, die von dem Etikett stammen und insbesondere im Hinblick auf seine Identifizierung für dieses spezifisch sind, zu empfangen.

**[0024]** Um diese verschiedenen Übertragungen auszuführen, umfasst das Lesegerät eine oder mehrere, aus Spulen gebildete Antennen, die zum Senden und zum Empfangen dienen.

**[0025]** Das Etikett weist außerdem eine oder mehrere Antennen zum Empfangen durch das Lesegerät gesendeter elektromagnetischer Wellen auf, wobei jede dieser Antennen auch zum Senden von Daten zu dem Lesegerät dient. Beim Empfang bilden die ein oder mehreren Antennen ein Mittel zum Empfangen der von dem Lesegerät stammenden Energie durch Induktion sowie ein Mittel zum Empfangen der durch dieses Lesegerät gesendeten Daten. Die Antenne ist mit einem Prozessor verbunden, der die Mittel enthält, die zur Demodulation der von der Antenne empfangenen Daten sowie zur Codierung und zur Modulation der zurückzusendenden Daten erforderlich sind.

**[0026]** Das Etikett liefert über seine Antenne die Energie, die zur Speisung der Lesemittel der erfindungsge-

mäßigen elektronischen Vorrichtung zur Temperaturverfolgung erforderlich ist. Ferner kann das Lesegerät dank des Vorhandenseins dieser Etiketten eine Vielfalt von Produkten, an denen diese Etiketten angebracht sind, gleichzeitig kontrollieren. Es ist folglich nicht mehr erforderlich, die Produkte einzeln zu kontrollieren. Da das Lesegerät die Nachricht zur Identifizierung eines Etiketts lesen kann, kann es zudem sehr leicht bestimmen, welches die Artikel sind, die, wenn auch nur vorübergehend, einer Temperatur, die die kritische Schwelle erreicht hat, ausgesetzt gewesen sind. Diese Produkte können dann sehr schnell aus der Verteilungskette herausgenommen werden.

**[0027]** Ein weiterer Vorteil der gemeinsamen Verwendung eines elektronischen Etiketts mit der Vorrichtung zur Temperaturverfolgung beruht auf der Tatsache, dass sie, anstatt einfach außen an die Verpackung angefügt zu werden, innerhalb der das zu konservierende Produkt enthaltenden Verpackung angeordnet sein kann, da die Kontrolle des Ladungszustandes der Speichermittel aus der Ferne wirkt.

**[0028]** Dies stellt einen weiteren wichtigen Vorteil der vorliegenden Erfindung dar. Tatsächlich können die Vorrichtungen des Standes der Technik, die sichtbar sein müssen, um kontrolliert werden zu können, und die folglich an der äußeren Verpackung der Produkte angebracht sind, eine rein momentane Erwärmung angeben, die nur den äußeren und oberflächlichen Teil der Verpackung erreicht und für das zu konservierende Produkt nicht schädlich ist. Ein solches Verfahren riskiert folglich, große Mengen von nicht denaturierten Produkten zurückzuweisen.

**[0029]** Andere Hersteller haben vorgeschlagen, eine Anzeige in jedes tiefgefrorene Paket anstatt, wie oben beschrieben worden ist, an der Außenseite von diesem (an der Verpackung) anzubringen. In diesem Fall kann ausschließlich der Verbraucher, indem er den tiefgefrorenen Artikel öffnet, wahrnehmen, ob die Anzeige ihr normales Aussehen besitzt, wobei er eventuell durch eine dem tiefgefrorenen Artikel beigefügte Erläuterung angeleitet werden kann.

**[0030]** Neben der Tatsache, dass die Beobachtung der Anzeige nicht in zuverlässiger Weise enthüllen kann, ob es einen Bruch in der Kältekette gegeben hat oder nicht, kann der Verbraucher in den Besitz nicht zum Verzehr geeigneter Lebensmittel, die er dem Verkäufer dennoch bezahlt hat, gelangen. In der Praxis ist dies inakzeptabel.

**[0031]** Die vorliegende Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Betreiben der elektronischen Vorrichtung zur Temperaturverfolgung der oben beschriebenen Art, das dadurch gekennzeichnet ist, dass es darin besteht:

- Daten durch Injektion elektrischer Ladungen in die Mittel zum Speichern von Ladungen zu schreiben;
- die elektronische Vorrichtung in einer Umgebung anzuordnen, in der die Verfolgung der Temperaturentwicklung gewünscht ist, um sicherzustellen, dass die Temperatur zumindest einen im Voraus festgelegten Grenzeinstellwert nicht erreicht;
- während sich die Vorrichtung noch in der zu überwachenden Umgebung befindet, in nicht zerstörender Weise die Daten zu lesen, die in die Mittel zum Speichern von Ladungen geschrieben worden sind, um festzustellen, ob die Temperatur der überwachenden Umgebung zu einem gegebenen Zeitpunkt ihren oder einen ihrer im Voraus festgelegten Grenzeinstellwerte erreicht hat oder nicht, d. h., dass die Kontaktmittel nicht geschlossen worden sind und der Ladungszustand der Mittel zum Speichern von Ladungen unverändert geblieben ist, wenn die Temperatur ihren oder einen ihrer Grenzeinstellwerte nicht erreicht hat, während die Kontaktmittel geschlossen worden sind und der Ladungszustand der Mittel zum Speichern von Ladungen modifiziert worden ist, wenn die Temperatur den oder einen ihrer Grenzeinstellwerte erreicht hat, wobei dieser modifizierte Zustand der Ladung der Mittel zum Speichern von Ladungen beibehalten wird, selbst wenn die Temperatur der zu überwachenden Umgebung den Grenzeinstellwert, den sie erreicht hat, erneut unter- oder überschreitet und die Kontaktmittel sich erneut öffnen;
- die Verfolgung der Temperatur aufzunehmen oder anzuhalten und gegebenenfalls
- die elektronische Vorrichtung zur Temperaturverfolgung im Hinblick auf eine neue Verwendung umzuprogrammieren.

**[0032]** Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturverfolgung deutlicher hervor, wobei dieses Beispiel rein veranschaulichend und nicht beschränkend in Verbindung mit der beigefügten Zeichnung gegeben wird, worin:

**[0033]** **Fig. 1A** eine Schnittansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturverfolgung mit einem MOS-Transistor ist;

- [0034] [Fig. 1B](#) eine schematische Darstellung des zu der in einem Schnitt in [Fig. 1A](#) gezeigten Verfolgungsvorrichtung äquivalenten Stromkreises ist;
- [0035] die [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2H](#) die Phase der Temperaturverfolgung mittels der erfindungsgemäßen Verfolgungsvorrichtung zeigen;
- [0036] die [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3C](#) die Phase des Schreibens von elektrischen Ladungen in die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Temperaturverfolgung zeigen;
- [0037] die [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4E](#) das Verfahren zum Betreiben der in den [Fig. 1A](#), [Fig. 1B](#) gezeigten Vorrichtung zur Temperaturverfolgung zeigen;
- [0038] [Fig. 5A](#) eine Schnittansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturverfolgung mit einem Verarmungs-MOS-Transistor ist;
- [0039] [Fig. 5B](#) eine schematische Darstellung des zu der in einem Schnitt in [Fig. 5A](#) gezeigten Verfolgungsvorrichtung äquivalenten Stromkreises ist;
- [0040] die [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6D](#) das Verfahren zum Betreiben der in den [Fig. 5A](#), [Fig. 5B](#) gezeigten Vorrichtung zur Temperaturverfolgung zeigen;
- [0041] [Fig. 7A](#) eine Schnittansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturverfolgung mit einer FAMOS-Transistor-Speicherzelle ist;
- [0042] [Fig. 7B](#) eine schematische Darstellung des zu der in einem Schnitt in [Fig. 7A](#) gezeigten Verfolgungsvorrichtung äquivalenten Stromkreises ist;
- [0043] die [Fig. 8A](#) bis [Fig. 8D](#) das Verfahren zum Betreiben der in den [Fig. 7A](#), [Fig. 7B](#) gezeigten Vorrichtung zur Temperaturverfolgung zeigen;
- [0044] [Fig. 9A](#) eine Schnittansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturverfolgung mit einer SIMOS-Transistor-Speicherzelle ist;
- [0045] [Fig. 9B](#) eine schematische Darstellung des zu der in einem Schnitt in [Fig. 9A](#) gezeigten Verfolgungsvorrichtung äquivalenten Stromkreises ist;
- [0046] die [Fig. 10A](#) bis [Fig. 10D](#) das Verfahren zum Betreiben der in den [Fig. 9A](#), [Fig. 9B](#) gezeigten Vorrichtung zur Temperaturverfolgung zeigen;
- [0047] [Fig. 11A](#) eine Schnittansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturverfolgung mit einer elektrisch programmierbaren und löschbaren EEPROM-Speicherzelle ist;
- [0048] [Fig. 11B](#) eine schematische Darstellung des zu der in einem Schnitt in [Fig. 11A](#) gezeigten Verfolgungsvorrichtung äquivalenten Stromkreises ist;
- [0049] die [Fig. 12A](#) bis [Fig. 12D](#) das Verfahren zum Betreiben der in den [Fig. 11A](#), [Fig. 11B](#) gezeigten Vorrichtung zur Temperaturverfolgung zeigen;
- [0050] [Fig. 13A](#) eine Schnittansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturverfolgung mit einer EPLD-Speicherzelle mit getrennter Injektion ist;
- [0051] [Fig. 13B](#) eine schematische Darstellung des zu der in einem Schnitt in [Fig. 13A](#) gezeigten Verfolgungsvorrichtung äquivalenten Stromkreises ist;
- [0052] die [Fig. 14A](#) bis [Fig. 14D](#) das Verfahren zum Betreiben der in den [Fig. 13A](#), [Fig. 13B](#) gezeigten Vorrichtung zur Temperaturverfolgung zeigen;
- [0053] [Fig. 15](#) das Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung zur Temperaturverfolgung gemäß der Erfindung zeigt;

[0054] [Fig. 16](#) eine erste Ausführungsform (Stab) der Kontaktmittel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturverfolgung zeigt;

[0055] [Fig. 17](#) eine zweite Ausführungsform (Bimetallstreifen) der Kontaktmittel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Temperaturverfolgung zeigt;

[0056] [Fig. 18](#) den Bimetallstreifen von [Fig. 17](#) in einem unter der Wirkung einer Temperaturänderung gekrümmten Zustand zeigt; und

[0057] [Fig. 19](#) eine schematische Darstellung des verwendeten Bimetallstreifens ist, um die Ablenkung des Letzteren unter der Wirkung einer Temperaturänderung zu bestimmen.

[0058] Die vorliegende Erfindung hat ihren Ursprung in dem allgemeinen Erfindungsgedanken, der darin besteht, mittels einer passiven und unantastbaren elektronischen Vorrichtung, deren Aufzeichnung der Überschreitung eines Einstellwertes während der Verfolgungsperiode nicht rückgängig gemacht oder modifiziert werden kann, die Schwankungen der Temperatur einer zu überwachenden Umgebung zu verfolgen und sicherzustellen, dass diese Temperatur einen vorgegebenen Schwellenwert nicht erreicht hat. Die Überschreitung der Temperaturschwelle, auch eine punktuelle, äußert sich sofort durch die irreversible Modifikation des Wertes einer elektrischen Ladung, eines Parameters, der ohne weiteres messbar ist und der nachträglich in dem Speicher eines Rechners gespeichert werden kann, um dort verarbeitet und analysiert zu werden. Dies stellt in Bezug auf die Kontrollanzeigen des Standes der Technik, die die Fähigkeit haben, die Farbe zu wechseln, wenn die zu überwachende Temperatur eine Erhöhung über eine festgelegte Schwelle hinaus erfährt, insofern einen realen Fortschritt dar, dass ein solcher Farbwechsel nicht immer eine zuverlässige Anzeige liefert und der subjektiven Wahrnehmung des Betrachters wie etwa des Endverbrauchers des Produkts unterliegt.

[0059] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Temperaturverfolgung **1** umfasst in ihrer einfachsten Ausführungsform (siehe [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#)) im Wesentlichen Kontaktmittel **2**, Mittel **4** zum Speichern elektrischer Ladungen und Mittel **6** zum Lesen des Ladungszustandes der Mittel **4** zum Speichern von Ladungen.

[0060] Die Kontaktmittel oder Thermoschaltermittel **2** umfassen ein passives Element, mit dem je nach Temperatur der Umgebung, in der es sich befindet, ein elektrischer Kontakt hergestellt werden kann.

[0061] Die durch die Kontaktmittel **2** ins Spiel gebrachten physikalischen oder physikalisch-chemischen Phänomene sind beispielsweise das Schmelzen eines Feststoffs. Tatsächlich können die Kontaktmittel **2** durch einen Stoff gebildet sein, der elektrisch leitend ist und eine präzise Verfestigungs- und Schmelztemperatur aufweist. Hierbei muss dieser Stoff selbstverständlich solange im festen Zustand bleiben, wie die zu kontrollierende Temperatur die Schwelle, die festgelegt worden ist, nicht erreicht hat, und in den flüssigen Zustand übergehen, sobald die Temperatur diese Schwelle überschritten hat. Ein Beispiel eines solchen Stoffes ist durch ein Gemisch aus Wasser und einer Frostschutzflüssigkeit wie etwa Alkohol gebildet, dessen Dosierung die Verfestigungs- und Schmelztemperatur des Gemischs bestimmt. Gemäß der Erfindung ist die elektronische Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur in eine Ampulle, beispielsweise aus Glas, eingeschlossen, in die das Gemisch aus Wasser und Alkohol im Voraus eingeführt worden ist. Selbstverständlich wird dieser Vorgang bei einer Temperatur ausgeführt, bei der das Gemisch aus Wasser und Alkohol in einem festen Zustand ist. Nach Einführung der elektronischen Vorrichtung **1** in die Ampulle wird die Letztere hermetisch verschlossen und anschließend an dem Artikel, dessen Temperatur zu überwachen ist, angebracht.

[0062] Die Kontaktmittel **2** können auch ein Phänomen der Ausdehnung und Zusammenziehung eines festen Stoffes in Abhängigkeit von den Schwankungen der Temperatur ins Spiel bringen. Es kann sich um metallische Stoffe oder um eine Legierung aus solchen Stoffen handeln, die beispielsweise aus der Gruppe gewählt sind, die aus Aluminium, Silber, Kupfer, Stahl, Eisen, Invar, Nickel, Gold, Platin, Blei, Silicium, Wolfram und Zink gebildet ist.

[0063] Gemäß einer ersten Ausführungsvariante sind die Kontaktmittel **2** in Form eines einfachen geradlinigen Stabes gegeben.

[0064] Gemäß einer zweiten Ausführungsvariante, die vor allem in [Fig. 1A](#) gezeigt ist, sind die Kontaktmittel **2** in Form eines Bimetallstreifens gegeben, der in herkömmlicher Weise aus zwei Plättchen aus Metall oder aus Legierungen gebildet ist, die unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen und zusammengelötet sind, so dass sich eine solche Verbindung bei einer Temperaturänderung krümmt. Ein Ausführungsbeispiel eines solchen Bimetallstreifens wird am Ende der vorliegenden Beschreibung genau gezeigt.

**[0065]** Gemäß einer nochmals weiteren Ausführungsvariante sind die Kontaktmittel **2** aus einer Legierung mit Temperaturspeicher zusammengesetzt.

**[0066]** Die Mittel **4** zum Speichern elektrischer Ladungen umfassen einen Kondensatorbelag **8**, der im gesamten Verlauf der Beschreibung "floatendes Gate" genannt wird. Dieser Kondensatorbelag oder dieses floatende Gate **8** kann gegebenenfalls mit einem Hilfskondensator verbunden werden, um, falls es erforderlich ist, seine kapazitive Wirkung zu verstärken. Das floatende Gate **8**, das in der Lage ist, elektrische Ladungen zu speichern, ist von jedem Übergang elektrisch vollkommen isoliert, jedoch den Kontaktmitteln **2** trotzdem zugänglich. Es ist aus einem leitenden oder halbleitenden Stoff verwirklicht, der elektrisch isoliert und gegenüber einem Substrat **10** aus Halbleitermaterial, das den anderen Beschlag des Kondensators **8** bildet, angeordnet ist. Die elektrisch isolierende Schicht **12**, die das floatende Gate **8** von dem anderen Beschlag **10** des Kondensators trennt, ist beispielsweise aus Silicium, aus Nitrid oder irgendeinem anderen Werkstoff, der ein ausreichendes Vermögen zur elektrischen Isolation bietet, verwirklicht. Das floatende Gate **8** ist folglich isoliert und weist während der gesamten Dauer der Temperaturverfolgungsphase keinerlei Fehlerstrom auf, was die Möglichkeit ausschließt, dass dieses floatende Gate **8** mit einem pn-Übergang verbunden ist, der Ladungsverluste aufweisen kann. Tatsächlich können während der Temperaturverfolgungsphase nur die Kontaktmittel **2** den Ladungszustand des floatenden Gate **8** modifizieren.

**[0067]** Die Lesemittel **6** sind ihrerseits in Form einer Halbleitervorrichtung gegeben, die dem floatenden Gate **8** zugeordnet ist, derart, dass der Ladungszustand des floatenden Gate **8** einen direkten Einfluss auf den Leitungszustand dieser Lesemittel **6** und folglich auf ihre Impedanz hat.

**[0068]** Es kommen verschiedene Ausführungsformen der Lesemittel **6** in Betracht. Gemäß einer (nicht gezeigten) ersten Variante kann das floatende Gate **8** mit einem pn-Übergang gekoppelt sein. Das floatende Gate **8** moduliert die Fehlerströme des pn-Übergangs entsprechend seinem Ladungszustand und modifiziert folglich den Verlauf der Strom-Spannungs-Kennlinie des Letzteren.

**[0069]** Gemäß einer zweiten Ausführungsvariante (die ebenfalls nicht gezeigt ist) ist das floatende Gate **8** mit einem Bipolartransistor gekoppelt, dessen Verstärkung es in Abhängigkeit von seinem Ladungszustand modifiziert.

**[0070]** Das floatende Gate **8** in seiner gebräuchlichsten Ausführungsform, die in [Fig. 1A](#) gezeigt ist, ist einem MOS-Transistor zugeordnet, der vom Anreicherungs- oder vom Verarmungstyp sein kann. Das floatende Gate **8** kann in Abhängigkeit von seinem Ladungszustand den Leitungszustand eines Kanals, beispielsweise des Typs n, zwischen der Source S und dem Drain D dieses MOS-Transistors erzeugen und modifizieren.

**[0071]** Wie oben bereits erwähnt worden ist, wird das floatende Gate **8** so genannt, weil es von dem gesamten Übergang elektrisch isoliert ist. Gemäß der Erfindung weist das floatende Gate **8** jedoch einen elektrischen Kontaktpunkt **14** auf, auf den von außen zugegriffen werden kann und der mit einem elektrischen Kontaktpunkt **16** eines Kreises **18** zum Abfließenlassen elektrischer Ladungen verbunden werden kann. Ein Kontaktstück **20** ist mit dem floatenden Gate **8** auf Höhe seines Kontaktpunktes **14** elektrisch verbunden, während die Kontaktmittel **2** mit dem Kontaktpunkt **16** des Kreises **18** zum Abfließenlassen elektrischer Ladungen verbunden sind.

**[0072]** Das floatende Gate **8** kann folglich mit dem Kreis **18** zum Abfließenlassen von Ladungen verbunden werden, wenn sich die Kontaktmittel **2** schließen und mit dem Kontaktstück **20** in Kontakt kommen. Selbstverständlich sind die Kontaktmittel **2** so konzipiert, dass sie lediglich dann einen elektrischen Kontakt mit dem Kontaktstück **20** herstellen, wenn die Temperatur der zu überwachenden Umgebung ihren oder einen ihrer im Voraus festgesetzten Grenzeinstellwerte überschreitet. Somit werden die in dem floatenden Gate **8** gespeicherten Ladungen gehalten, solange die Temperatur ihren Einstellwert nicht erreicht, während sie über den Kreis **18** zum Abfließenlassen von Ladungen abfließen können, wenn die Temperatur ihren Einstellwert erreicht und der Kreis **18** zum Abfließenlassen von Ladungen durch die Kontaktmittel **2** geschlossen wird.

**[0073]** Vorteilhafterweise nimmt das floatende Gate **8** den Ladungszustand, den es vor dem Schließen des Kreises **18** zum Abfließenlassen von Ladungen hatte, nicht wieder ein, falls sich dieser Kreis, beispielsweise aufgrund dessen, dass die Temperatur wieder diesseits ihres Maximums gelangt, jemals erneut öffnen sollte. Tatsächlich ist es den Ladungen nicht möglich, von dem Kreis **18** zum Abfließenlassen von Ladungen zu dem floatenden Gate **8** zurückzufließen. Die Modifikation des Ladungszustandes des floatenden Gate **8** ist folglich irreversibel, wodurch eine unantastbare elektronische Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur geschaffen werden kann, deren Aufzeichnung der Überschreitung eines Einstellwertes durch die Temperatur weder rückgängig gemacht noch modifiziert werden kann. Der Ladungszustand des floatenden Gate **8** ist folglich auf-

schlussreich für die von der Temperatur während der Verfolgungsperiode erfahrene Entwicklung. Falls das floatende Gate **8** bei der Kontrolle noch auf sein anfängliches Ladungsniveau aufgeladen ist, gibt es an, dass die Temperatur zu keinem Zeitpunkt seinen Einstellwert erreicht hat und dass das zu überwachende Produkt keinerlei Verschlechterung, die seine Qualitäten verändern kann, erfahren hat. Falls umgekehrt bei der Kontrolle eine Modifikation des Ladungszustandes des floatenden Gate **8** festgestellt wird, bedeutet dies, dass die Temperatur wenigstens einmal ihren Einstellwert erreicht hat.

**[0074]** Wie aus dem Vorhergehenden hervorgeht, ist die erfindungsgemäße elektronische Vorrichtung **1** durch ihre Fähigkeit gekennzeichnet, den Ladungszustand, der ihr eigentümlich ist, was auch immer geschehen mag, beizubehalten. Tatsächlich hat die Temperatur entweder zum Zeitpunkt, zu dem die Kontrolle ausgeführt wird, ihren Einstellwert niemals erreicht, wobei die Verfolgungsvorrichtung **1** in diesem Fall ihren anfänglichen Ladungszustand beibehalten hat, oder die Temperatur hat wenigstens einmal ihren Einstellwert erreicht, wobei der Ladungszustand der Verfolgungsvorrichtung **1** in diesem Fall modifiziert und danach beibehalten wird, wie auch immer die künftige Entwicklung der Temperatur sein mag.

**[0075]** Im Fall, in dem beispielsweise auf ein Gemisch aus Wasser und Alkohol zurückgegriffen wird, hat die Temperatur entweder ihr zulässiges Maximum nicht erreicht, wobei in diesem Fall nichts geschieht, d. h., dass das Wasser/Alkohol-Gemisch fest bleibt und nicht schmilzt, oder erreicht die Temperatur, und sei es nur für einen Augenblick, ihr Maximum, wobei das Gemisch aus Wasser und Alkohol in diesem Fall schmilzt. Das Gemisch fließt unter Schmelzen auf die Kontaktpunkte **14** und **16** und verbindet das floatende Gate **8** elektrisch mit dem Kreis **18** zum Abfließenlassen von Ladungen. Im weiteren Verlauf entlädt sich das floatende Gate **8** in den Kreis **18** zum Abfließenlassen von Ladungen und behält seinen entladenen Zustand auch dann bei, wenn die Temperatur nachträglich ihr Maximum erneut überschreitet.

**[0076]** Ein Bimetallstreifen bietet jedoch gegenüber einem Gemisch aus Wasser und Alkohol den Vorteil, das Überwachen eines Produkts wie beispielsweise Milch oder Wein, das in einer Kälte im Plusbereich, d. h. bei Temperaturen über 0°C, konserviert werden muss, zu ermöglichen. Tatsächlich sind die Wärmeausdehnungskoeffizienten der Metalle oder der Legierungen von solchen Metallen, die verwendet werden, um Bimetallstreifen herzustellen, im Wesentlichen temperaturkonstant und reagieren nicht auf den Übergang zwischen den Plus-temperaturen und den Minustemperaturen beiderseits 0°C. Es reicht somit aus, die zum Herstellen des Bimetallstreifens verwendeten Metalle sinnvoll zu wählen, damit dieser sich zweckmäßig krümmt, um den Kreis **18** zum Abfließenlassen von Ladungen zu schließen, wenn die Temperatur ihren Grenzeinstellwert überschreitet.

**[0077]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur umfasst außerdem die oben erwähnten Lesemittel **6**, die zu jedem Zeitpunkt im Verlauf der Verfolgungsperiode ermöglichen, den Ladungszustand des floatenden Gate **8** in nicht zerstörender Weise zu bestimmen.

**[0078]** In dem in [Fig. 1A](#) gezeigten Beispiel umfasst die Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur einen MOS-Transistor, dessen elektrisch isoliertes Gate die Mittel **4** zum Speichern elektrischer Ladungen bildet und dessen Source S und dessen Drain D, beispielsweise vom Typ n, die Lesemittel **6** bilden. Um den Ladungszustand des floatenden Gate **8** zu bestimmen, wird eine Spannung oder ein Strom an die Anschlüsse der Lesemittel **6** angelegt, die bzw. der als Reaktion einen Strom bzw. Spannung liefert, der bzw. die das Bestimmen des elektrischen Widerstandes dieser Lesemittel **6** und folglich des Ladungszustandes des floatenden Gate **8** ermöglicht. Tatsächlich hat das Potential, auf das das Gate **8** gebracht ist, einen unmittelbaren Einfluss auf den Leitungszustand des Kanals, der die Source S mit dem Drain D des MOS-Transistors verbindet.

**[0079]** [Fig. 1B](#) ist eine schematische Darstellung des Stromkreises, der zu der in einem Schnitt in [Fig. 1A](#) gezeigten erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur äquivalent ist.

**[0080]** Nun interessiert in Verbindung mit [Fig. 2A](#) und den nachfolgenden Figuren die Phase der Temperaturverfolgung, ohne sich vorerst mit der Phase der Injektion oder Einschreibung von elektrischen Ladungen in das floatende Gate zu beschäftigen, die Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung ist und die, wie zu sehen sein wird, verschiedenen Prinzipien folgt.

**[0081]** Wie in [Fig. 2A](#) zu sehen ist, sind die Kontaktmittel **2** in Form eines Stabes aus festem Werkstoff wiedergegeben, der schmelzen kann, wenn die Temperatur ihren im Voraus festgesetzten Grenzeinstellwert überschreitet, und den elektrischen Kontaktpunkt **14** des floatenden Gate **8** mit dem elektrischen Kontaktpunkt **16** des Kreises **18** zum Abfließenlassen elektrischer Ladungen verbinden kann. Ein Hilfstransistor C<sub>0</sub> ist dem floatenden Gate **8** zugeordnet, um seine kapazitive Wirkung zu verstärken.

**[0082]** Um die Impedanz der Lesemittel **6** bewerten und somit den Ladungszustand des floatenden Gate **8** bestimmen zu können, kann diesen Lesemitteln **6** eine Oszillationsschaltung **22** zugeordnet sein, die aus einem Kondensator  $C_1$  und einer Spule  $L_1$  gebildet ist, die parallel geschaltet sind. Zwei Dioden  $D$  ermöglichen das Festlegen der freien Enden der Oszillationsschaltung **22** auf ein Referenzpotential. Der Gütefaktor der Oszillationsschaltung **22** wird beispielsweise  $Q_C$  genannt, wenn das floatende Gate **8** aufgeladen ist. Dieser Gütefaktor  $Q_C$  kann in Abhängigkeit von der Impedanz der Lesemittel **6**, d. h. in Abhängigkeit von dem Ladungszustand des floatenden Gate **8**, modifiziert werden.

**[0083]** Es ist eine Fernabfragevorrichtung **24** vorgesehen, die ebenfalls eine Antenne bildende Oszillationsschaltung umfasst. Diese Oszillationsschaltung **24** ist aus einem Kondensator  $C_2$  und einer Spule  $L_2$  gebildet, die parallel geschaltet sind. Eine solche Oszillationsschaltung **24** kann durch elektromagnetische Wellen mit den Lesemitteln **6** der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur gekoppelt werden. Ein System dieses Typs wird bei den elektronischen Etiketten gewöhnlich zur Fernkommunikation eingesetzt.

**[0084]** In [Fig. 2B](#) ist zu sehen, dass der Stab aus festem Werkstoff, der die Kontaktmittel **2** der Vorrichtung **1** zur Temperaturverfolgung bildet, geschmolzen ist, was bedeutet, dass die Temperatur wenigstens einmal während der Verfolgungsperiode ihren Grenzeinstellwert überschritten hat. Die elektrischen Kontaktpunkte **14** und **16** sind also durch den schmelzenden Stoff elektrisch miteinander verbunden, was sich so auswirkt, dass ein Abfließen der elektrischen Ladungen, die bisher in dem floatenden Gate **8** gespeichert waren, in den Kreis **18** zum Abfließenlassen elektrischer Ladungen hervorgerufen wird. Da das floatende Gate **8** fortan von seinen elektrischen Ladungen befreit ist, hat dies einen direkten Einfluss auf den Gütefaktor der den Lesemitteln **6** zugeordneten Oszillationsschaltung **22**, der einen Wert  $Q_D$  annimmt. Falls anschließend mittels der Fernabfragevorrichtung **24** der Ladungszustand der Verfolgungsvorrichtung **1** bewertet wird, könnte der dieser Fernabfragevorrichtung **24** zugeordnete Prozessor die Unterscheidung zwischen den Werten  $Q_C$  und  $Q_D$  des Gütefaktors der Lesemittel **6** vornehmen und daraus schließen, dass das Produkt, an dem die Verfolgungsvorrichtung **1** angebracht worden ist, zurückgewiesen werden muss.

**[0085]** Selbstverständlich muss der elektrische Kontakt zwischen den Kontaktpunkten **14** und **16** nicht aufrechterhalten werden, sobald die Ladungen, die in dem floatenden Gate **8** gespeichert waren, abgeflossen sind. Die Tatsache, dass der elektrische Kontakt zwischen den Kontaktpunkten **14** und **16** abreißen darf, wenn die Temperatur erneut über ihr Maximum hinausgeht, und dass sich das leitende Material unter Verfestigung von diesen Kontaktpunkten **14** und **16** zurückzieht, ist nämlich ohne Auswirkung auf die Funktion der Verfolgungsvorrichtung **1**; die elektrischen Ladungen können in keinem Fall zu dem floatenden Gate **8** zurückfließen.

**[0086]** Die [Fig. 2C](#) bis [Fig. 2E](#) gleichen den oben beschriebenen [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) bis auf den Unterschied, dass die Kontaktmittel **2** diesmal aus einem Bimetallstreifen zusammengesetzt sind.

**[0087]** In [Fig. 2C](#) ist die Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur unter Verwendungsbedingungen gezeigt, in denen sie an dem zu überwachenden Produkt angebracht ist. Die Kontaktmittel **2**, anders gesagt der Bimetallstreifen, sind geöffnet und die elektrischen Ladungen, ohne Möglichkeit abzufließen, in dem floatenden Gate gespeichert, was bedeutet, dass die Temperatur noch nie ihren Grenzeinstellwert erreicht hat. Falls zu diesem Zeitpunkt die Verfolgungsvorrichtung **1** mittels der Fernabfragevorrichtung **24** in nicht zerstörender Weise abgefragt wird, wird festgestellt, dass der gemessene Wert des Gütefaktors der Oszillationsschaltung **22** dem geladenen Zustand des floatenden Gates **8**, also  $Q_C$ , entspricht.

**[0088]** Wenn die Temperatur ihren Grenzeinstellwert erreicht, gelangt der Bimetallstreifen **2** mit dem Kontaktstück **20** in Kontakt (siehe [Fig. 2D](#)) und setzt so das floatende Gate **8** mit dem Kreis **18** zum Abfließenlassen elektrischer Ladungen in eine elektrische Beziehung. Die elektrischen Ladungen, die bisher in dem floatenden Gate **8** gespeichert waren, fließen über den Bimetallstreifen **2** in den Kreis **18** zum Abfließenlassen von Ladungen ab. Falls anschließend der Ladungszustand des floatenden Gate **8** mittels der Fernabfragevorrichtung **24** bewertet wird, könnten die Werte  $Q_C$  und  $Q_D$  des Gütefaktors der Oszillationsschaltung **22**, die dem geladenen Zustand bzw. dem entladenen Zustand des floatenden Gate **8** entsprechen, unterschieden werden und daraus abgeleitet werden, dass die Temperatur ihren Grenzeinstellwert überschritten hat und dass das Produkt, dem die Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur zugeordnet ist, zurückgewiesen werden muss.

**[0089]** In [Fig. 2E](#) ist das floatende Gate **8** entladen und der Bimetallstreifen **2** geöffnet, was bedeutet, dass die Temperatur erneut über ihre Grenzschwelle hinausgegangen ist. Es versteht sich jedoch von selbst, dass sich das floatende Gate **8**, sobald es entladen ist, später nicht mehr aufladen kann, dass der Bimetallstreifen **2** mit dem Kontaktstück **20** in Kontakt bleibt oder dass er sich erneut öffnet.

**[0090]** Die Wahl der zum Herstellen des Bimetallstreifens **2** verwendeten Werkstoffe ist durch den Wert der Grenzeinstelltemperatur, die gemessen werden soll, vorgeschrieben. Wenn diese Werkstoffe sinnvoll gewählt werden, könnte ein Bimetallstreifen **2** verwirklicht werden, der sich dann schließt und den elektrischen Kontakt zwischen dem floatenden Gate **8** und dem Kreis **18** zum Abfließenlassen von Ladungen herstellt, wenn die Temperatur entweder ansteigend oder abfallend ihren Grenzeinstellwert erreicht.

**[0091]** Die [Fig. 2F](#) bis [Fig. 2H](#) gleichen den oben beschriebenen [Fig. 2C](#) bis [Fig. 2E](#) bis auf den Unterschied, dass zwei Bimetallstreifen **2a** und **2b** verwendet werden, die jeweils mit einem Kontaktstück **20a** bzw. **20b**, je nachdem, ob die Temperatur einen unteren Grenzeinstellwert oder einen oberen Grenzeinstellwert erreicht, in Kontakt gelangen können. So ist in [Fig. 2G](#) zu sehen, dass der Bimetallstreifen **2b** geschlossen ist, was beispielsweise bedeutet, dass die zu überwachende Temperatur ihren minimalen Grenzeinstellwert erreicht hat. Mit einer solchen Anordnung können folglich zwei verschiedene Temperaturen gleichzeitig kontrolliert werden. Dies erweist sich als besonders vorteilhaft, wenn eine Anordnung dieses Typs für die Konservierung eines Produkt wie etwa Wein verwendet wird, von dem bekannt ist, dass es hohe Temperaturen ebenso schlecht aushält wie Kälte.

**[0092]** Bis hierher ist lediglich die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur während der Phase der Verfolgung und der Kontrolle der Temperatur beschrieben worden. Diese Verfolgungsphase setzt ein:

- passive Kontaktmittel **2**, mit denen in Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebung, in der die Verfolgungsvorrichtung **1** angeordnet ist, ein elektrischer Kontakt hergestellt werden kann;
- Mittel **4** zum Speichern elektrischer Ladungen in Form eines floatenden Gate **8**, das von jeglichem Übergang elektrisch isoliert ist und dessen elektrischer Ladungszustand aufschlussreich ist für die Entwicklung der Temperatur während der Verfolgungsperiode, die dem Zeitpunkt, zu dem die Kontrolle ausgeführt wird, vorhergeht, und
- Halbleiter-Lesemittel **6**, deren elektrische Impedanz vom Ladungszustand des floatenden Gate **8** abhängt und die folglich das Bestimmen des Ladungszustandes dieses Gate **8** ermöglichen.

**[0093]** Nun interessiert die Anfangsphase der Verwendung der erfindungsgemäßen Verfolgungsvorrichtung **1**, während der die elektrischen Ladungen auf das floatende Gate **8** gebracht werden. Je nach Technologie, die zum Verwirklichen des floatenden Gate **8** gewählt worden ist, können verschiedene Verfahren zum Beschreiben oder Programmieren dieses Gate **8** angewendet werden. Genauer hängt das Verfahren, das zum Laden des floatenden Gate **8** angewendet wird, davon ab, ob zum Verwirklichen des Gate **8** eine MOS-Technologie oder eine Technologie, die nichtflüchtige Speicher einsetzt, verwendet wird, die ganz speziell konzipiert sind, um eine Funktion zum Halten von Informationen sicherzustellen.

**[0094]** Andererseits können die verschiedenen Verfahren zum Programmieren des floatenden Gate **8** zerstörend sein und folglich keine spätere Wiederverwendung der Verfolgungsvorrichtung **1** ermöglichen oder auch nicht zerstörend sein und in diesem Fall eine eventuelle Wiedernutzbarmachung der Verfolgungsvorrichtung **1** ermöglichen.

**[0095]** Eine erste Ausführungsvariante des Verfahrens zum Aufladen des floatenden Gate **8** einer Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur, die in der MOS- oder CMOS-Technologie verwirklicht ist, ist in Verbindung mit [Fig. 3A](#) und den nachfolgenden Figuren gezeigt. Es lässt sich feststellen, dass gemäß dieser ersten Variante die Injektion von Ladungen in das floatende Gate **8** durchgeführt wird, während die Kontaktmittel **2** geöffnet oder deaktiviert sind (unter "deaktiviert" wird die Tatsache verstanden, dass die Kontaktmittel **2** vorübergehend nicht leitend gemacht sind). Folglich liegt die zu überwachende Temperatur auf einem zulässigen Wert, bei dem die Eigenschaften des zu kontrollierenden Produkts erhalten werden. Wie in [Fig. 3A](#) zu sehen ist, wird in einer ersten Zeit eine Ladespannung  $V_{\text{PROG}}$  an das floatende Gate **8** und eventuell an den Hilfskondensator  $C_0$ , der die kapazitive Wirkung des floatenden Gate **8** verstärkt, falls diese Wirkung selbst nicht ausreichend ist, angelegt. Der Strom, der das floatende Gate **8** lädt, fließt durch einen Widerstand  $R$ , der die Aufgabe hat, die Verluste bei der nachträglichen Zerstörung einer Schmelzsicherung  $F$  zu begrenzen. In einer zweiten Zeit (siehe [Fig. 3B](#)) wird das floatende Gate **8** von jeglicher elektrischen Verbindung mit der äußeren Umgebung isoliert, indem ein ausreichend starker Strom dazu gezwungen wird, durch die Schmelzsicherung  $F$  zu fließen, um diese zu zerstören. Dazu kommen zwei unterschiedliche Lösungen in Betracht. Die erste Lösung besteht darin, einen Schalter  $i$  zu schließen, so dass ein starker Strom zwischen dem positiven Pol der Stromquelle und deren negativen Pol, der durch die Masse, mit der der Schalter  $i$  verbunden ist, gebildet ist, zirkuliert, wobei dieser Strom durch die Schmelzsicherung  $F$  fließt und diese zerstört. Die zweite Lösung besteht darin, einen Bipolartransistor oder MOS-Transistor  $ii$  zu verwenden, wobei dieser Transistor während der gesamten Zeit, die das Laden des floatenden Gate **8** dauert, im Sperrzustand ist, jedoch durchschaltet, wenn dieses Laden

beendet ist. Der Transistor ii spielt dieselbe Rolle wie der oben beschriebene Schalter i. Er ermöglicht, dass ein ausreichend starker Strom durch die Schmelzsicherung F fließt und diese zerstört. Sobald die Schmelzsicherung F zerstört ist, sind die Punkte I, J und K, über die das floatende Gate 8 mit dem äußeren Ladekreis verbunden war, vollkommen isoliert, so dass die in dem floatenden Gate 8 gespeicherten elektrischen Ladungen nicht abfließen können. Schließlich ist in [Fig. 3C](#) die Verfolgungsvorrichtung 1 unter Verwendungsbedingungen wiedergegeben, wobei elektrische Ladungen in dem floatenden Gate 8 gespeichert sind und die Kontaktmittel 2, die in Form eines festen Werkstoffs, der im Fall, in dem die Temperatur ihren Grenzeinstellwert überschreitet, schmelzen kann, gezeigt sind, geöffnet sind. Wie erkennbar ist, ist diese erste Ausführungsform der Verfolgungsvorrichtung 1 ausschließlich für den einmaligen Gebrauch, da die Zerstörung der Schmelzsicherung F ein nachträgliches Verwenden der Vorrichtung 1 verhindert.

**[0096]** Aus Gründen der Klarheit und Verständlichkeit der Erfindung sind die Kontaktmittel 2 in allem was folgt in Form eines Bimetallstreifens gezeigt. Selbstverständlich bleiben die Prinzipien der Funktion und der Verwendung der erfindungsgemäßen elektronischen Vorrichtung 1 dieselben, wenn der Bimetallstreifen beispielsweise durch das oben beschriebene Gemisch aus Wasser und Alkohol ersetzt wird.

**[0097]** Nun interessiert in Verbindung mit den [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4E](#) das Verfahren der Verwendung der in den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigten Vorrichtung 1 zum Verfolgen der Temperatur.

**[0098]** In [Fig. 4A](#) ist die auch als Phase des Schreibens bezeichnete Phase der Injektion von Ladungen in das floatende Gate 8 gezeigt. Beim Untersuchen von [Fig. 4A](#) lässt sich feststellen, dass der Bimetallstreifen 2 geschlossen ist, was bedeutet, dass die Verfolgungsvorrichtung 1 auf einer Temperatur ist, die beispielsweise über dem für das zu kontrollierende Produkt zulässigen Maximum liegt. Eine Quelle für Programmierungsspannung  $V_{\text{PROG}}$  ist über den Bimetallstreifen 2 mit dem floatenden Gate 8 verbunden, um in dieses Ladungen zu injizieren.

**[0099]** Unter Aufrechterhalten der Programmierungsspannung wird anschließend die Temperatur fortschreitend abgesenkt, damit sich die Kontaktmittel 2 öffnen oder anders gesagt sich der Bimetallstreifen öffnet. Die Verfolgungsvorrichtung 1 befindet sich dann in der in [Fig. 4B](#) gezeigten Situation, in der die Ladungen in dem floatenden Gate 8 gespeichert sind und der Bimetallstreifen 2 geöffnet ist, so dass die gespeicherten Ladungen nicht abfließen können. Die Quelle für Programmierungsspannung  $V_{\text{PROG}}$  kann dann getrennt werden, womit die Verfolgungsvorrichtung 1 bereit ist, an dem Produkt, das es zu überwachen gilt, angebracht zu werden.

**[0100]** In [Fig. 4C](#) ist die Verfolgungsvorrichtung 1 unter Verwendungsbedingungen gezeigt. In dieser Figur ist zu sehen, dass Ladungen in dem floatenden Gate 8 gespeichert sind und dass der Bimetallstreifen 2 geöffnet ist. Die Source S, der Drain D und das Substrat des MOS-Transistors sind jeweils mit der Masse verbunden. Solange der Bimetallstreifen 2 geöffnet bleibt, behält das floatende Gate 8 seinen Ladungszustand bei, was bedeutet, dass der MOS-Transistor durchschaltet und dies bleibt, solange sich der Bimetallstreifen 2 nicht schließt.

**[0101]** In [Fig. 4D](#) ist der Fall gezeigt, in dem die Temperatur der zu überwachenden Umgebung seinen Einstellwert erreicht hat. Zu diesem Zeitpunkt schließt sich der Bimetallstreifen 2 und fließen die in dem floatenden Gate 8 gespeicherten Ladungen über den Bimetallstreifen 2 in den Kreis 18 zum Abfließenlassen von Ladungen, im vorliegenden Fall die Masse, ab. Es ist wichtig anzumerken, dass diese Modifikation des Ladungszustandes des floatenden Gate 8 insofern irreversibel ist, dass es den elektrischen Ladungen nicht möglich ist, von der Masse zu dem floatenden Gate 8 zurückzufließen. Somit wird der entladene Zustand des floatenden Gate 8 auch dann, wenn sich der Bimetallstreifen 2 unter der Einwirkung der Temperatur erneut öffnet, beibehalten.

**[0102]** Unter der Einwirkung des Abfließens von Ladungen wird der MOS-Transistor weniger leitend oder sperrt. Es ergibt sich folglich eine Modifikation des elektrischen Widerstandes dieses MOS-Transistors, eine Modifikation, die nachgewiesen werden kann, indem eine Lesespannung  $V_{\text{READ}}$  oder ein Lesestrom  $I_{\text{READ}}$  zwischen die Source S und den Drain D des MOS-Transistors (siehe [Fig. 4E](#)) angelegt wird und der Strom bzw. die Spannung, der bzw. die von dem Transistor als Reaktion geliefert wird, gemessen wird. Tatsächlich hat das Potential, auf dem das floatende Gate 8 liegt, einen direkten Einfluss auf den spezifischen elektrischen Widerstand des MOS-Transistors. So verändert sich der spezifische elektrische Widerstand des MOS-Transistors je nachdem, ob das Gate Träger elektrischer Ladungen ist oder nicht, was der mit der Inspektion der zu überwachenden Produkt beauftragten Person während der gesamten Periode der Verfolgung der Temperatur, die der Inspektion vorausgeht, eine zuverlässige Angabe hinsichtlich der vorgeschriebenen Einstelltemperatur liefert. So wird, wenn festgestellt wird, dass der MOS-Transistor sperrt oder weniger leitend ist, daraus abgeleitet,

dass die Temperatur wenigstens einmal ihren Einstellwert erreicht hat, und das kontrollierte Produkt sofort aus der Verteilungskette zurückgezogen. Falls sich umgekehrt die Kontrolle als negativ erweist, d. h. der MOS-Transistor seine anfängliche Leitfähigkeit, die dem Zeitpunkt, zu dem die Ladungen in sein Gate **8** injiziert worden sind, entspricht, aufweist, kann die Kontrolle der Temperatur fortgesetzt werden.

**[0103]** Am Ende der Verwendung kann die erfindungsgemäße Verfolgungsvorrichtung **1** vorteilhafterweise wiederverwendet werden. Es reicht dazu aus, nach dem oben beschriebenen Verfahren erneut Ladungen in das floatende Gate **8** zu injizieren. Um jeden Versuch einer betrügerischen Handlung zu verhindern, ist der Verfolgungsvorrichtung **1** vorzugsweise ein Mikroprozessor zugeordnet, derart, dass der Schritt des Schreibens von Daten in das floatende Gate **8** einem Codieralgorithmus folgt, der durch den Mikroprozessor gesteuert wird und dessen Codierschlüssel nur berechtigtem Personal bekannt sind.

**[0104]** Oben wurde angenommen, dass eine Bedienungsperson damit beauftragt war, die zu überwachenden Produkte nacheinander zu inspizieren. Eine solche Aufgabe ist sicherlich ermüdend und kann nicht in großem Maßstab gestellt werden. Deshalb wird jeder erfindungsgemäßen Verfolgungsvorrichtung **1** vorzugsweise ein elektronisches Etikett zugeordnet. Ein solches Etikett, das an sich bekannt ist, kann beispielsweise verschiedene Informationen wie etwa eine Losnummer und ein Herstellungsdatum speichern, die ohne Gefahr eines Fehlers das Identifizieren des Produkts, an dem es angebracht ist, ermöglichen. Das Etikett kann Mittel zum Lesen und Schreiben umfassen, die geeignet sind, die in dem Etikett gespeicherten Informationen zu modifizieren. Die Identifizierungsmittel umfassen eine integrierte elektronische Schaltung und eine aus einer Leitungsdrahtspule gebildete Antenne. Die integrierte Schaltung umfasst Verschlüsselungsmittel, Mittel zum Umsetzen der durch die Antenne wiedergewonnenen Energie, um die elektrische Versorgung der integrierten Schaltung und der Verfolgungsvorrichtung **1** sicherzustellen, und einen Festspeicher. In dieser Weise kann bei einer Kontrolle, die während der Temperaturverfolgungsperiode durchgeführt wird, gleichzeitig eine große Anzahl von Produkten an einem Gerät vorbeigeführt werden, das geeignet ist, die Lesemittel **6** der Verfolgungsvorrichtung **1** durch Senden eines elektromagnetischen Feldes zu speisen. Als Reaktion sendet die integrierte Schaltung ein für den Ladungszustand des floatenden Gate **8** repräsentatives Signal, dem Informationen zugeordnet sein können, die die Produkte identifizieren, an die Fernabfragevorrichtung. Diese Daten werden anschließend in dem Speicher eines Rechners aufgezeichnet, um aufbewahrt und verarbeitet zu werden.

**[0105]** Dank der Zuweisung eines elektronischen Etiketts an die erfindungsgemäße Verfolgungsvorrichtung **1** kann der Schritt des Lesens des Ladungszustandes der Mittel **4** zum Speichern von Ladungen in großem Maßstab und in vollständig automatisierter Weise ausgeführt werden, wobei er ohne Gefahr eines Fehlers das sofortige Erfassen nicht konformer Produkte ermöglicht.

**[0106]** In allem was folgt sind die Elemente, die mit jenen, die oben in Verbindung mit den [Fig. 1A](#), [Fig. 1B](#) und [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4E](#) beschrieben worden sind, identisch sind, mit denselben Bezugszeichen bezeichnet.

**[0107]** In dem in [Fig. 5A](#) gezeigten Beispiel umfasst die Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur einen Verarmungs-MOS-Transistor, beispielsweise mit einem n-Kanal. Das elektrisch isolierte Gate **8** des Verarmungs-MOS-Transistors bildet die Mittel zum Speichern elektrischer Ladungen gemäß der vorliegenden Erfindung, während die Source S und der Drain D, beide vom n-Typ, die Lesemittel **6** bilden. Die Source S und der Drain D sind durch einen Kanal **26**, ebenfalls vom n-Typ, der im Ruhezustand vorkommt, miteinander verbunden.

**[0108]** [Fig. 5B](#) ist eine schematische Darstellung des Stromkreises, der zu der in einem Schnitt in [Fig. 5A](#) gezeigten erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur äquivalent ist. In dieser [Fig. 5B](#) sei insbesondere das Vorhandensein des n-Kanals **26** zwischen dem floatenden Gate **8** und dem Substrat, der durch Einpflanzung von Atomdonatoren unter das Gate **8** zum Zeitpunkt des Fertigungsprozesses gebildet worden ist, hervorgehoben.

**[0109]** Wie wohlbekannt ist, ist ein Verarmungstransistor normalerweise leitend, d. h., dass eine geeignete Spannung an das Gate angelegt werden muss, um den Strom von der Source zu dem Gate durch Verarmung des Kanals an Ladungsträgern zu verringern oder aufzuheben.

**[0110]** In Anlehnung an dieses Funktionsprinzip wird der Verarmungs-MOS-Transistor verwendet, um die Verfolgung der Temperatur nach dem erfindungsgemäßen Verfahren sicherzustellen. Dazu wird mit dem Injizieren von Ladungen in das floatende Gate **8** begonnen (siehe [Fig. 6A](#)). Dieser Vorgang wird vollzogen, indem das Potential der Source S und des Drain D auf einen Programmierungswert VPROG gebracht wird. Während der ganzen Zeit, die dieser Vorgang des Schreibens von Informationen in das Gate **8** dauert, sind die Kontakt-

mittel **2** geschlossen, d. h. befindet sich die Verfolgungsvorrichtung **1** auf einer Temperatur, die außerhalb des zulässigen Intervalls liegt, das durch die obere und die untere Schwelle, die die Temperatur nicht überschreiten darf, definiert ist. Selbstverständlich macht die Injektion von elektrischen Ladungen in das floatende Gate **8** den Verarmungs-MOS-Transistor weniger leitend (siehe Block), als er es im Ruhezustand ist.

**[0111]** Anschließend wird unter Aufrechterhalten der Programmierungsspannung  $V_{\text{PROG}}$  die Temperatur fortschreitend in das zulässige Intervall gebracht, in dem sie kleiner als die obere Schwelle und größer als die untere Schwelle ist. Die Kontaktmittel **2** öffnen sich, während sich die Verfolgungsvorrichtung **1** in der in [Fig. 6B](#) gezeigten Situation befindet, in der die elektrischen Ladungen durch das floatende Gate **8** eingefangen sind und nicht in Richtung des Kreises **18** zum Abfließenlassen von Ladungen abfließen können. Die Quelle für Programmierungsspannung  $V_{\text{PROG}}$  kann nun getrennt werden und die Verfolgungsvorrichtung **1** an dem Produkt, dessen Temperatur zu überwachen ist, angebracht werden.

**[0112]** In [Fig. 6A](#) ist die Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur unter Verwendungsbedingungen gezeigt. Die Source S, der Drain D und das Substrat sind jeweils mit der Masse verbunden. Die elektrischen Ladungen sind ihrerseits in dem floatenden Gate **8** gespeichert und können nicht abfließen, da der Bimetallstreifen **2** geöffnet ist. Anders gesagt wird die Temperatur beispielsweise nicht über ihr zulässiges Maximum hinaus überschritten und hat das Produkt keine Veränderung erfahren, die seine Qualitäten beeinträchtigen kann.

**[0113]** Umgekehrt hat in [Fig. 6D](#) die Temperatur ihren Einstellwert erreicht, was das Schließen des Kreises **18** zum Abfließenlassen von Ladungen über den Bimetallstreifen **2** und das Entweichen von elektrischen Ladungen hervorruft, die bisher in dem floatenden Gate **8** gespeichert waren. Unter der Einwirkung dieser Modifikation des Ladungszustandes des floatenden Gate **8** wird der Verarmungs-MOS-Transistor erneut leitend. Tatsächlich hat das Potential, auf das das Gate **8** gebracht wird, einen unmittelbaren Einfluss auf die spezifische elektrische Leitfähigkeit des Verarmungstransistors. Es reicht dann aus, zwischen die Source S und den Drain D des Verarmungstransistors einen Lesestrom  $I_{\text{READ}}$  oder eine Lesespannung  $V_{\text{READ}}$  anzulegen, um die spezifische elektrische Leitfähigkeit des Transistors zu bestimmen und daraus in Abhängigkeit von den erhaltenen Ergebnissen den Ladungszustand des floatenden Gate **8** abzuleiten. Falls der Transistor schwach leitend ist oder sogar sperrt, bedeutet dies, dass die elektrischen Ladungen noch immer auf dem Gate **8** vorhanden sind und dass die Temperatur zu keinem Zeitpunkt einen ihrer Einstellwerte erreicht hat. Falls umgekehrt der Verarmungs-MOS-Transistor normal leitend ist, bedeutet dies, dass die elektrischen Ladungen, die in dem floatenden Gate **8** gespeichert waren, entwichen sind und dass die Temperatur folglich wenigstens zu einem Zeitpunkt ihren Schwellenwert überschritten hat.

**[0114]** Es ist wichtig, hier daran zu erinnern, dass der Ladungszustand des floatenden Gate **8**, was auch immer geschehen mag, beibehalten wird. Entweder hat die Temperatur niemals ihren Einstellwert erreicht, wobei in diesem Fall die elektrischen Ladungen in dem floatenden Gate **8** gespeichert bleiben, oder die Temperatur hat ihren Einstellwert erreicht, wobei in diesem Fall die in dem floatenden Gate **8** gespeicherten elektrischen Ladungen entwichen sind. Wenn die Ladungen entweichen, ist die Modifikation des Ladungszustandes des Gate **8** selbst dann, wenn die Temperatur wieder diesseits ihres Einstellwertes gelangt, irreversibel, da es den elektrischen Ladungen, die abgeflossen sind, in keiner Weise möglich ist, wieder zu dem floatenden Gate zurückzuströmen.

**[0115]** Den drei soeben beschriebenen Ausführungsformen sind zwei Punkte gemeinsam: beide wenden die MOS-Technologie an, die aus einer Gesamtheit von Schritten der Konzeption und Fertigung der elektronischen Komponenten besteht, die heutzutage bemerkenswert gut beherrscht wird und das Anbieten von zuverlässigen und preiswerten Vorrichtungen ermöglicht. Andererseits werden, wenn ein Standard-Verarmungs-MOS-Transistor verwendet wird, die elektrischen Ladungen in das floatende Gate **8** injiziert, während der Bimetallstreifen **2** geschlossen ist, d. h. sich die Temperatur außerhalb des zulässigen Intervalls befindet. Dies kann insofern, dass nach der Injektion von Ladungen die Temperatur fortschreitend auf einen Wert gebracht werden muss, der zu den Bedingungen der Konservierung des zu überwachenden Produkts konform ist, bevor die erfindungsgemäße Verfolgungsvorrichtung an dem Produkt angebracht werden kann, einen Nachteil darstellen. Umgekehrt unterscheiden sich ein Standard-MOS-Transistor und ein Verarmungs-MOS-Transistor darin, dass der Erste sperrt oder weniger leitend wird, wenn die Ladungen von dem floatenden Gate **8** entweichen, während der Zweite unter diesen Bedingungen erneut leitend wird.

**[0116]** Um den oben erwähnten Nachteil zu beseitigen, kann auf die Technologie der Halbleiterkomponenten mit nichtflüchtigem Speicher zurückgegriffen werden, wovon im Folgenden mehrere Beispiele beschrieben werden.

**[0117]** In dem in [Fig. 7A](#) gezeigten Beispiel umfasst die Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur eine FAMOS-Transistor-Speicherzelle, die unter ihrer angelsächsischen Bezeichnung "floating-gate avalanche-injection MOS transistor" wohlbekannt ist. Es handelt sich um einen MOS-Transistor mit einem floatenden, d. h. von jeglichem Leiter isolierten und durch Lawineneffekt elektrisch aufgeladenen Gate **8**. Das Gate **8** des FAMOS-Transistors bildet die Mittel **4** zum Speichern elektrischer Ladungen, während die Source S und der Drain D, beispielsweise vom p-Typ in einer n-Wanne, die Lesemittel **6** bilden.

**[0118]** [Fig. 7B](#) ist eine schematische Darstellung des Stromkreises, der zu der in einem Schnitt in [Fig. 7A](#) gezeigten erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur äquivalent ist.

**[0119]** In [Fig. 8A](#) ist die auch als Phase des Schreibens bezeichnete Phase der Injektion von Ladungen in das floatende Gate **8** gezeigt. Beim Untersuchen von [Fig. 8A](#) lässt sich feststellen, dass der Bimetallstreifen **2** geöffnet ist, was bedeutet, dass sich die Verfolgungsvorrichtung **1** in einem zulässigen Temperaturbereich befindet, der den optimalen Bedingungen der Konservierung des zu überwachenden Produkts entspricht. Eine Quelle für Programmierungsspannung  $V_{\text{PROG}}$  ermöglicht das Anlegen einer negativen Spannung in der Größenordnung von zwanzig bis dreißig Volt zwischen den Drain D des FAMOS-Transistors und der Masse. Unter der Einwirkung der Programmierungsspannung  $V_{\text{PROG}}$  entsteht eine Lawine in dem von der Source S und dem Drain D des Transistors gebildeten Übergang, wobei sich die Ladungsträger infolge einer Stoßionisierung in dem Halbleitermaterial vervielfachen. Heiße Elektronen oder anders gesagt freie Elektronen, die in dem Halbleitermaterial eine Energie besitzen, die größer als jene des thermischen Gleichgewichtes des Kristallgitters des Halbleitermaterials ist, werden dann in das floatende Gate **8** injiziert, von wo sie insofern nicht entweichen können, dass der Bimetallstreifen **2** geöffnet ist und ihnen der Weg zu dem Kreis **18** zum Abfließenlassen elektrischer Ladungen versperrt ist.

**[0120]** Sobald die Ladungen in das floatende Gate **8** eingeschrieben sind, kann die Programmierungsspannung  $V_{\text{PROG}}$  weggenommen und die Verfolgungsvorrichtung **1** an dem zu überwachenden Produkt angebracht werden. Die Verfolgungsvorrichtung **1** ist dann in der in [Fig. 8B](#) gezeigten Situation, in der der Bimetallstreifen **2** geöffnet ist und die elektrischen Ladungen in dem floatenden Gate **8** gespeichert bleiben, so dass der FAMOS-Transistor potentiell leitend ist und dies bleibt, solange sich der Bimetallstreifen **2** nicht schließt. Der geladene Zustand des floatenden Gate **8** wird folglich solange beibehalten, wie die Temperatur ihren oder einen ihrer Einstellwerte nicht überschreitet.

**[0121]** In [Fig. 8C](#) ist der Fall gezeigt, in dem die Temperatur der zu überwachenden Umgebung ihren Einstellwert erreicht. Zu diesem Zeitpunkt schließt sich der Bimetallstreifen **2** und fließen die Ladungen, die in dem floatendem Gate **8** gespeichert sind, über den Bimetallstreifen **2** in den Kreis **18** zum Abfließenlassen von Ladungen ab. Diese Modifikation des Ladungszustandes des floatenden Gate **8** ist insofern, dass die elektrischen Ladungen nicht zu dem floatenden Gate **8** zurückgebracht werden können, irreversibel. Somit wird der entladene Zustand des floatenden Gate **8** auch dann, wenn sich der Bimetallstreifen **2** unter der Einwirkung der Temperatur erneut öffnet, beibehalten.

**[0122]** Unter der Einwirkung des Verlustes an elektrischen Ladungen wird der FAMOS-Transistor weniger leitend oder sperrt sogar. Es ergibt sich folglich eine Modifikation des elektrischen Widerstandes dieses FAMOS-Transistors, eine Modifikation, die erfasst werden kann, indem ein Lesestrom  $I_{\text{READ}}$  oder eine Lesespannung  $V_{\text{READ}}$  zwischen den Drain D des FAMOS-Transistors und die Masse angelegt wird (siehe [Fig. 8D](#)) und die Spannung bzw. der Strom, die bzw. der von dem Transistor als Reaktion geliefert wird, gemessen wird. Tatsächlich hat das Potential, auf dem das floatende Gate **8** liegt, einen direkten Einfluss auf den spezifischen elektrischen Widerstand des FAMOS-Transistors. So verändert sich der spezifische elektrische Widerstand des FAMOS-Transistors je nachdem, ob das Gate **8** Träger elektrischer Ladungen ist oder nicht, was während der gesamten Periode der Verfolgung der Temperatur, die der Inspektion vorausgeht, eine genaue und zuverlässige Angabe hinsichtlich der vorgeschriebenen Einstelltemperatur liefert.

**[0123]** In dem in [Fig. 9A](#) gezeigten Beispiel umfasst die Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur eine SIMOS-Transistor-Speicherzelle, bekannter unter ihrer angelsächsischen Bezeichnung "stacked-gate-injection metal-oxid-semiconductor". Der SIMOS-Speicher ist im Wesentlichen durch einen Transistor gebildet, der ein Steuergitter **28** und das, was als floatendes Gate **8** bezeichnet wird, aufweist, wobei das Letztere zwischen der Source S und dem Drain D an der Oberfläche einer elektrisch isolierenden  $\text{SiO}_2$ -Schicht **12**, die die Oberfläche eines Halbleitersubstrats **10** bedeckt und das Steuergitter **28** trägt, angeordnet ist. Das floatende Gate **8** empfängt die ihr zugewiesene elektrische Ladung durch den durch das Steuergitter **28** gesteuerten Lawineneffekt. Das floatende Gate **8** des SIMOS-Transistors bildet die Mittel **4** zum Speichern von Ladungen, während die Source S und der Drain D, die beispielsweise durch zwei in ein p-Substrat implantierte n-Wannen gebildet sind,

die Lesemittel **6** bilden.

[0124] [Fig. 9B](#) ist eine schematische Darstellung des Stromkreises, der zu der in einem Schnitt in [Fig. 9A](#) gezeigten erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur äquivalent ist. Es sei das Vorhandensein des Steuergitters **28** des SIMOS-Transistors hervorgehoben.

[0125] Der Schritt der Injektion oder Einschreibung der elektrischen Ladungen in das floatende Gate **8** des SIMOS-Transistors ist in [Fig. 10A](#) gezeigt. Dieser Schritt unterscheidet sich von dem Schritt der Injektion elektrischer Ladungen in das floatende Gate **8** eines FAMOS-Transistors, wie er oben in Verbindung mit [Fig. 8A](#) beschrieben worden ist, darin, dass neben der Quelle für Programmierungsspannung  $V_{\text{PROG}}$ , die zur Injektion von Ladungen erforderlich ist, auf eine zweite Quelle für Programmierungsspannung  $V_{\text{PROG}}'$  zurückgegriffen werden muss, die das Polarisieren des Steuergitters **28** ermöglicht, das den Lawineneffekt steuert, durch den die elektrischen Ladungen, im vorliegenden Fall  $h^+$ -Löcher, in das floatende Gate **8** injiziert werden.

[0126] Wie in dem oben beschriebenen Fall des FAMOS-Transistors erfolgt das Einschreiben von Daten in eine SIMOS-Transistor-Speicherzelle, während die Kontaktmittel **2** geöffnet sind. Der SIMOS-Transistor wird ebenso unter der Einwirkung der Injektion von Ladungen potentiell leitend und bleibt dies, solange sich die Kontaktmittel **2** nicht schließen.

[0127] In [Fig. 10B](#) sind die Quellen für Programmierungsspannung  $V_{\text{PROG}}$  und  $V_{\text{PROG}}'$  weggelassen, während das Steuergitter **28** mit der Masse verbunden ist. Die auf dem zu überwachenden Produkt angebrachte Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur ist in jenem Zustand, der dem Fall entspricht, in dem die Temperatur ihren Einstellwert nicht erreicht hat oder in dem die elektrischen Ladungen bei geöffnetem Bimetallstreifen **2** in dem floatenden Gate **8** gespeichert bleiben.

[0128] In [Fig. 10C](#) ist der Fall gezeigt, in dem die Temperatur ihren Einstellwert erreicht hat oder in dem der Bimetallstreifen **2** schließt. Die Ladungen, die in dem floatenden Gate **8** gespeichert waren, fließen dann über den Bimetallstreifen **2** zu dem Kreis **18** zum Abfließenlassen von Ladungen ab. Wie in allen bisher beschriebenen Beispielen ist die Modifikation des Ladungszustandes des floatenden Gate **8** des SIMOS-Transistors irreversibel, was bedeutet, dass der Ladungszustand des floatenden Gate **8** auch dann, wenn die Temperatur nachträglich erneut über ihre Toleranzschwelle hinausgeht und sich der Bimetallstreifen **2** erneut öffnet, beibehalten wird.

[0129] Unter der Einwirkung des Abfließens von Ladungen wird der SIMOS-Transistor weniger leitend oder sperrt. Es ergibt sich folglich eine Modifikation des elektrischen Widerstandes dieses SIMOS-Transistors, eine Modifikation, die erfasst werden kann, indem ein Lesestrom  $I_{\text{READ}}$  oder eine Lesespannung  $V_{\text{READ}}$  zwischen den Drain D des FAMOS-Transistors und die Masse angelegt wird (siehe [Fig. 10D](#)) und die Spannung bzw. der Strom, die bzw. der von dem Transistor als Reaktion geliefert wird, gemessen wird. Wie in [Fig. 10D](#) gezeigt ist, erfordert der Schritt des Lesens des Ladungszustandes des floatenden Gate **8** des SIMOS-Transistors das Verbinden des Steuergitters **28** dieses Transistors mit einem Lesepotential  $V_{\text{READ}}'$ .

[0130] In dem in [Fig. 11A](#) gezeigten Beispiel umfasst die Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur eine elektrisch programmierbare und löschbare EEPROM-Speicherzelle, bekannter unter ihrer angelsächsischen Bezeichnung "electrically erasable programmable read-only memory". Eine EEPROM-Zelle ist dazu bestimmt, das nichtflüchtige Halten von Informationen zu ermöglichen. Dazu besitzt eine EEPROM-Zelle gewöhnlich die Form eines Feldeffekttransistors mit isoliertem oder floatendem Gate **8**, das elektrische Ladungen akkumulieren kann und mit einem Steuergitter **28** kapazitiv gekoppelt ist. Das aus Polysilicium hergestellte floatende Gate **8** ist über dem Kanal des Transistors angeordnet und durch eine erste dielektrische Schicht **30** von dem Substrat **10** getrennt. Das Steuergitter **28** des Transistors ist mit dem floatenden Gate **8**, von dem es durch eine zweite dielektrische Schicht **32** getrennt ist, kapazitiv gekoppelt.

[0131] Das Potential des floatenden Gate **8** ist durch die an das Steuergitter **28** angelegte Spannung und das Verhältnis der kapazitiven Kopplung der EEPROM-Zelle, d. h. das kapazitive Verhältnis zwischen der Kapazität, die durch die dielektrische Schicht **32**, die zwischen dem Steuergitter **28** und dem floatenden Gate **8** vorhanden ist, gebildet wird, und die Kapazität, die durch die dielektrische Oxidschicht **30**, die zwischen dem floatenden Gate **8** und dem Kanal des Transistors vorhanden ist, gebildet wird, bestimmt.

[0132] Der Kombination von Spannungen entsprechend, die an das Steuergitter **28**, die Inversionsschicht (Kanal) und die Diffusionsbereiche (Bereiche der Source S und des Drain D) des Transistors angelegt werden, können Operationen, insbesondere Programmierungsoperationen, ausgeführt werden.

[0133] So besteht zum Ausführen einer Operation zur Programmierung der EEPROM-Zelle, d. h. beispielsweise zum Injizieren von  $h^+$ -Löchern in das floatende Gate **8** eines p-Kanal-MOS-(pMOS)-Transistors, ein Verfahren darin, eine hohe Programmierungsspannung an das Steuergitter **28** des Transistor anzulegen und den Kanal und die Bereiche der Source S und des Drain D an die Masse zu legen. In diesem Fall können dann, wenn das elektrische Feld in der dielektrischen Oxidschicht **30**, die sich unter dem floatenden Gate **8** befindet, ausreichend stark ist, Löcher aus einem Injektor oder einer Injektionszone **34** durch Tunneleffekt in das floatende Gate **8** der EEPROM-Zelle injiziert werden.

[0134] [Fig. 11B](#) ist eine schematische Darstellung des Stromkreises, der zu der in einem Schnitt in [Fig. 11A](#) gezeigten erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur äquivalent ist. In dieser Figur sei auf das Vorhandensein des Steuergitters **28** und des Injektors **34** des pMOS-Transistors hingewiesen.

[0135] Der Schritt der Injektion oder Einschreibung der elektrischen Ladungen in das floatende Gate **8** des EEPROM-Speichers ist in [Fig. 12A](#) gezeigt. Für diesen Schritt, der oben genau beschrieben worden ist, muss der Drain D des MOS-Transistors auf ein Programmierungspotential  $V_{\text{PROG}}$  gezogen werden. Beim Untersuchen von [Fig. 12A](#) lässt sich feststellen, dass der Schritt der Injektion von Ladungen erfolgt, während der Bimetallstreifen **2** geöffnet ist, was bedeutet, dass die Temperatur auf einem zulässigen Wert liegt, der guten Bedingungen der Konservierung des zu überwachenden Produkts entspricht. Unter der Einwirkung der Injektion von Ladungen wird der MOS-Transistor leitend und bleibt dies, solange sich die Kontaktmittel **2** nicht schließen.

[0136] In [Fig. 12B](#) ist die Quelle für Programmierungsspannung  $V_{\text{PROG}}$  weggenommen worden, während der Drain D, die Source S, das Substrat **10** und das Steuergitter **28** jeweils mit der Masse verbunden sind. Die Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur, die an dem zu überwachenden Produkt angebracht ist, befindet sich in jenem Zustand, der dem Fall entspricht, in dem die Temperatur ihren Einstellwert nicht erreicht hat oder in dem die elektrischen Ladungen bei geöffnetem Bimetallstreifen **2** in dem floatenden Gate **8** gespeichert bleiben. Dieser geladene Zustand des floatenden Gate **8** wird solange beibehalten, wie nichts geschieht, d. h. solange, wie die Temperatur ihren Einstellwert nicht erreicht und sich der Bimetallstreifen **2** nicht schließt.

[0137] In [Fig. 12C](#) hat die Temperatur ihren Einstellwert erreicht. Unter der Einwirkung dieser Temperaturänderung hat sich der Bimetallstreifen **2** geschlossen und sind die Ladungen, die bis dahin in dem floatenden Gate **8** gespeichert waren, in den Kreis **18** zum Abfließenlassen von Ladungen abgeflossen. Der neue entladene Zustand des floatenden Gate **8** wird anschließend auch dann, wenn die Temperatur auf einen zulässigen Wert zurückkehrt und sich der Bimetallstreifen **2** erneut öffnet, beibehalten.

[0138] Selbstverständlich wird der Transistor der EEPROM-Speicherzelle unter der Einwirkung des Abfließens von Ladungen weniger leitend oder sperrt sogar. Es ergibt sich folglich eine Modifikation des elektrischen Widerstandes dieses Transistors, die erfasst werden kann, indem ein Lesestrom  $I_{\text{READ}}$  oder eine Lesespannung  $V_{\text{READ}}$  zwischen den Drain D des Transistors und die Masse angelegt wird (siehe [Fig. 12D](#)) und die Spannung bzw. der Strom, die bzw. der von dem Transistor als Reaktion geliefert wird, gemessen wird. Das Steuergitter **28** kann während der Phase des Auslesens aus der EEPROM-Speicherzelle wahlweise mit der Masse oder mit einem Lesepotential  $V_{\text{READ}}$  verbunden sein.

[0139] In dem in [Fig. 13A](#) gezeigten Beispiel umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung **1** zum Verfolgen der Temperatur eine Speicherzelle mit getrennter Injektion des EPLD-Typs, bekannter unter seiner angelsächsischen Bezeichnung "electronically programmable logic device". Eine Speicherzelle des EPLD-Typs ist dazu bestimmt, das Halten von Informationen zu ermöglichen. Dazu umfasst die EPLD-Zelle einen Feldefekt-MOS-Transistors mit isoliertem oder floatendem Gate **8**, das elektrische Ladungen akkumulieren kann und mit einem Steuergitter **28** kapazitiv gekoppelt ist. Das floatende Gate **8** ist über dem Kanal des Transistors angeordnet und durch eine dielektrische Schicht **30** von dem Halbleitersubstrat **10** getrennt. Das Steuergitter **28** des Transistors ist mit dem floatenden Gate **8**, von dem es durch eine dielektrische Schicht **32** getrennt ist, kapazitiv gekoppelt.

[0140] Zum Ausführen einer Operation zur Programmierung der EPLD-Zelle, d. h. beispielsweise zum Injizieren von  $h^+$ -Löchern in das floatende Gate **8** eines p-Kanal-MOS-(pMOS)-Transistors, besteht ein Verfahren darin, eine Programmierungsspannung  $V_{\text{PROG}}$  an das floatende Gate **8** des Transistor anzulegen und die Inversionsschicht (Kanal) sowie die Diffusionsbereiche (Bereich der Source S und des Drain D) an die Masse zu legen. In diesem Fall können dann, wenn das elektrische Feld ausreichend stark ist, in einer dielektrischen Oxidschicht **36**, die sich unter dem floatenden Gate **8** befindet, durch Tunneleffekt durch eine unter dem floatenden Gate **8** befindliche Oxidschicht **36** hindurch Löcher aus einer Injektionszone **38**, die gegenüber der Oxidschicht

36 in dem Substrat 10 ausgebildet ist, injiziert werden.

[0141] **Fig. 13B** ist eine schematische Darstellung des Stromkreises, der zu der in einem Schnitt in **Fig. 13A** gezeigten erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 zum Verfolgen der Temperatur äquivalent ist. In dieser Figur sei auf das Vorhandensein des Steuergitters 28 und der Oxidschicht 36, die die Injektion von Ladungen in das floatende Gate 8 durch Tunneleffekt ermöglicht, hingewiesen. Diese Oxidschicht 36 und die ihr zugeordnete Injektionszone 38 bilden eine Diode des MIS-Typs, bekannter unter seiner angelsächsischen Bezeichnung "metal-insulator-semiconductor".

[0142] Der Schritt der Injektion oder Einschreibung der elektrischen Ladungen in das floatende Gate 8 der EPLD-Speicherzelle ist in **Fig. 14A** gezeigt. Für diesen Schritt, der oben genau beschrieben worden ist, muss das floatende Gate 8 auf ein Programmierungspotential  $V_{\text{PROG}}$  gezogen werden, während das Steuergitter 8 mit der Masse verbunden ist. Der Schritt des Einschreibens von Informationen in das floatende Gate 8 erfolgt bei geöffnetem Bimetallstreifen 2. Unter der Einwirkung der Injektion von Ladungen wird der MOS-Transistor der EPLD-Speicherzelle leitend und bleibt dies, solange sich die Kontaktmittel 2 nicht schließen, d. h. solange die Temperatur ihren Einstellwert nicht erreicht.

[0143] In **Fig. 14B** ist die Quelle für Programmierungsspannung  $V_{\text{PROG}}$  weggenommen und der Injektor durch Tunneleffekt 38 mit der Masse verbunden worden. Die an dem zu überwachenden Produkt angebrachte Vorrichtung 1 zum Verfolgen der Temperatur befindet sich in jenem Zustand, der dem Fall entspricht, in dem die Temperatur während der der Kontrolle vorausgehenden Verfolgungsperiode nie ihren Einstellwert erreicht hat und in dem die elektrischen Ladungen insofern, dass sich die Kontaktmittel 2 nicht geschlossen haben, in dem floatenden Gate 8 gespeichert bleiben. Dieser geladene Zustand des floatenden Gate 8 wird beibehalten, solange nichts geschieht, d. h. solange sich die Kontaktmittel 2 nicht unter der Einwirkung einer Temperaturänderung schließen.

[0144] In **Fig. 14C** hat sich der Bimetallstreifen 2 geschlossen, da die Temperatur ihren Einstellwert erreicht hat und die elektrischen Ladungen von dem floatenden Gate 8 entwichen sind, um über den Bimetallstreifen 2 in den Kreis 18 zum Abfließenlassen von Ladungen abzufließen. Unter der Einwirkung des Abfließens von Ladungen wird der MOS-Transistor der EPLD-Speicherzelle weniger leitend oder sperrt sogar. Es ergibt sich folglich eine Modifikation des elektrischen Widerstandes dieses Transistors, eine Modifikation, die erfasst werden kann, indem ein Lesestrom  $I_{\text{READ}}$  oder eine Lesespannung  $V_{\text{READ}}$  zwischen den Drain D und die Masse angelegt wird (siehe **Fig. 14D**) und die Spannung bzw. der Strom, die bzw. der von dem Transistor geliefert wird, gemessen wird. Vorteilhafterweise erfolgt der Schritt des Lesens des Ladungszustandes des floatenden Gate 8 bei mit der Masse verbundenem Injektor 38. Selbstverständlich wird der entladene Zustand des floatenden Gate 8 auch dann, wenn sich nachträglich die Kontaktmittel 2 erneut öffnen, beibehalten.

[0145] **Fig. 15** zeigt das Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung 1 zum Verfolgen der Temperatur gemäß der Erfindung. Das Verfahren beginnt im Schritt S1 mit der Programmierung des floatenden Gate 8 oder anders gesagt dem Schritt, in dem die elektrischen Ladungen in das floatende Gate 8 injiziert werden. Wie oben ausreichend beschrieben worden ist, kann der Programmierungsschritt je nachdem, ob die Standard-MOS-Technologie oder die Technologie nichtflüchtiger Speicher eingesetzt wird, bei geöffneten oder geschlossenen Kontaktmitteln 2 erfolgen. Unter der Einwirkung der Injektion von Ladungen in die Mittel 4 zum Speichern von Ladungen können die Letzteren leitend werden oder im Gegensatz dazu den Sperrzustand einnehmen.

[0146] Nach dem Schritt S1 der Injektion elektrischer Ladungen in die Mittel 4 zum Speichern von Ladungen kann die Verfolgungsvorrichtung 1 an den Produkten, deren Konservierungstemperatur kontrolliert werden muss, angebracht werden. Es wird dann mit dem Schritt S2 der Temperaturverfolgung begonnen, in deren Verlauf der Ladungszustand der Mittel 4 zum Speichern von Ladungen verändert werden kann. So ergibt sich, wie in dem Schritt S3 gezeigt ist, dann, wenn die Temperatur ihren Schwellenwert erreicht hat, eine irreversible Modifikation des Ladungszustandes der Speichermittel. Es ist wesentlich, zu erkennen, dass dieser modifizierte Zustand der Mittel 4 zum Speichern von Ladungen beibehalten wird, wie auch immer die spätere Entwicklung der Temperatur sein mag. Auch wenn die Temperatur erneut über ihr zulässiges Maximum hinausgeht und sich folglich die Kontaktmittel 2 erneut öffnen, ermöglicht dies den Mitteln 4 zum Speichern elektrischer Ladungen somit nicht, ihr anfängliches Ladungsniveau wiederzuerlangen. Selbstverständlich wird der geladene Zustand der Mittel 4 zum Speichern von Ladungen auch während der gesamten Periode der Temperaturverfolgung beibehalten, wenn diese Temperatur zu keinem Zeitpunkt ihren Einstellwert erreicht. Wenn in dem Schritt S4 die letzte Kontrolle durchgeführt wird, muss sichergestellt werden, dass die elektrischen Ladungen auf dem floatenden Gate 8 vorhanden sind. Wenn dies der Fall ist (Schritt S5), bedeutet dies, dass die Temperatur ihren oder einen ihrer Grenzeinstellwerte niemals erreicht hat und dass die Eigenschaften des Produkts, an dem die

Verfolgungsvorrichtung **1** angebracht worden ist, nicht verändert worden sind. Wenn umgekehrt die Ladungen fehlen (Schritt S6), muss das Produkt zurückgewiesen werden. Wenn der Schritt S4 der letzten Kontrolle nicht entspricht, muss dennoch sichergestellt werden, dass die elektrischen Ladungen vorhanden sind. Wenn dies nicht der Fall ist, muss das Produkt sofort zurückgewiesen werden (Schritt S6). Wenn umgekehrt die Ladungen noch immer auf dem floatenden Gate **8** vorhanden sind, kann die Prozedur zum Verfolgen der Temperatur fortgesetzt und zu dem Schritt S2 zurückgekehrt werden. Bei Ablauf der letzten Kontrolle (Schritt S4), ist unabhängig davon, ob das Produkt letztendlich angenommen worden ist (Schritt S5) oder zurückgewiesen worden ist (Schritt S6), das Ende der Temperaturverfolgungsprozedur erreicht, wobei die erfindungsgemäße Verfolgungsvorrichtung **1** eventuell wieder verwendet werden kann (Schritt S7).

**[0147]** In Verbindung mit [Fig. 16](#) und den nachfolgenden Figuren interessieren noch Ausführungsformen der Kontaktmittel **2**, deren Schließung das Inverbindungssetzen des floatenden Gate **8** mit dem Kreis **18** zum Abfließenlassen elektrischer Ladungen hervorruft.

**[0148]** In [Fig. 16](#) sind die Kontaktmittel **2** durch einen einfachen Aluminiumstab gebildet, dessen auf die Temperatur bezogener Ausdehnungskoeffizient  $\delta = 25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^\circ\text{K}$  beträgt. Eine Längung  $\Delta L$  des Aluminiumstabes mit der Länge  $L$  unter der Einwirkung einer Temperaturänderung  $\Delta T$  ist durch die folgende Beziehung definiert:

$$\Delta L = L \times \delta \times \Delta T \quad (1)$$

**[0149]** Angenommen, es würde eine Längung  $\Delta L = 0,1 \text{ } \mu\text{m}$  bei einer Temperaturänderung  $\Delta T = 1^\circ\text{K}$  gesucht, müsste die Länge  $L$  des Aluminiumstabes

$$L = \frac{\Delta L}{\delta \times \Delta T} = \frac{0,1 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-6}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 4 \text{ mm}$$

betragen.

**[0150]** Es muss folglich ein Aluminiumstab von 4 mm Länge vorgesehen sein, um bei einer Erhöhung der Temperatur um  $1^\circ\text{K}$  eine Längung dieses Stabes von  $0,1 \text{ } \mu\text{m}$  beobachten zu können.

**[0151]** In [Fig. 17](#) wird angenommen, dass die Kontaktmittel **2** durch einen Bimetallstreifen gebildet sind, der aus zwei zusammengefügt Plättchen mit jeweils einer Länge von  $100 \text{ } \mu\text{m}$  gebildet ist, wovon das eine beispielsweise aus Aluminium, dessen spezifischer Ausdehnungskoeffizient  $\delta_{\text{Al}} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^\circ\text{K}$  beträgt, und das andere beispielsweise aus Silicium, dessen spezifischer Ausdehnungskoeffizient  $\delta_{\text{Si}} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^\circ\text{K}$  beträgt, gefertigt ist. Die Länge von  $100 \text{ } \mu\text{m}$  ist willkürlich gewählt, entspricht jedoch einem auf dem Gebiet der Herstellung von integrierten Schaltungen gebräuchlichen Wert.

**[0152]** Wie in [Fig. 17](#) gezeigt ist, sind die longitudinalen Symmetrielinien des Plättchens aus Aluminium und des Plättchens aus Silicium mit  $L_{\text{INT}}$  und  $L_{\text{EXT}}$  bezeichnet und um eine Länge  $\Delta R = 1 \text{ } \mu\text{m}$  voneinander beabstandet.

**[0153]** In [Fig. 18](#) wird angenommen, dass der Bimetallstreifen auf der Seite des Plättchens aus Silicium gekrümmt ist. Der Krümmungsradius, mit dem der Bimetallstreifen gekrümmt ist, ist mit  $R$  bezeichnet, während der Winkel, der den durch den gekrümmten Bimetallstreifen gebildeten Kreisbogen ausschneidet, mit  $\alpha$  bezeichnet ist. Es ergibt sich dann:

$$L_{\text{INT}} = \alpha R \quad (2)$$

$$L_{\text{EXT}} = \alpha(R + \Delta R), \quad (3)$$

und daher

$$\frac{L_{\text{EXT}}}{L_{\text{INT}}} = \frac{\alpha(R + \Delta R)}{\alpha R} = 1 + \frac{\Delta R}{R} \quad (4)$$

**[0154]** Unter der Annahme, dass sich der Bimetallstreifen unter der Einwirkung einer Temperaturänderung von  $1^\circ\text{K}$  gekrümmt hat, wird die oben definierte Beziehung (4) zu:

$$\frac{L_{EXT}}{L_{INT}} = \frac{100 + 100 \times 25 \cdot 10^{-6}}{100 + 100 \times 3 \cdot 10^{-6}} = 1,000022 = 1 + \frac{\Delta R}{R}$$

[0155] Nun ist  $\Delta R = 1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$  und daher:

$$R = \frac{10^{-6}}{22 \times 10^{-6}} = 0,045 \text{ m} = 45454 \mu\text{m}$$

[0156] Der Krümmungsradius des Bimetallstreifens ist folglich:  $R = 45454 \mu\text{m}$ .

[0157] Nun wird in Verbindung mit [Fig. 19](#) versucht, die mit  $dd$  bezeichnete Ablenkung des Bimetallstreifens bei einer Temperaturänderung von  $1^\circ\text{K}$  zu bestimmen:

$$dd = L \sin \alpha = L \times \frac{L}{R} = \frac{100 \times 100}{45454} = 0,22 \mu\text{m}/^\circ\text{K}$$

[0158] Folglich wird bei einem Bimetallstreifen, der aus zwei Plättchen aus Aluminium und Silicium mit jeweils einer Länge von  $100 \mu\text{m}$  gebildet ist, eine Krümmung von  $0,22 \mu\text{m}$  bei einer Erhöhung der Temperatur um  $1^\circ\text{K}$  beobachtet.

[0159] Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die soeben beschriebenen Ausführungsformen begrenzt und können einfache Abänderungen und Abwandlungen in Betracht gezogen werden, ohne den Umfang der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

### Patentansprüche

1. Elektronische Vorrichtung zum Verfolgen der Temperatur einer zu überwachenden Umgebung, mit der sichergestellt werden kann, dass die Temperatur zumindest einen im Voraus gesetzten Grenzeinstellwert nicht erreicht hat, wobei diese Vorrichtung Mittel (4) zum Speichern elektrischer Ladungen umfasst, in denen die gespeicherten Ladungen solange gehalten werden, wie die Temperatur ihren oder einen ihrer Grenzeinstellwerte nicht erreicht, und abfließen können, wenn die Temperatur ihren oder einen ihren Grenzeinstellwerte erreicht, wobei die Vorrichtung **dadurch gekennzeichnet** ist, dass sie außerdem umfasst:

- elektrisch leitende Kontaktmittel (2), die einen Kreis (18) zum Abfließenlassen elektrischer Ladungen schließen können, wenn die Temperatur ihren oder einen ihrer Grenzeinstellwerte erreicht;
- wobei die Mittel (4) zum Speichern elektrischer Ladungen mit dem Kreis (18) zum Abfließenlassen elektrischer Ladungen verbunden werden können, wenn die Kontaktmittel (2) schließen, wobei die in den Speichermitteln gespeicherten Ladungen durch den Kreis (18) zum Abfließenlassen elektrischer Ladungen abgeleitet werden können, wenn dieser Kreis durch die Kontaktmittel (2) geschlossen wird, wobei die Speichermittel (4) ihren Ladungszustand, den sie vor dem Schließen des Kreises (18) zum Abfließenlassen elektrischer Ladungen hatten, nicht wieder einnehmen können, falls dieser Kreis (18) zum Abfließenlassen elektrischer Ladungen erneut geöffnet wird, und
- Lesemittel (6), die ermöglichen, den Ladungszustand der Mittel (4) zum Speichern von Ladungen zu bestimmen.

2. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (4) zum Speichern von Ladungen ein floatendes Gate (8) umfassen, das von einem Halbleitersubstrat (10) durch eine elektrisch isolierende Schicht (12) getrennt ist, wobei das floatende Gate (8) einen elektrischen Kontaktpunkt (14) aufweist, auf den von außen zugegriffen werden kann und der mit einem elektrischen Kontaktpunkt (16) des Kreises (18) zum Speichern elektrischer Ladungen verbunden werden kann.

3. Elektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass für die Möglichkeit der Bewertung der Impedanz der Lesemittel (6) und daher für die Bestimmung des Ladungszustandes des floatende Gates (8) diesen Lesemitteln (6) eine Oszillationsschaltung (22) zugeordnet ist, wobei mit den Lesemitteln (6) eine Fernabfragevorrichtung (24) gekoppelt werden kann.

4. Elektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Lesemittel (6) einen pn-Übergang aufweisen, der wenigstens teilweise unter dem floatenden Gate verwirklicht ist.

5. Elektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Le-

semittel (5) einen Bipolartransistor aufweisen, der wenigstens teilweise unter dem floatenden Gate verwirklicht ist.

6. Elektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen MOS-Transistor umfasst, dessen elektrisch isoliertes Gate (8) die Speichermittel (4) bildet und dessen Source (S) und dessen Drain (D) die Lesemittel bilden.

7. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Verarmungs-MOS-Transistor umfasst.

8. Elektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Speichermittel (4) und die Lesemittel (6) eine nichtflüchtige Halbleiterspeicherzelle umfassen.

9. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterspeicherzelle aus der Gruppe gewählt ist, die durch Zellen des FAMOS-Typs, Zellen des SIMOS-Typs, Zellen des EEPROM-Typs und Speicherzellen mit getrennter Injektion des EPLD-Typs gebildet ist.

10. Elektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktmittel (2) aus einem elektrisch leitenden Material gebildet sind, das eine präzise Verfestigungs- und Schmelztemperatur besitzt.

11. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrisch leitende Material ein Gemisch aus einer Frostschutzflüssigkeit und Wasser ist, deren Dosierung die Verfestigungstemperatur und die Schmelztemperatur des Gemisches bestimmt.

12. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Frostschutzflüssigkeit Alkohol ist.

13. Elektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktmittel (2) aus einem Metallwerkstoff verwirklicht sind, der sich in Abhängigkeit von Temperaturschwankungen ausdehnen oder zusammenziehen kann.

14. Elektronische Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Metallwerkstoff aus der Gruppe gewählt ist, die aus Aluminium, Silber, Kupfer, Stahl, Eisen, Invar, Nickel, Gold, Platin, Blei, Silicium, Wolfram und Zink gebildet ist.

15. Elektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktmittel (2) in Form eines geradlinigen Stabs gegeben sind.

16. Elektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktmittel (2) in Form eines Bimetallstreifens gegeben sind.

17. Elektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass sie einem elektronischen Etikett zugeordnet ist.

18. Verfahren zum Betreiben der elektronischen Vorrichtung zum Verfolgen der Temperatur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es darin besteht:

- Daten durch Injektion elektrischer Ladungen in die Mittel (4) zum Speichern von Ladungen zu schreiben;
- die elektronische Vorrichtung (1) in einer Umgebung anzuordnen, in der die Verfolgung der Temperaturentwicklung gewünscht ist, um sicherzustellen, dass diese Temperatur zumindest einen im Voraus festgelegten Grenzeinstellwert nicht erreicht;
- während sich die Vorrichtung (1) noch in der zu überwachenden Umgebung befindet, in nicht zerstörender Weise die Daten zu lesen, die in die Mittel (4) zum Speichern von Ladungen geschrieben worden sind, um festzustellen, ob die Temperatur der zu überwachenden Umgebung zu einem gegebenen Zeitpunkt ihren oder einen ihrer im Voraus festgelegten Grenzeinstellwerte erreicht hat oder nicht, d. h., dass die Kontaktmittel (2) nicht geschlossen worden sind und der Ladungszustand der Mittel (4) zum Speichern von Ladungen unverändert geblieben ist, wenn die Temperatur ihren oder einen ihrer Grenzeinstellwerte nicht erreicht hat, während die Kontaktmittel (2) geschlossen worden sind und der Ladungszustand der Mittel (4) zum Speichern von Ladungen modifiziert worden ist, wenn die Temperatur den oder einen ihrer Grenzeinstellwerte erreicht hat, wobei dieser modifizierte Zustand der Ladung der Mittel (4) zum Speichern von Ladungen beibehalten wird, selbst

wenn die Temperatur der zu überwachenden Umgebung den Grenzeinstellwert, den sie erreicht hat, erneut unter- oder überschreitet und die Kontaktmittel (2) sich erneut öffnen;

- die Verfolgung der Temperatur aufzunehmen oder anzuhalten und gegebenenfalls
- die elektronische Vorrichtung zur Temperaturverfolgung (1) im Hinblick auf eine neue Verwendung umzuprogrammieren.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Schreibens der Daten durch Injektion elektrischer Ladungen in die Mittel (4) zum Speichern von Ladungen erfolgt, während die Kontaktmittel (2) geschlossen sind.

20. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Schreibens der Daten durch Injektion elektrischer Ladungen in die Mittel (4) zum Speichern von Ladungen erfolgt, während die Kontaktmittel (2) geöffnet sind.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Lesens der Daten, die in die Mittel (4) zum Speichern elektrischer Ladungen geschrieben worden sind, durch Eingeben eines elektrischen Stroms in die Mittel (4) zum Speichern von Ladungen oder Anlegen einer elektrischen Spannung an deren Anschlüsse erfolgt, die in Reaktion darauf eine Spannung bzw. einen Strom liefern, die bzw. der ermöglicht, den elektrischen Widerstand dieser Speichermittel (4) und daher ihren elektrischen Ladungszustand zu bestimmen.

Es folgen 18 Blatt Zeichnungen

Fig.1A

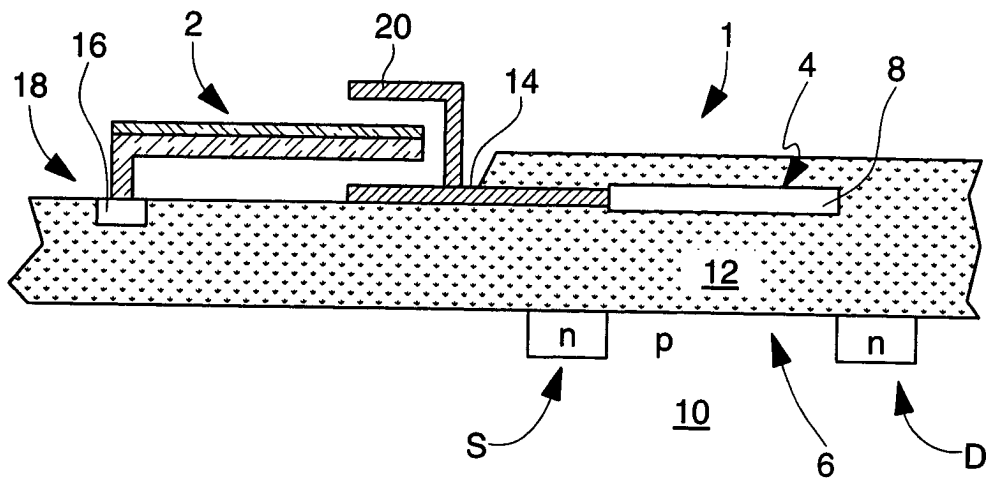
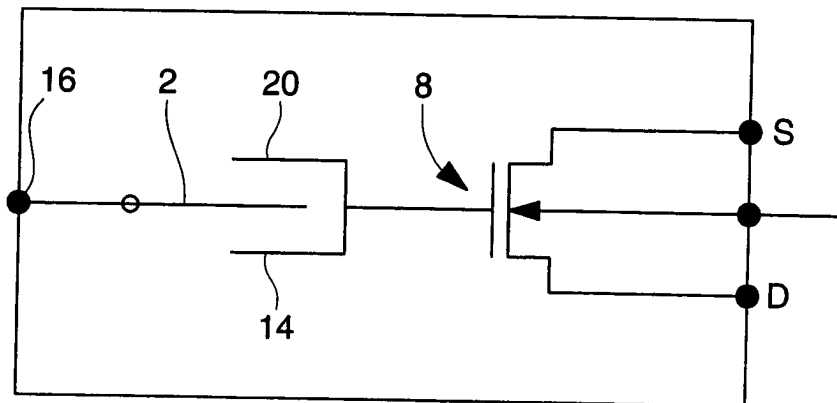
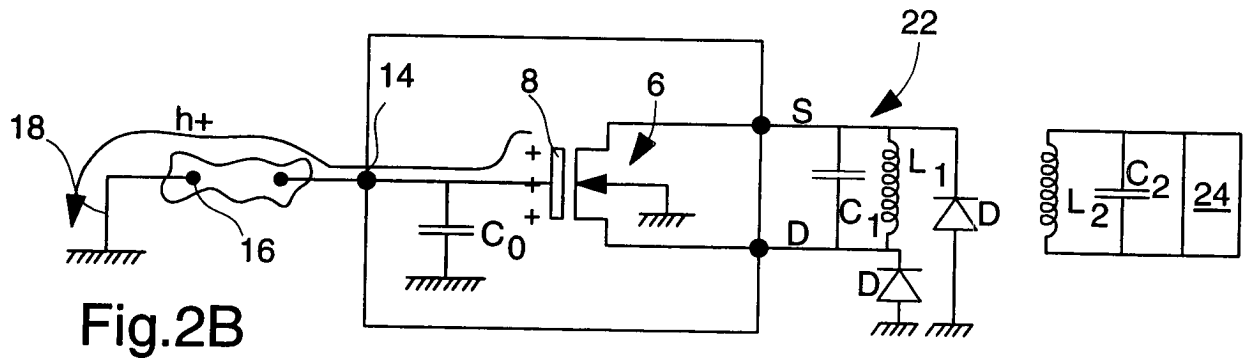
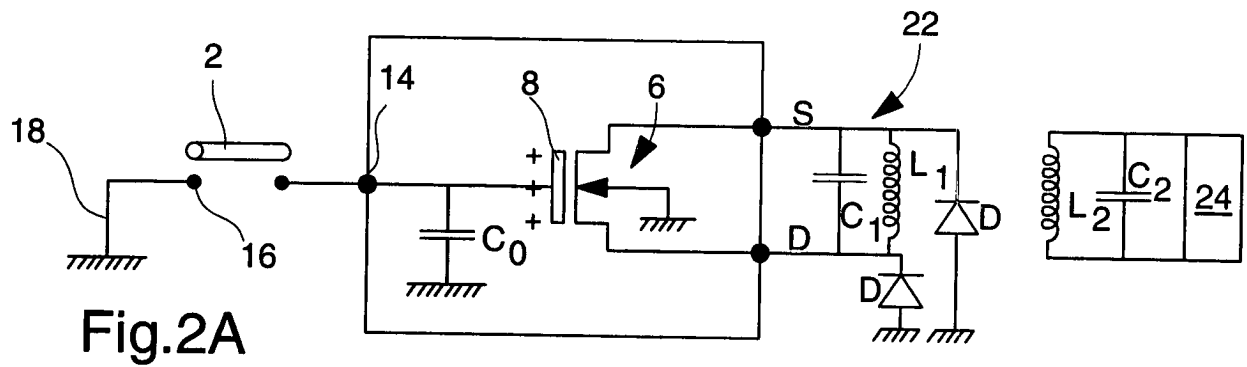


Fig.1B





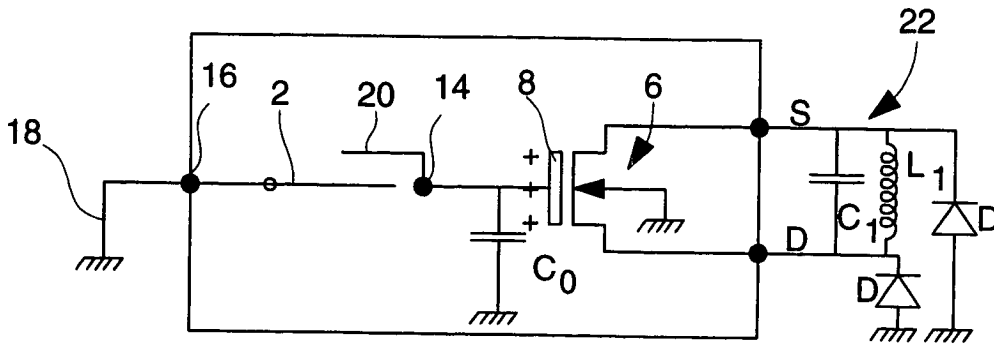


Fig.2C

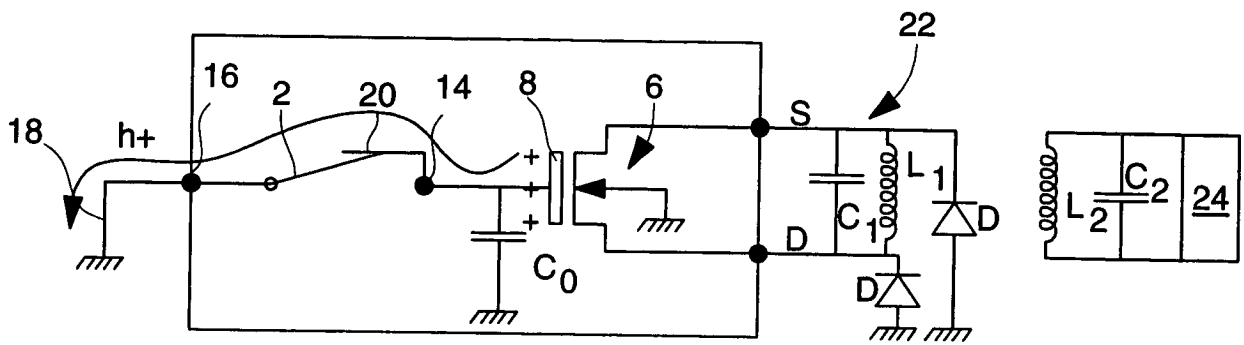


Fig.2D

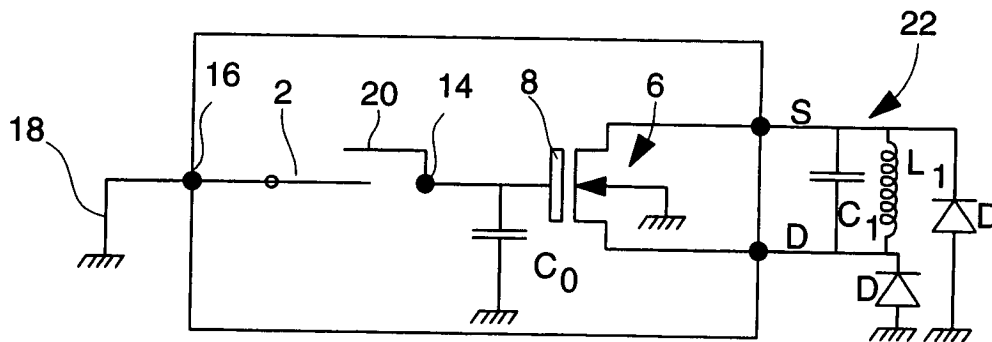


Fig.2E

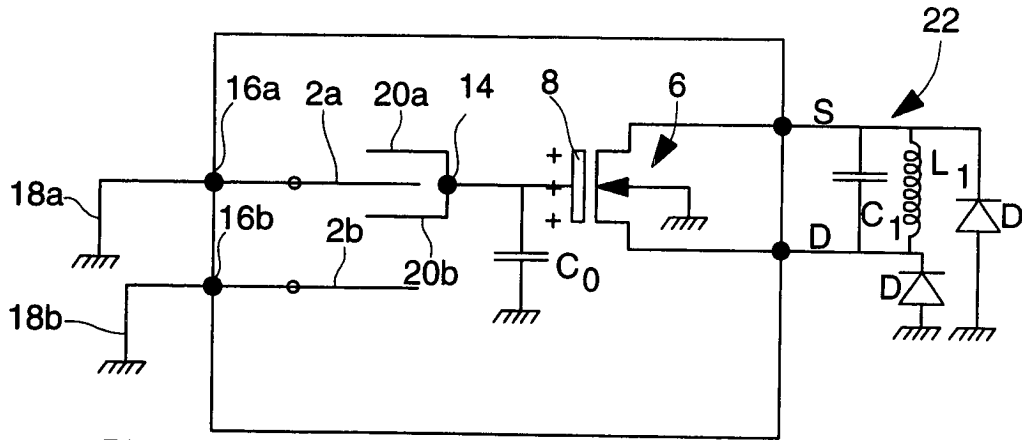


Fig.2F

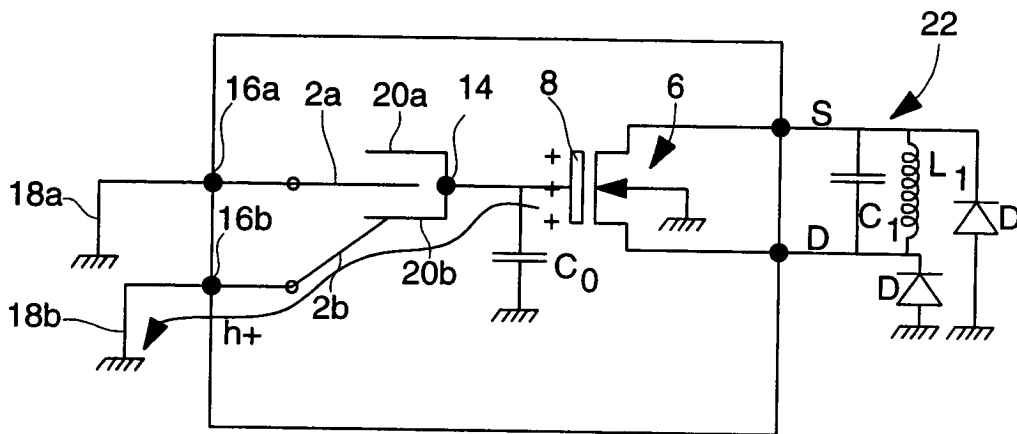


Fig.2G

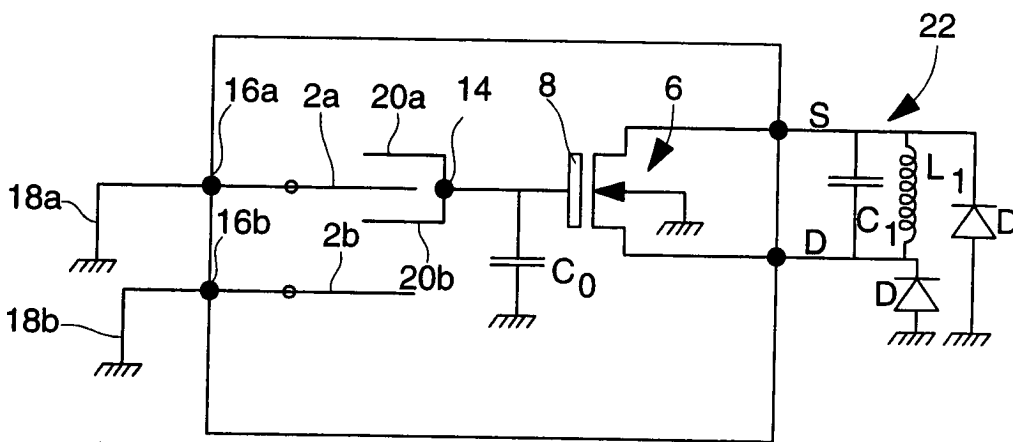
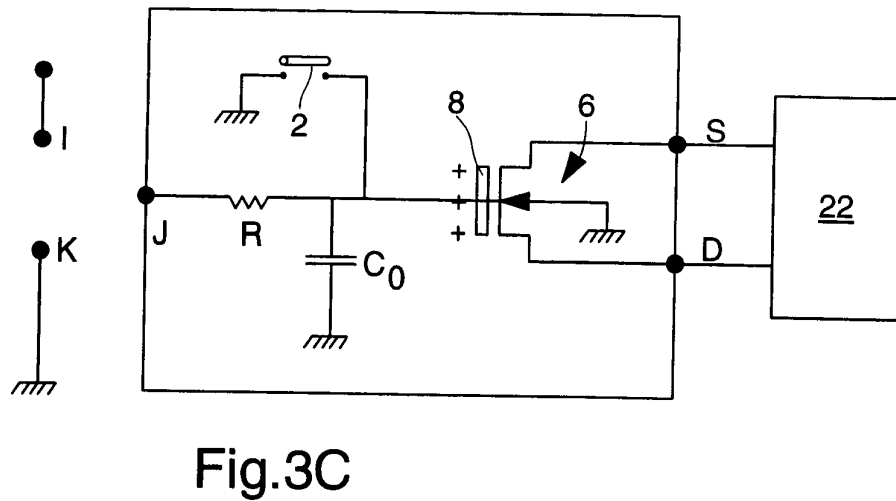
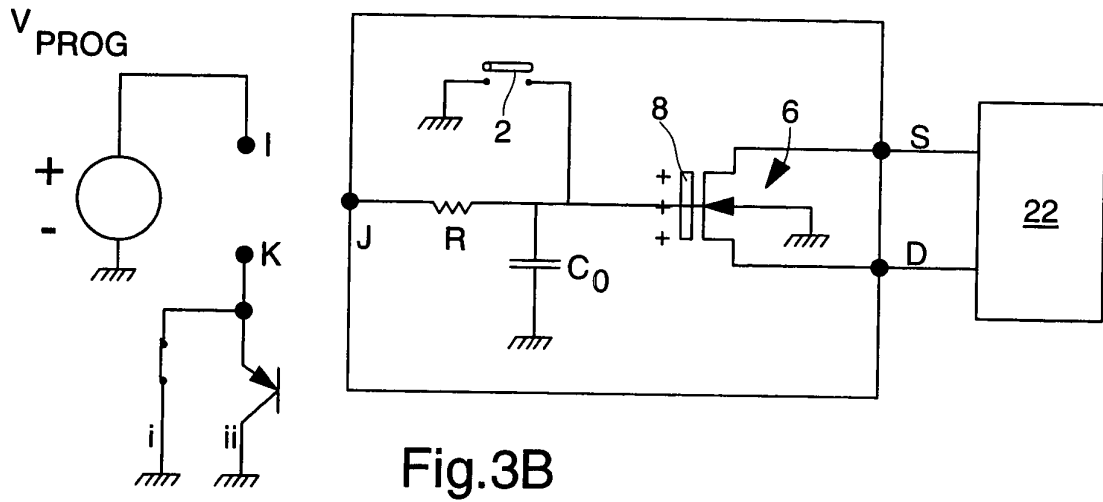
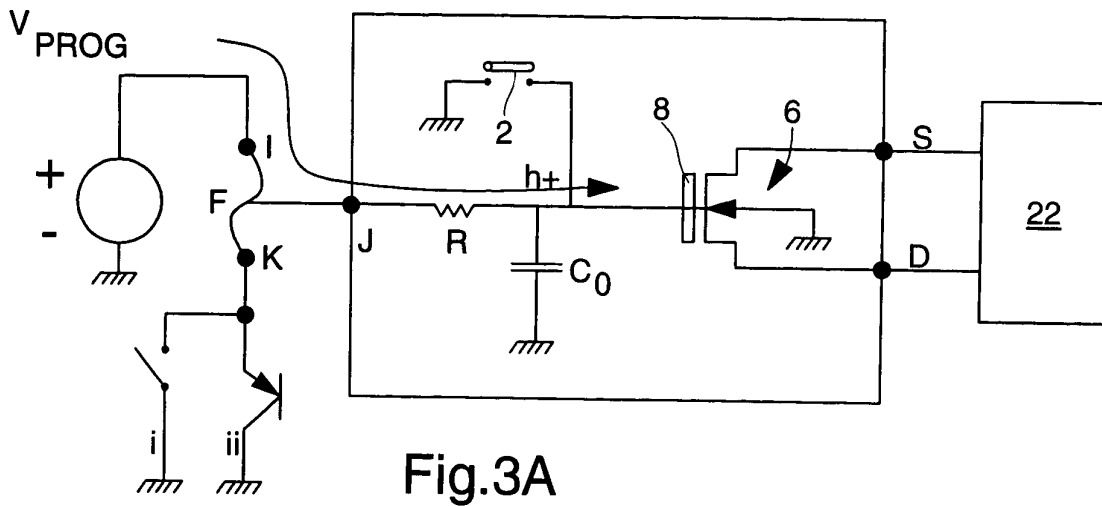


Fig.2H



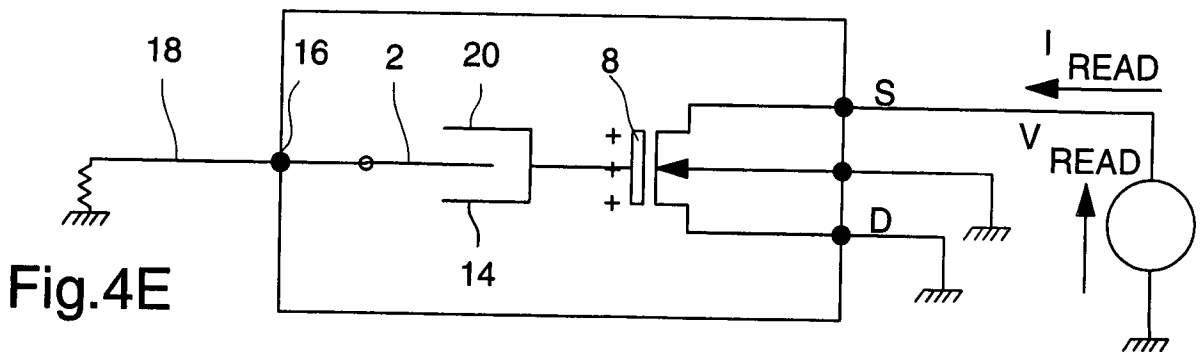
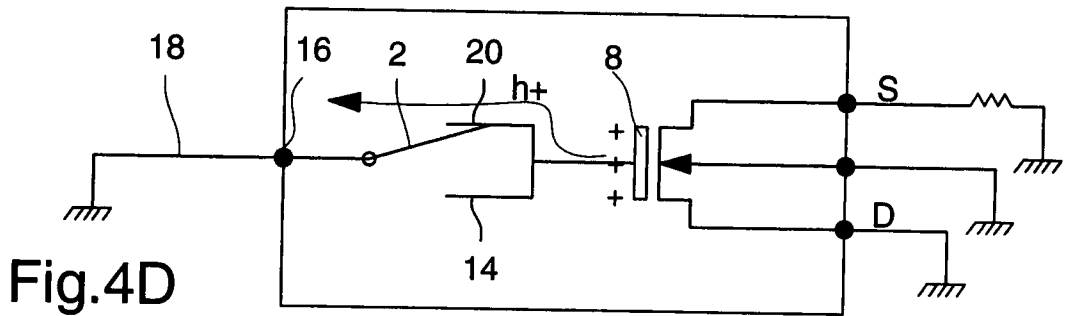
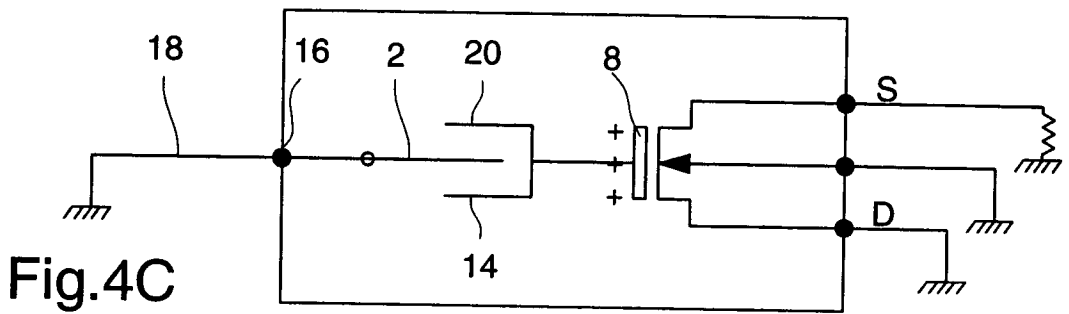
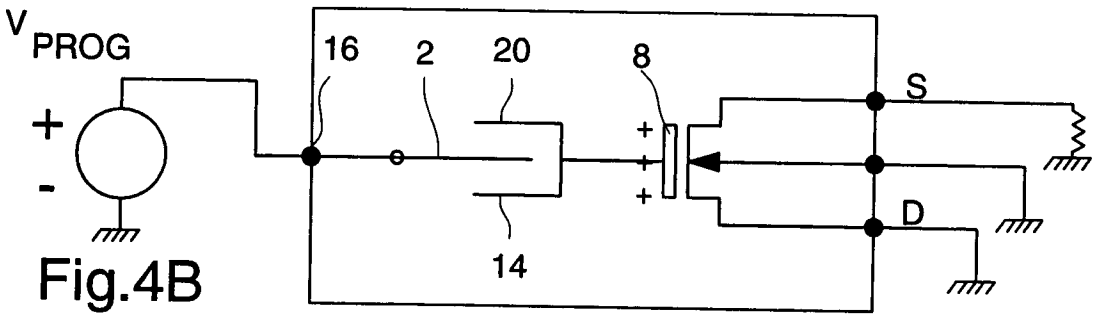
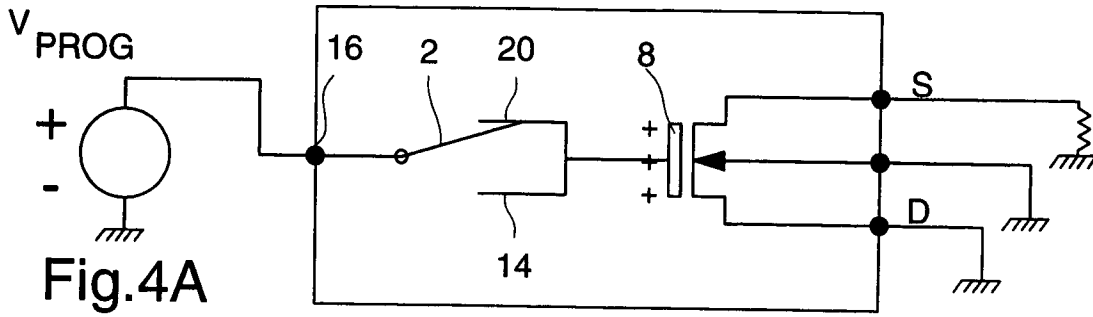


Fig.5A

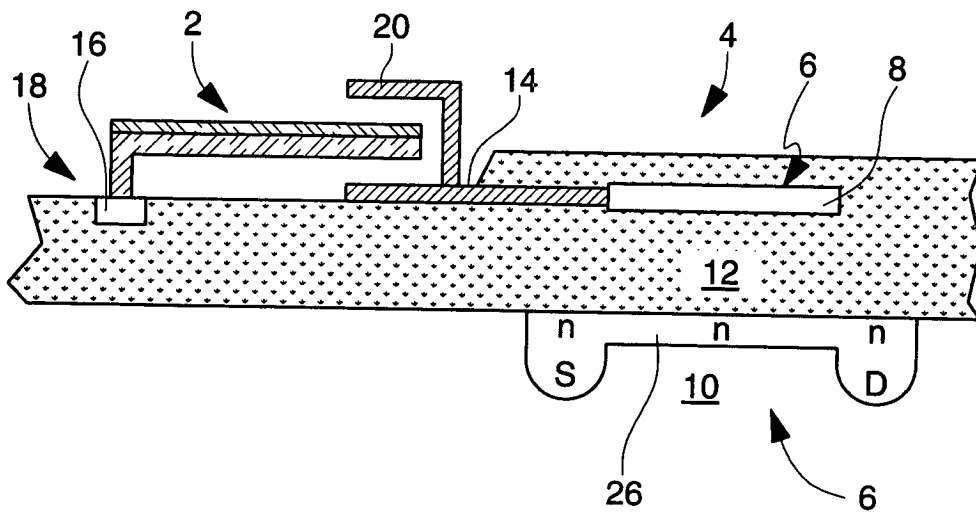
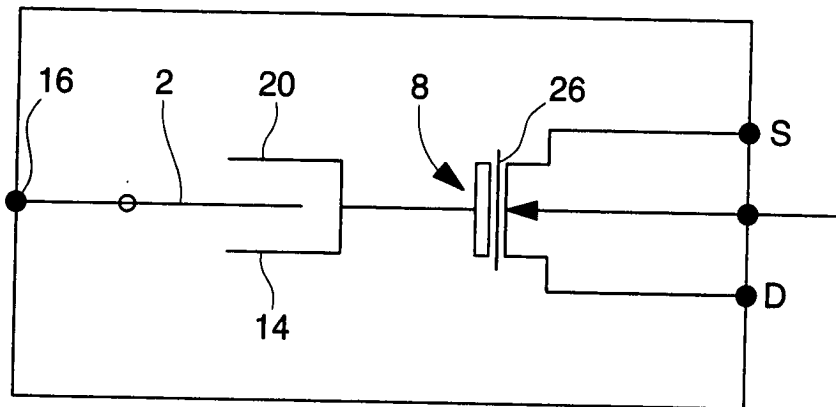


Fig.5B



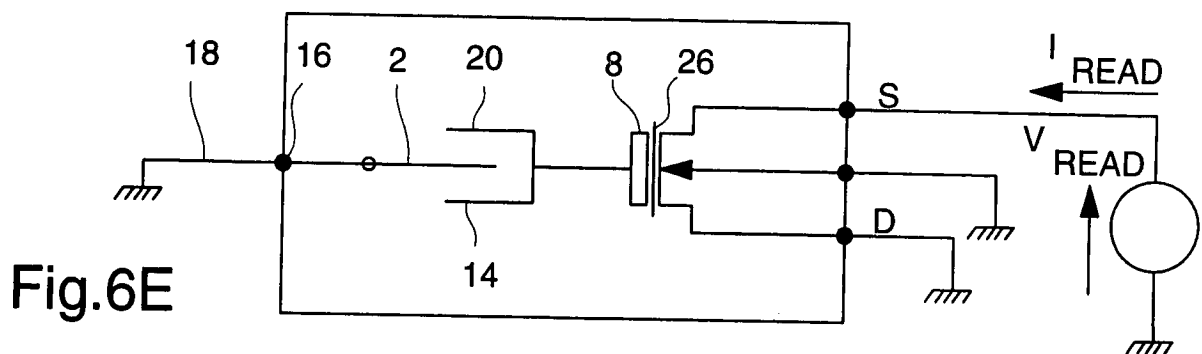
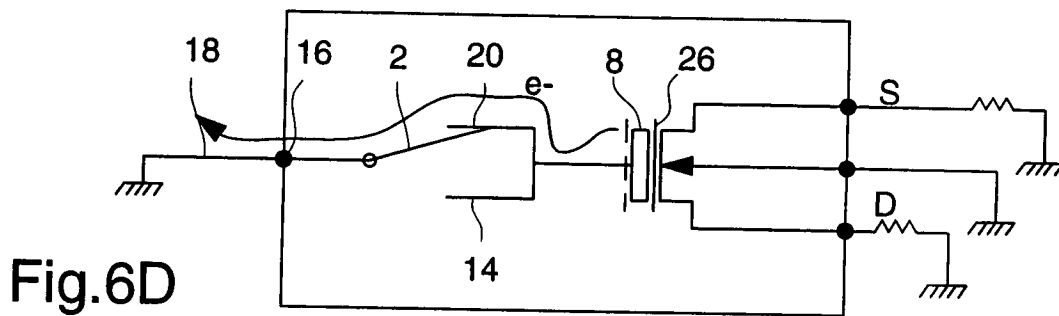
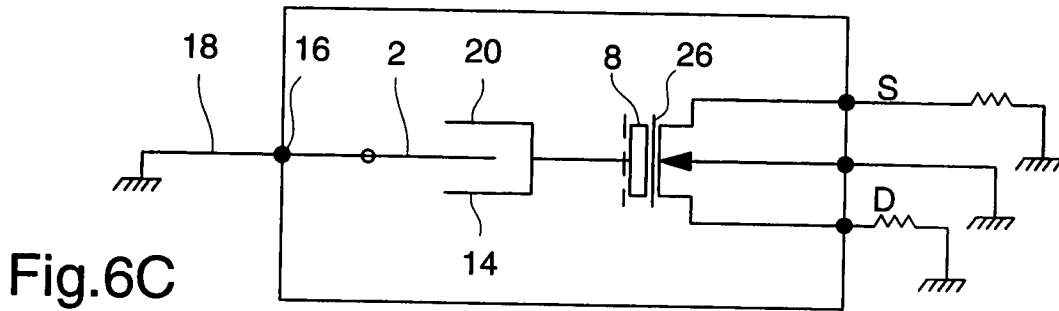
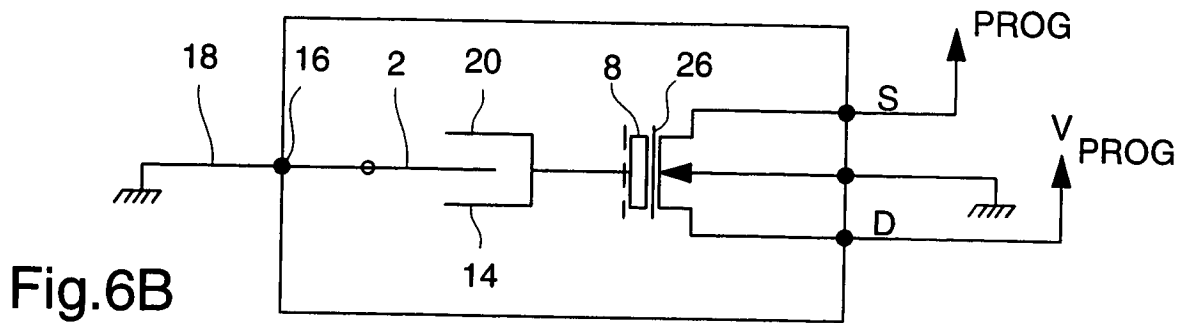
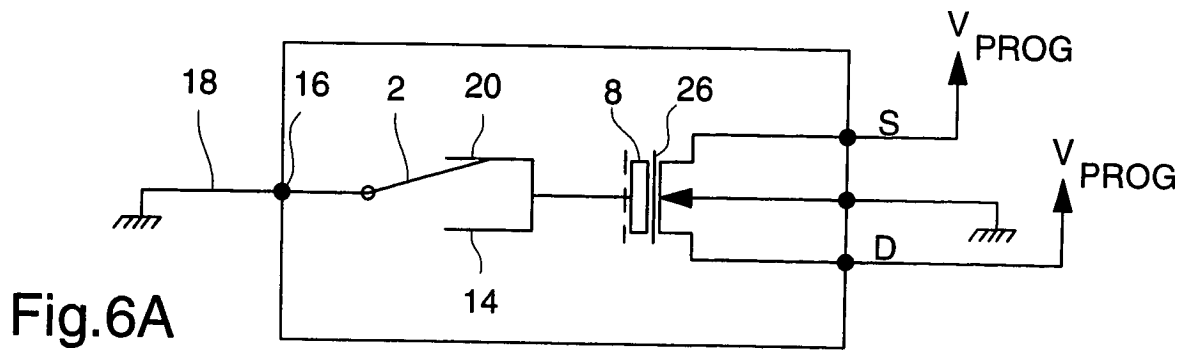


Fig.7A

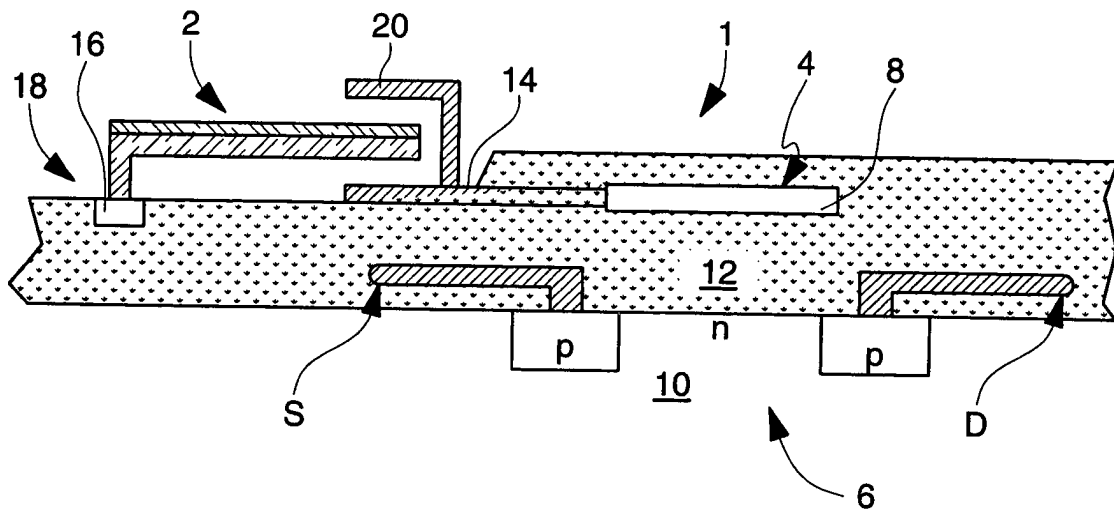
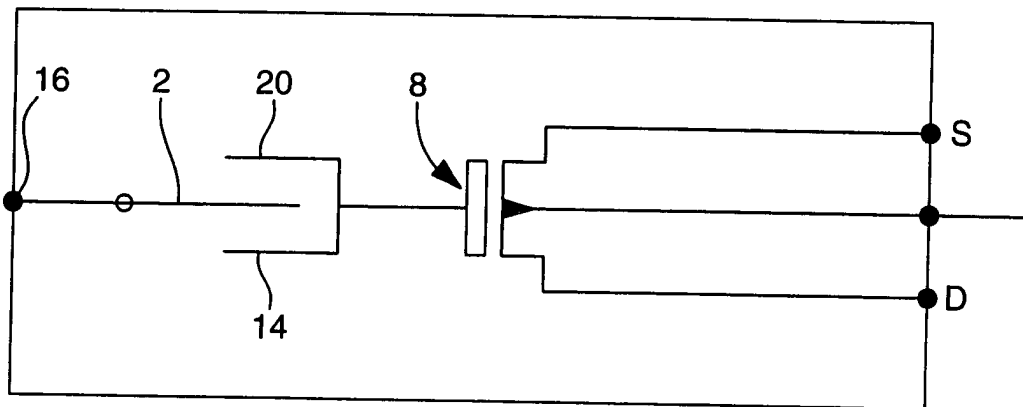


Fig.7B



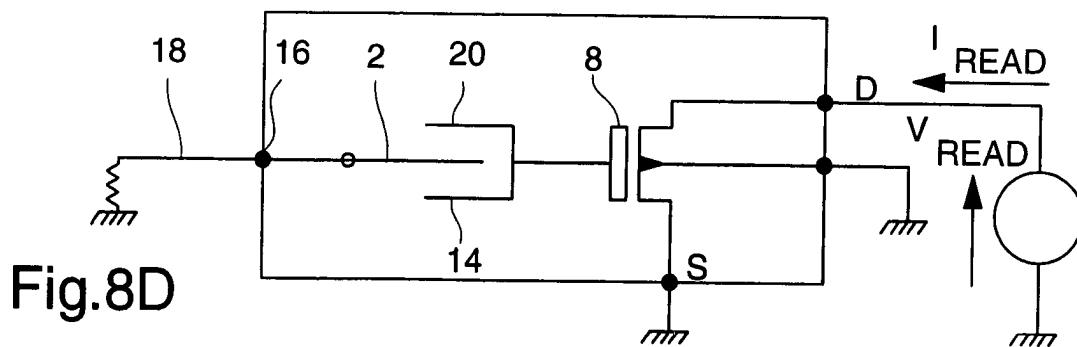
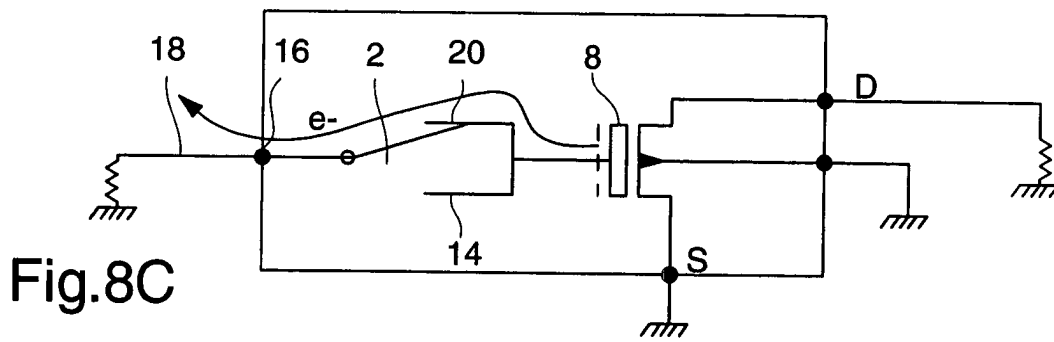
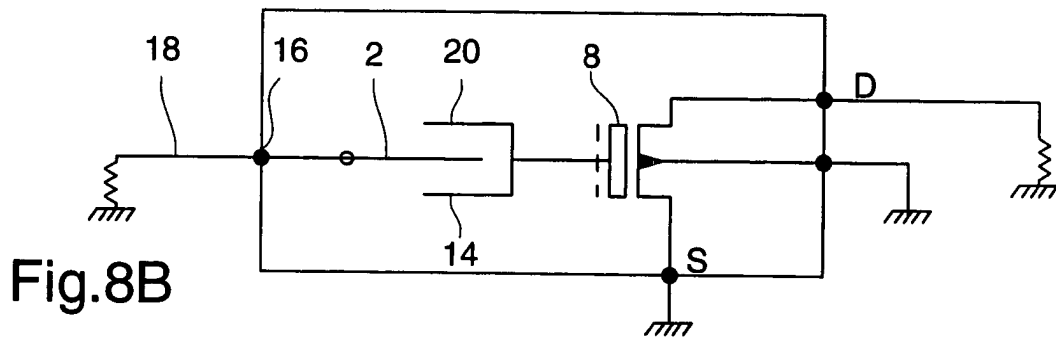
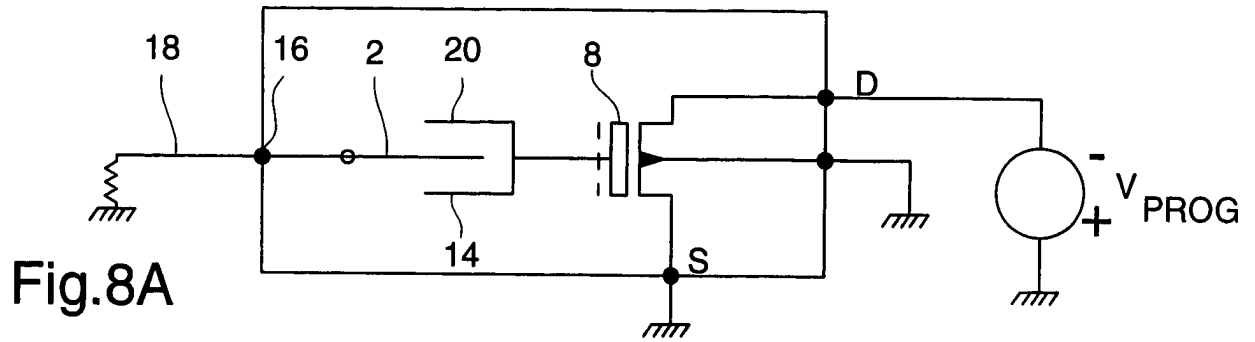


Fig.9A

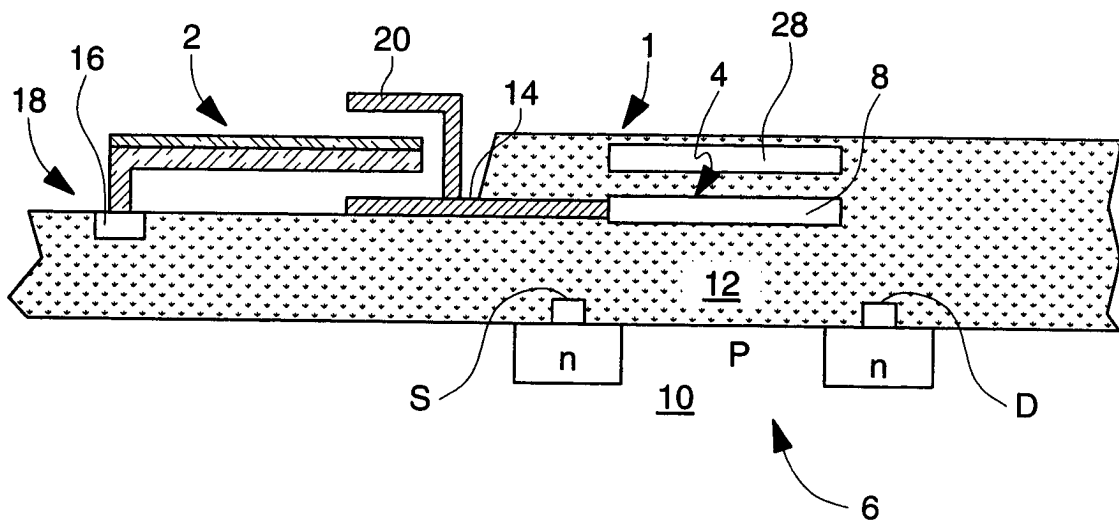
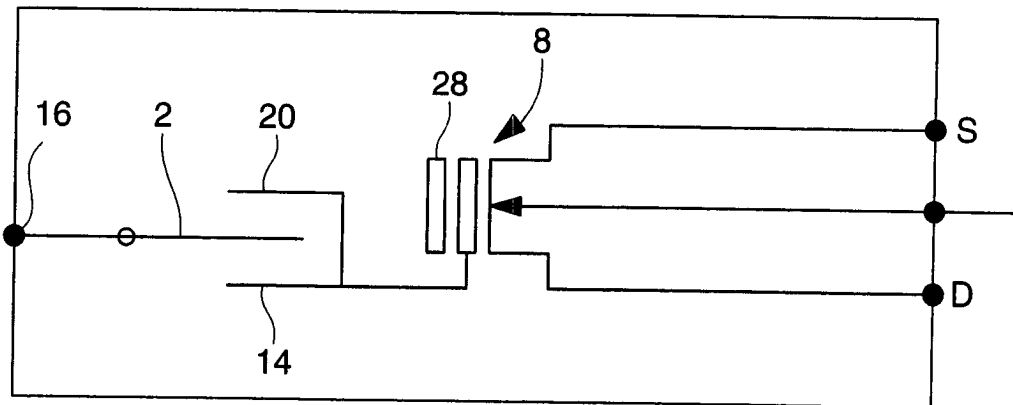


Fig.9B



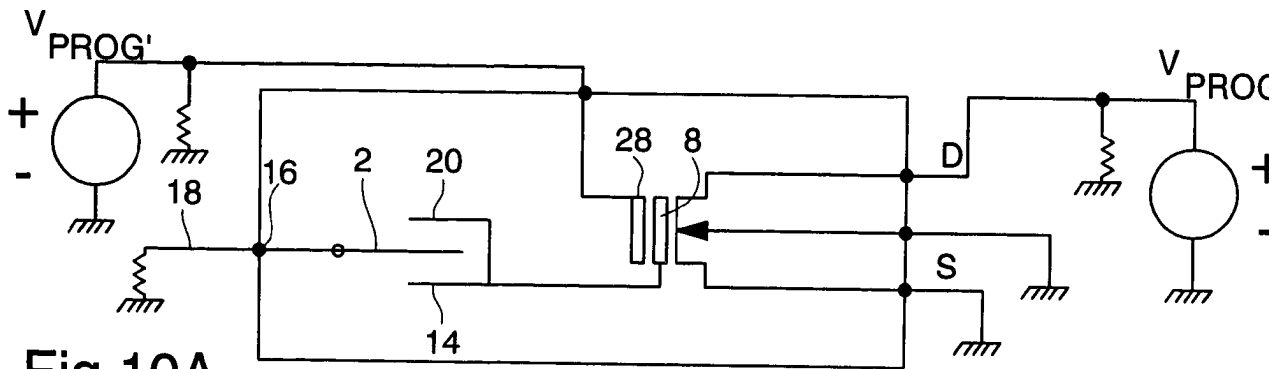


Fig.10A

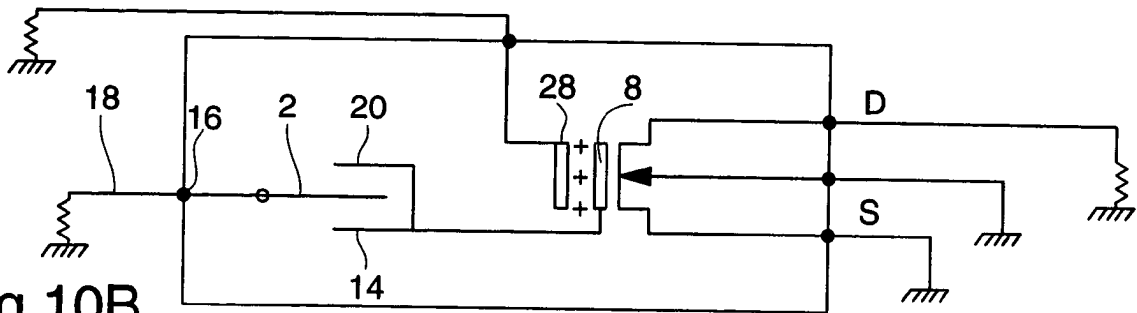


Fig.10B

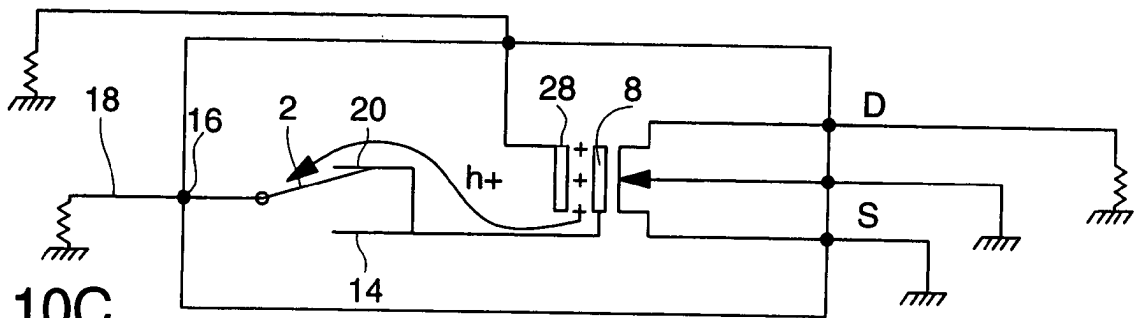


Fig.10C

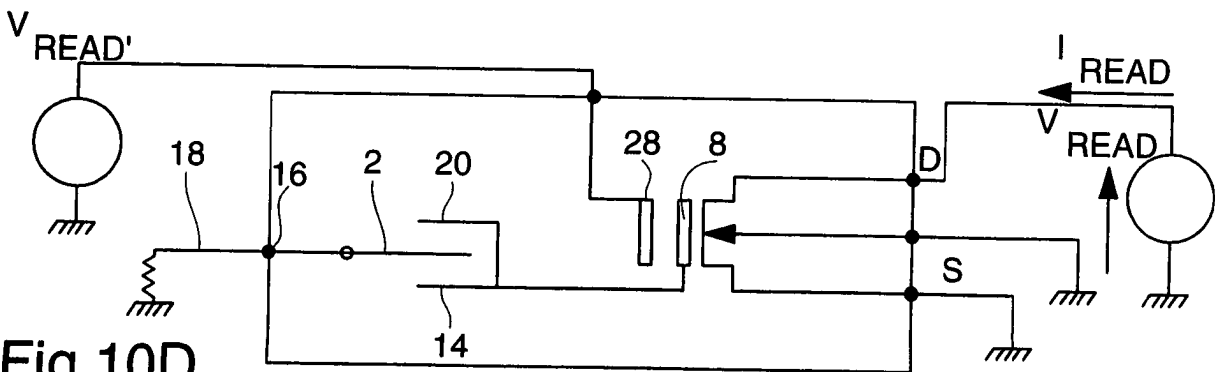


Fig.10D

Fig.11A

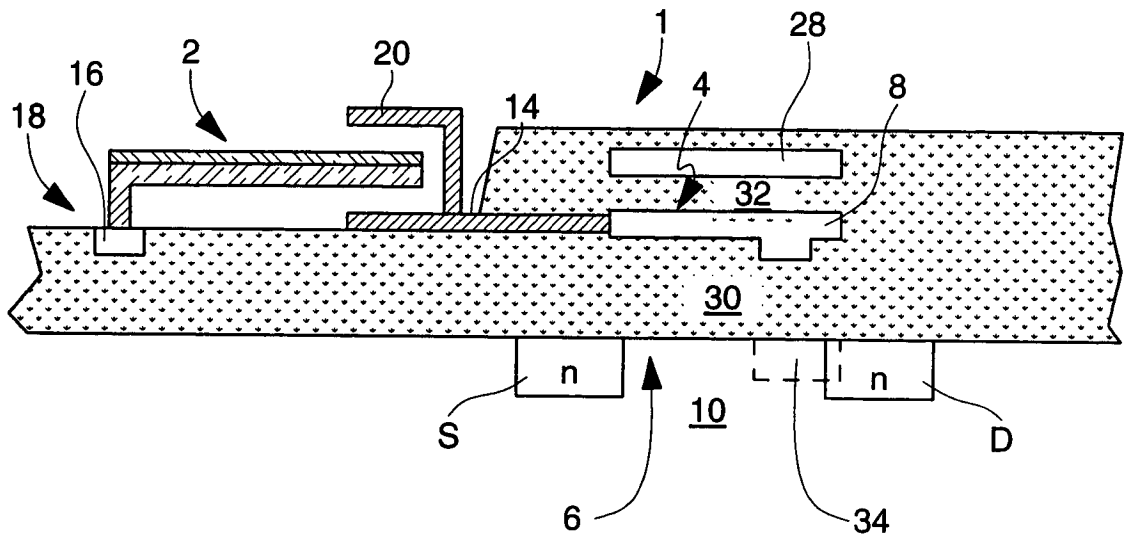
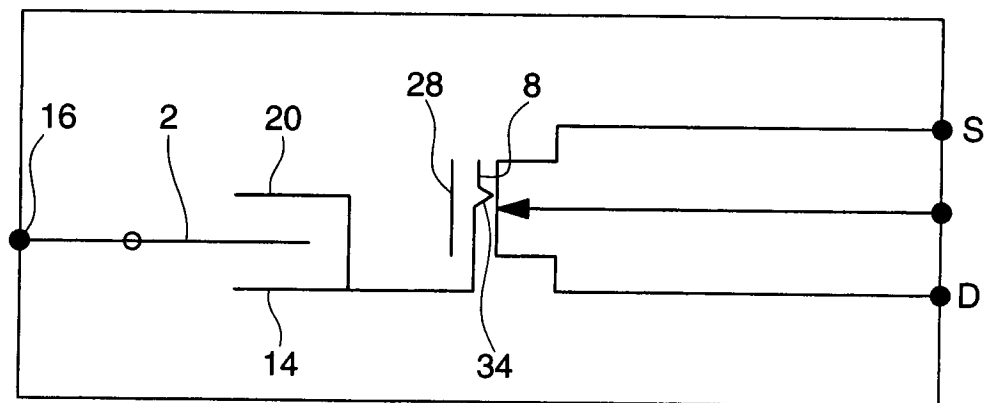


Fig.11B



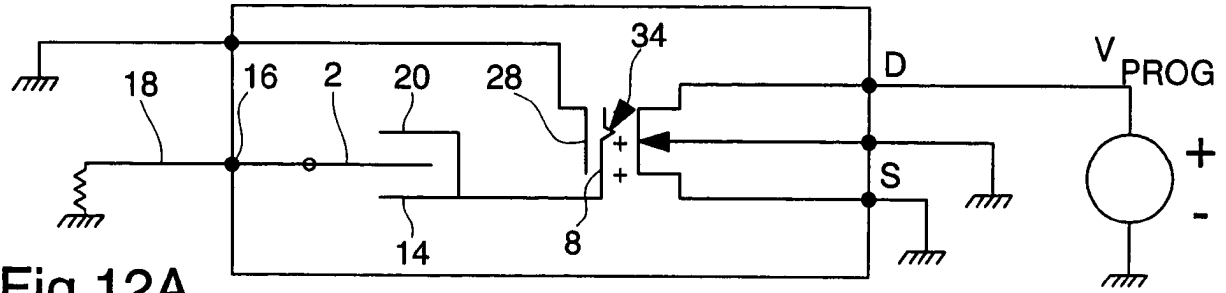


Fig.12A

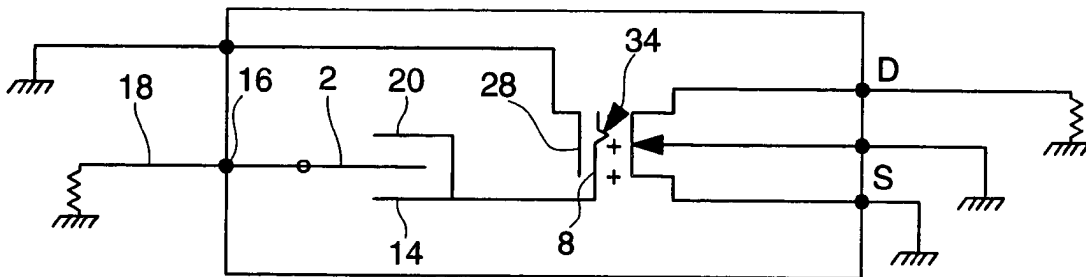


Fig.12B

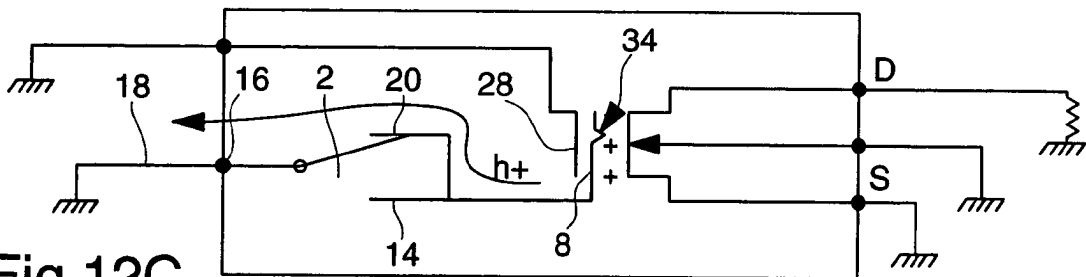


Fig.12C

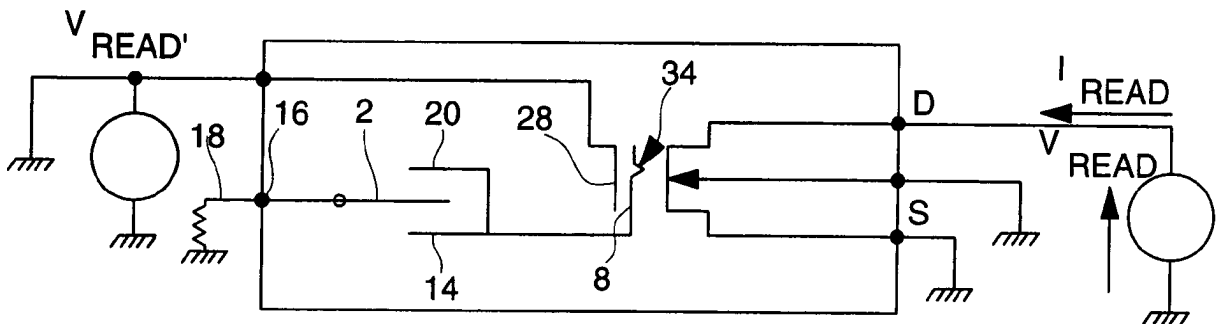


Fig.12D

Fig.13A

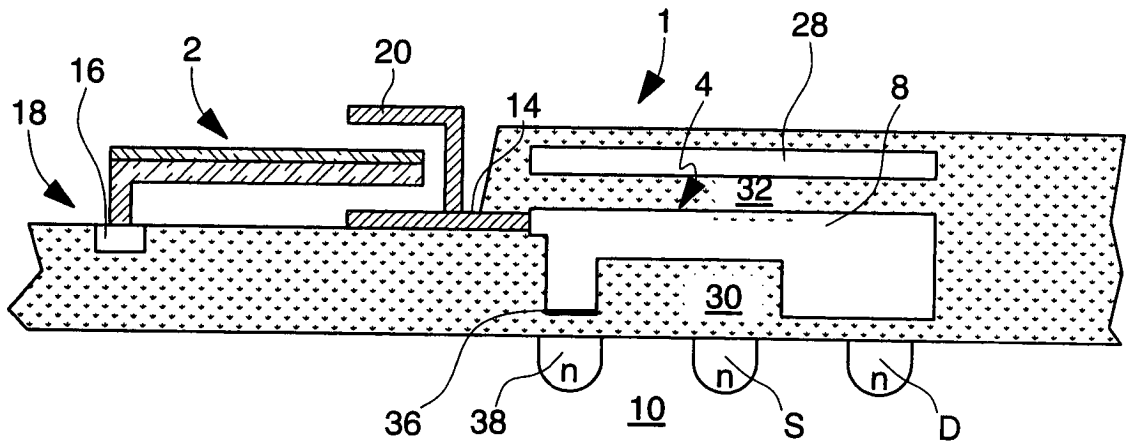
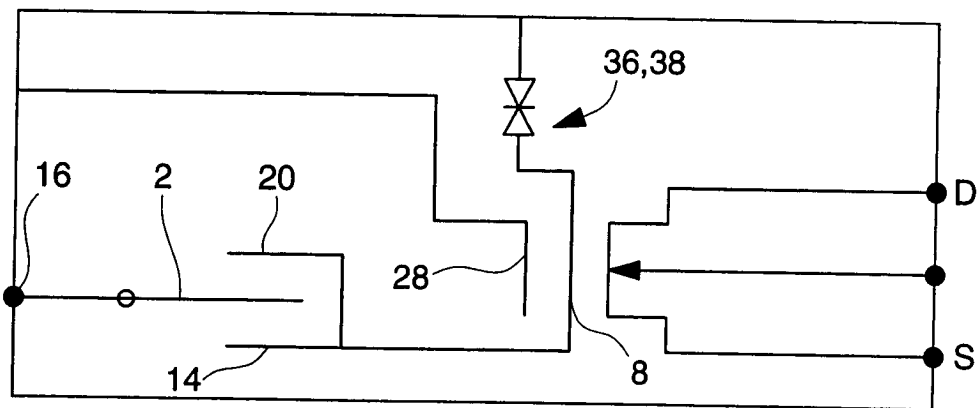


Fig.13B



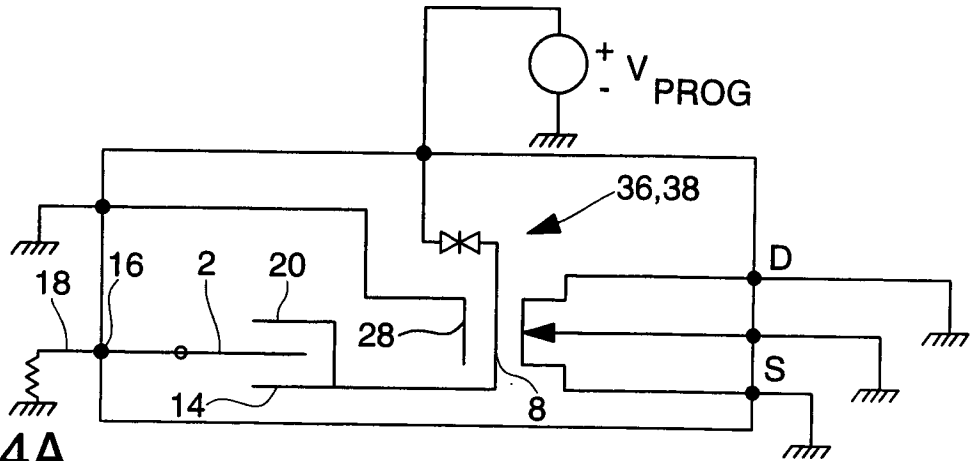


Fig.14A

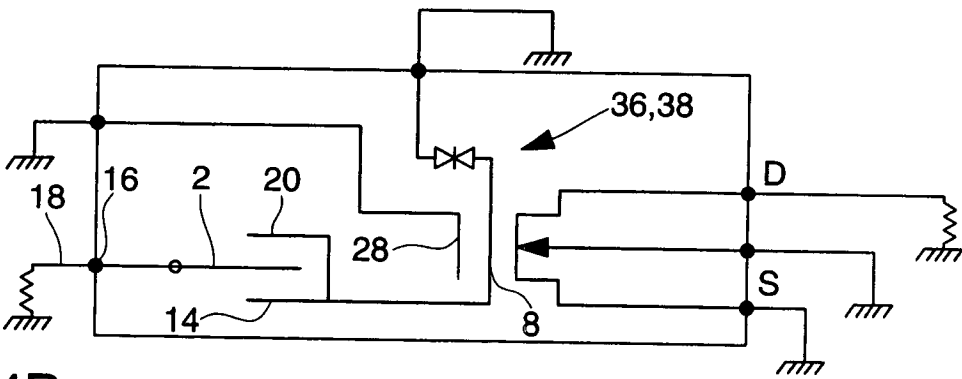


Fig.14B

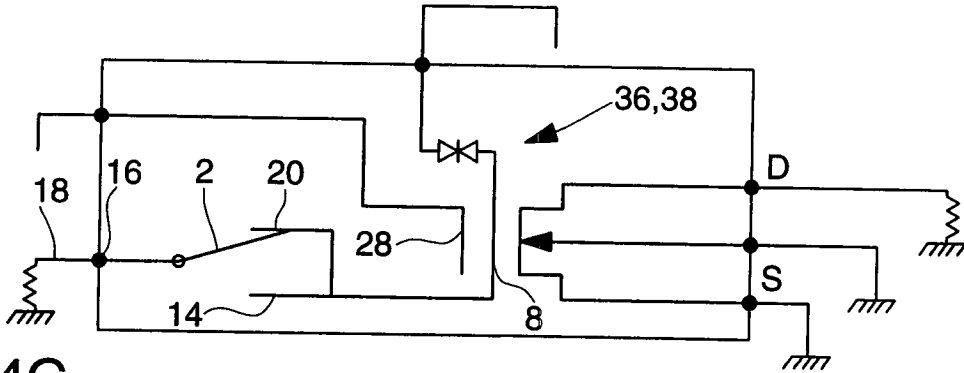


Fig.14C

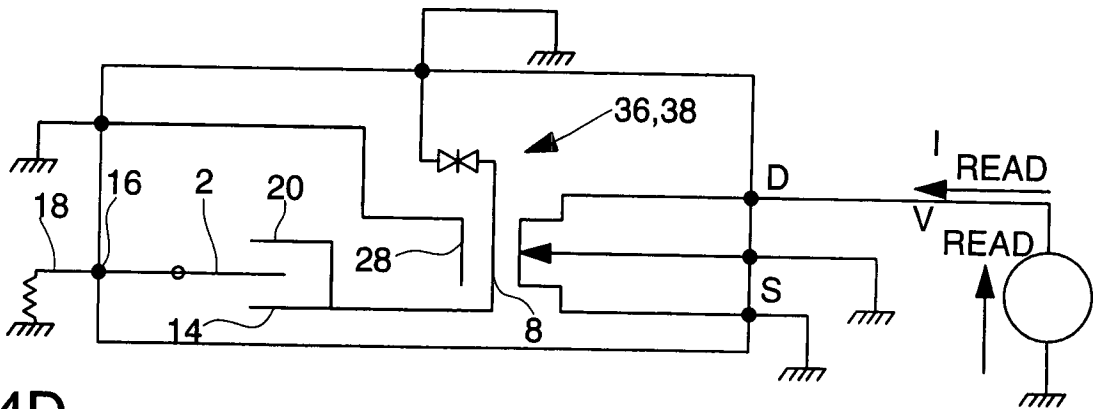


Fig.14D

Fig. 15

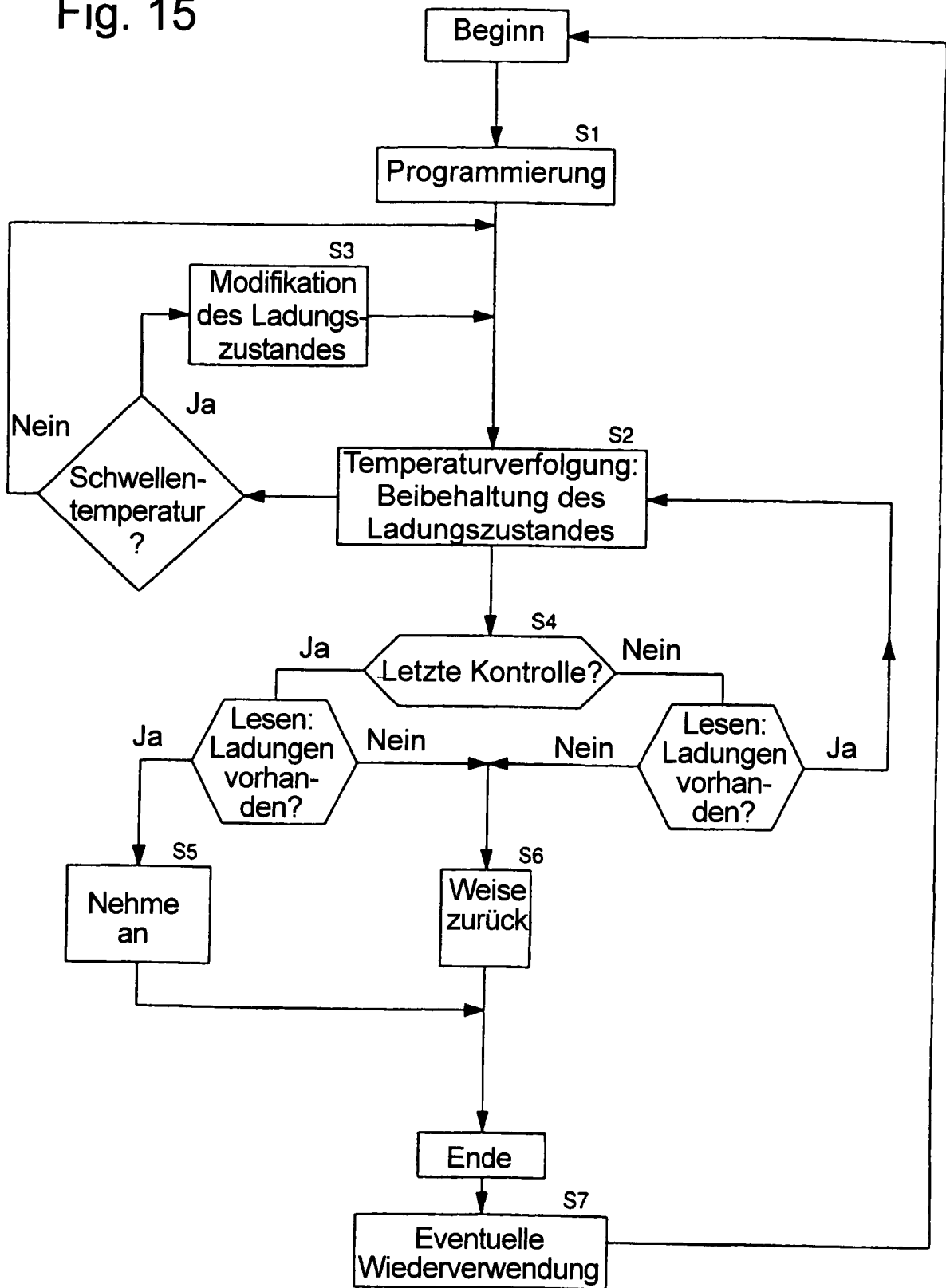


Fig.16

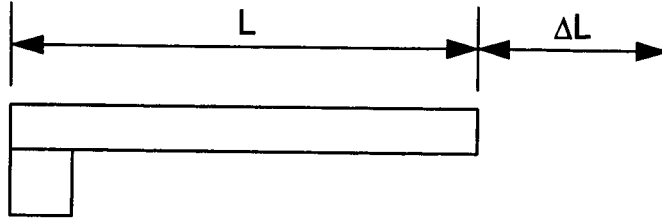


Fig.17

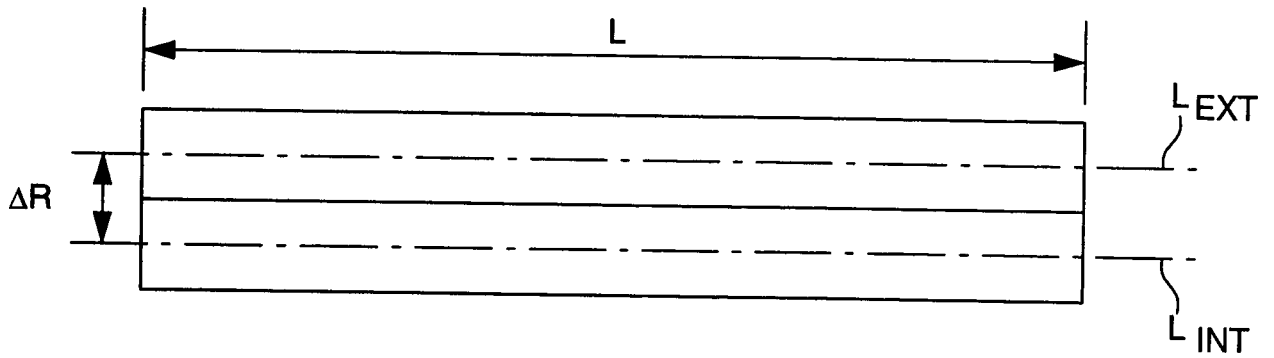


Fig.18

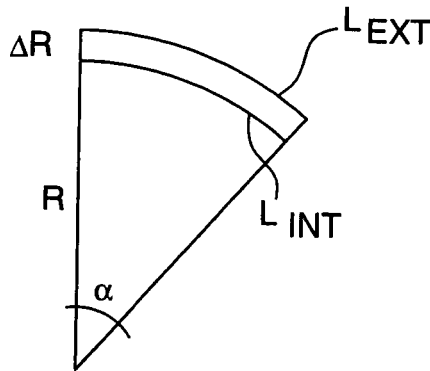


Fig.19

