



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪

**643 948**

⑳① Gesuchsnummer: 7733/79

⑳② Anmeldungsdatum: 24.08.1979

⑳③ Priorität(en): 24.08.1978 JP 53-102329  
06.02.1979 JP U/54-13424

⑳④ Patent erteilt: 29.06.1984

⑳⑤ Patentschrift veröffentlicht: 29.06.1984

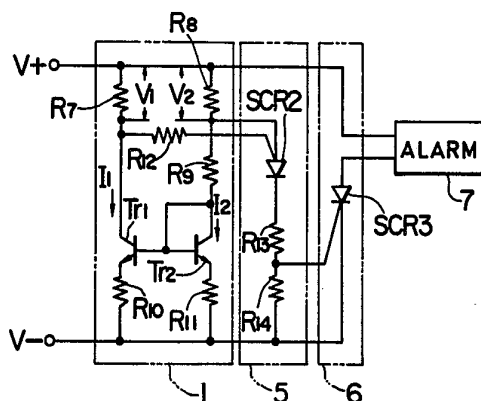
⑳⑦ Inhaber: Hochiki Corporation, Shinagawa-ku/Tokyo (JP)

⑳⑧ Erfinder: Yukio Yamauchi, Kawasaki-shi/Kanagawa (JP)

⑳⑨ Vertreter: Bovard AG, Bern 25

⑤④ **Auf Temperaturänderungen ansprechende Einrichtung.**

⑤⑦ Ein erster Transistor ( $Tr_2$ ) ist so geschaltet, dass er als Diode wirkt. Der Transistor ist an einen den Strom konstanthaltenden Stromkreis angeschlossen. Es ist ein zweiter Transistor ( $Tr_1$ ) vorhanden, der ähnliche elektrische Eigenschaften aufweist, wie der erste Transistor. Die Basis des zweiten Transistors ist mit der Basis und dem Kollektor des ersten Transistors direkt verbunden. Der Kollektorstrom der beiden Transistoren wird diesen je über einen Widerstand ( $R_7$ ;  $R_8$ ) zugeführt. Die beiden Transistoren sind so in einem Gehäuse angeordnet, dass der erste Transistor ( $Tr_2$ ) eine grössere thermische Zeitkonstante aufweist als der zweite Transistor ( $Tr_1$ ). Die an den beiden genannten Widerständen auftretenden Spannungen werden einem Komparator (5) zugeführt. Dieser erzeugt ein Ausgangssignal, wenn die Differenz zwischen den beiden genannten Spannungen einen Sollwert überschreitet. Dieses Ausgangssignal steuert einen Schaltstromkreis (6), welcher eine Alarmvorrichtung (7) betätigt. In der obenbeschriebenen Einrichtung wird der Effekt, dass der Spannungsabfall über dem pn-Übergang des ersten Transistors, durch den ein konstanter Strom fliesst, linear mit der Temperatur ändert, ausgenützt, um ein zuverlässiges temperaturabhängiges Ansprechen zu erhalten.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Auf Temperaturänderungen ansprechende Einrichtung, gekennzeichnet durch eine erste Halbleitervorrichtung mit einem als Diode geschaltetem Halbleiter ( $Tr_2$ ), der von einem Vorwärtsstrom bestimmter Grösse durchflossen ist, und eine zweite Halbleitervorrichtung mit einem Transistor ( $Tr_1$ ), welcher ähnliche elektrische Eigenschaften wie der Halbleiter aufweist, wobei ein Anschluss des Halbleiters mit der Basis des Transistors verbunden ist und das Ansprechen der Einrichtung auf eine Temperaturdifferenz zwischen dem Halbleiter und dem Transistor durch Feststellen der Änderung des Kollektorstromes des Transistors erfolgt.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der genannte Halbleiter ein als Diode geschalteter weiterer Transistor ( $Tr_2$ ) ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Anode des Halbleiters ( $Tr_2$ ) mit der Basis des Transistors ( $Tr_1$ ) verbunden ist.

4. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode des Halbleiters mit der Basis des Transistors ( $Tr_1$ ) verbunden ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet, durch einen einen konstanten Strom abgebenden Stromkreis (8), der in Reihe zur ersten Halbleitervorrichtung ( $Tr_2$ ) geschaltet ist.

6. Einrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen eine Spannungsquelle (V) mit einem der Anschlüsse der ersten Halbleitervorrichtung ( $Tr_2$ ) verbindenden ersten Widerstand (R8) und einen die genannte Spannungsquelle mit dem Emitter des Transistors ( $Tr_1$ ) verbindenden zweiten Widerstand (R10), wobei die Werte des ersten Widerstandes und des zweiten Widerstandes etwa gleich gross sind.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Produkt aus dem Wert des ersten oder zweiten Widerstandes mal den Vorwärtsstrom durch den Halbleiter ( $Tr_2$ ) den Wert  $0,06 \text{ Ohm} \cdot A$  übersteigt.

8. Einrichtung nach den Ansprüchen 2 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Produkt aus dem Wert des ersten oder zweiten Widerstandes mal den Kollektorstrom des weiteren Transistors ( $Tr_2$ ) den Wert  $0,06 \text{ Ohm} \cdot A$  übersteigt.

9. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Widerstand (R8) zwischen der Anode des Halbleiters und der Spannungsquelle angeschlossen ist.

10. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Widerstand (R8) zwischen der Kathode des Halbleiters und der Spannungsquelle angeschlossen ist.

11. Einrichtung nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen eine Spannungsquelle (V) und den Emitter des weiteren Transistors ( $Tr_2$ ) verbindenden ersten Widerstand (R11) und einen die Spannungsquelle mit dem Kollektor des erstgenannten Transistors ( $Tr_1$ ) verbindenden zweiten Widerstand (R7), wobei die Werte des ersten Widerstandes und des zweiten Widerstandes etwa gleich gross sind.

12. Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Produkt aus dem Wert des ersten oder zweiten Widerstandes mal den Kollektorstrom des weiteren Transistors ( $Tr_2$ ) den Wert  $0,06 \text{ Ohm} \cdot A$  übersteigt.

13. Einrichtung nach Anspruch 6 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Vergleichsstromkreis (5) mit einem einen PN-Übergang aufweisenden Schaltelement (SCR2) vorhanden ist, und dass der Vergleichsstromkreis so ausgebildet ist, dass er ein Ausgangssignal erzeugt, wenn die Differenz zwischen dem Strom durch den Halbleiter ( $Tr_2$ ) und dem Kollektorstrom des Transistors ( $Tr_1$ ) der zweiten Halbleitervorrichtung einen Sollwert übersteigt.

14. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Strom durch den Halbleiter der Kollektorstrom eines bzw. des weiteren Transistors ( $Tr_2$ ) ist.

15. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Strom durch den Halbleiter der Vorwärtsstrom durch den als Diode geschalteten Halbleiter ist.

16. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Zeitkonstante des genannten Halbleiters ( $Tr_2$ ) von derjenigen des Transistors ( $Tr_1$ ) der zweiten Halbleitervorrichtung abweicht.

17. Einrichtung nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch Mittel zum Ändern des Wertes des ersten Widerstandes oder des zweiten Widerstandes, so dass sich der Kollektorstrom des Transistors ( $Tr_1$ ) der zweiten Halbleitervorrichtung ändert.

18. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Zeitkonstante der ersten Halbleitervorrichtung von derjenigen des Transistors ( $Tr_1$ ) der zweiten Halbleitervorrichtung abweicht.

19. Einrichtung nach einen der Ansprüche 11, 12, 14 oder 15, gekennzeichnet durch Mittel zum Ändern des Wertes des ersten Widerstandes oder des zweiten Widerstandes, so dass sich der Kollektorstrom des Transistors der zweiten Halbleitervorrichtung ändert.

20. Einrichtung nach einem der Ansprüche 11, 12, 14 oder 15, gekennzeichnet durch Mittel zum Ändern des Wertes des ersten oder zweiten Widerstandes, so dass sich der Kollektorstrom des weiteren Transistors ( $Tr_2$ ) ändert.

21. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Halbleitervorrichtung einen zweiten Transistor ( $Tr_3$ ) enthält, dass der zweite Transistor ähnliche elektrische Eigenschaften wie der Transistor ( $Tr_1$ ) der zweiten Halbleitervorrichtung und eine andere thermische Zeitkonstante als der Transistor ( $Tr_1$ ) der zweiten Halbleitervorrichtung aufweist, dass die Basis des zweiten Transistors ( $Tr_3$ ) mit der Basis des Transistors ( $Tr_1$ ) der zweiten Halbleitervorrichtung verbunden ist und dass Mittel ( $S'$ , R15, R15') zum Feststellen der durch Temperaturveränderung bedingten Differenz zwischen dem Kollektorstrom des zweiten Transistors ( $Tr_3$ ) und dem Kollektorstrom des Transistors ( $Tr_1$ ) der zweiten Halbleitervorrichtung vorhanden sind.

22. Einrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass der genannte Halbleiter ein als Diode geschalteter weiterer Transistor ( $Tr_2$ ), und dass die Basis des weiteren Transistors mit der Basis des Transistors ( $Tr_1$ ) der zweiten Halbleitervorrichtung und der Basis des zweiten Transistors ( $Tr_3$ ) verbunden ist.

23. Einrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode oder die Anode des genannten Halbleiters mit der Basis des Transistors ( $Tr_1$ ) der zweiten Halbleitervorrichtung und der Basis des zweiten Transistors ( $Tr_3$ ) verbunden ist.

Die Erfindung betrifft eine auf Temperaturänderungen ansprechende Einrichtung.

Solche Einrichtungen werden im Allgemeinen in elektronischen Feuermeldern verwendet. Es ist bekannt, dass der am P-N-Übergang einer Halbleiterdiode auftretende Spannungsabfall in der Durchlassrichtung (nachstehend Vorwärtsspannung genannt) über einen weiteren Temperaturbereich linear ändert, wenn der Strom in der Durchlassrichtung (nachstehend Vorwärtsstrom genannt) konstant gehalten wird. Deshalb kann eine Halbleiterdiode als Temperaturfühlelement mit stabilen und zuverlässigen Eigenschaften verwendet werden. Die Fig. 1 zeigt eine graphische Darstellung eines Beispiels einer typischen Vorwärtsspannungseigenschaft einer Halbleiterdiode in Abhängigkeit der Temperatur.

Verschiedene von bekannten auf Temperaturänderungen ansprechende Einrichtungen nützen derartige Eigenschaften von Halbleiterdioden aus. Ein Rückblick auf diese bekannten Einrichtungen erleichtert das Verständnis des Zieles und der Vorteile der erfindungsgemässen Einrichtung.

Die Fig. 2 zeigt das Blockschema einer bekannten auf Temperaturänderungen ansprechenden Einrichtung. Ein Sensorstromkreis 1 umfasst eine Diode D<sub>1</sub> und einen Widerstand R<sub>1</sub>, welcher den Vorwärtsstrom, der durch den Sensorstromkreis 1 fließt, bestimmt. Ein Bezugsspannungsstromkreis 2 enthält einen Widerstand R<sub>2</sub>, variable Widerstände VR<sub>1</sub> und VR<sub>2</sub>, sowie eine Z-Diode VZ<sub>1</sub>. Der Bezugsspannungsstromkreis 2 erzeugt zwei Arten von Bezugsspannungen V<sub>1</sub> und V<sub>2</sub>. Die Bezugsspannung V<sub>1</sub> weicht weniger ab von der Vorwärtsspannung V<sub>o</sub> der Diode D<sub>1</sub> des Sensorstromkreises 1 als die Bezugsspannung V<sub>2</sub>. Ein Verstärkerstromkreis 3 umfasst einen Verstärker A<sub>1</sub> und zwei Widerstände R<sub>3</sub> und R<sub>4</sub>. Er verstärkt die zwischen der Ausgangsspannung V<sub>o</sub> des Sensorstromkreises 1 und der Ausgangsspannung V<sub>1</sub> des Bezugsspannungsstromkreises 2 auftretende Spannungsdifferenz. Ein Differenzierstromkreis 4 enthält einen Kondensator C<sub>1</sub> und einen Widerstand R<sub>5</sub> und erzeugt eine zur Änderungsgeschwindigkeit der Ausgangsspannung des Verstärkerstromkreises 3 proportionale Ausgangsspannung.

Ein einen Verstärker A<sub>2</sub> enthaltender Komparator 5 vergleicht die Ausgangsspannung des Differenzierstromkreises 4 mit der Bezugsspannung V<sub>2</sub>, die vom Bezugsspannungsstromkreis 2 erzeugt wird. Der Komparator 5 erzeugt eine Ausgangsspannung, wenn die Ausgangsspannung des Differenzierstromkreises 4 grösser wird als die Bezugsspannung V<sub>2</sub>. Ein Schaltstromkreis 6 enthält einen Thyristor SCR<sub>1</sub> und zwei Widerstände R<sub>6</sub> und R<sub>7</sub>. Der Thyristor SCR<sub>1</sub> wird in Abhängigkeit der Ausgangsspannung des Komparators 5 leitend und erregt eine Alarmvorrichtung 7. Die graphische Darstellung der Temperatur- und Spannungsverläufe sowie Betriebszustände ist aus der Fig. 3 ersichtlich.

Eine auf Temperaturänderungen ansprechende Einrichtung der oben beschriebenen und in der Fig. 2 dargestellten Art besitzt einige Nachteile, die in direktem Zusammenhang mit den Eigenschaften der Halbleiterdiode stehen. Die durch Temperaturänderungen hervorgerufene Geschwindigkeit der Spannungsänderungen der Sensordiode ist gewöhnlich sehr klein im Vergleich mit der Vorwärtsspannung der Diode. Es ist daher unbedingt erforderlich, eine genaue Referenzspannung vorzusehen, die nicht durch Temperaturänderungen beeinflusst wird. Um die Differenz zwischen der Bezugsspannung und der Vorwärtsspannung der Sensordiode einwandfrei feststellen zu können. Eine Bezugsspannung, die nicht durch Temperaturänderungen beeinflusst wird, kann erreicht werden, wenn beispielsweise ein sehr teurer Stromkreis zur Erzeugung der Bezugsspannung verwendet wird.

Weil die Vorwärtsspannung von einer Halbleiterdiode zur anderen in gewissen Grenzen unterschiedlich ist, müssen diese Änderungen durch Mittel zum Einstellen der Bezugsspannung in jeder Einrichtung kompensiert werden. Dies erfordert zusätzlich eine Eichung jeder Einrichtung, wodurch die Installation und die Verwendung unnötig kompliziert ist. Ein weiteres Problem ist die Notwendigkeit eines auf die Änderungsgeschwindigkeit ansprechenden Stromkreises, d.h. eines Differenzierungsstromkreises, um die Geschwindigkeit der Temperaturänderung festzustellen, nämlich die Temperaturanstiegsgeschwindigkeit. Es ist allgemein bekannt, dass der Differenzierungsstromkreis eine Zeitkonstante von wenigstens einigen Minuten aufweisen muss, um wirksam Feuer feststellen zu können. Zur Realisierung solch langer Zeitkonstanten ist es notwendig, Kondensatoren und Widerstände mit grossen Werten zu benützen. Wenn der Differenzierungsstromkreis eine so grosse Zeitkonstante aufweist, so ist die

Einrichtung nach dem Einschalten derselben erst nach Ablauf der langen Zeitkonstante des Differenzierungsstromkreises betriebsbereit. Dies bedeutet, dass die Einrichtung nicht sofort nach deren Einschalten ihre Funktion als Temperaturüberwacher ausführen kann, was ausgerechnet für eine Einrichtung zum Feststellen von Feuer sehr unangenehm ist.

Weiter sind Temperatursensoren zum Feststellen von Feuer oder des Auftretens von extremer Hitze bekannt, bei denen die absolute Temperatur festgestellt wird. Ein solches Gerät ist in der US-Patentschrift 4 071 813 beschrieben. Bei dieser bekannten Ausführung wird die Differenz zwischen den Basis-Emitterspannungen von ausgesuchten Transistoren benützt um eine zur absoluten Temperatur direkt proportionale Ausgangsspannung zu erzeugen. Die beiden Transistoren werden mit unterschiedlichen Stromdichten betrieben und auf der gleichen Temperatur gehalten. Eine derartige Technik erfordert ganz generell genaues Anpassen der Stromkreiselemente und eine präzise Justierung. Dies ist insbesondere erforderlich, wenn die Einrichtung eine streng lineare Ausgangsspannung abgeben soll, die direkt zur Anzeige auf einer Skala benützt wird.

Im Gegensatz dazu soll die erfindungsgemässe Einrichtung keine solche präzisen Einstellungen und kein Transistorpaar erfordern, welche Transistoren mit der gleichen Stromdichte arbeiten, wenn sie den gleichen Temperaturen ausgesetzt sind.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung eine verbesserte auf Temperaturänderung ansprechende Einrichtung zu schaffen, in welcher der P-N-Übergang eines Halbleiters als Sensordiode genützt wird. Darüber hinaus soll der Aufbau vereinfacht und die Herstellungskosten gesenkt werden.

Die Einrichtung soll zuverlässiger als die bisher bekannten Einrichtungen dieser Art sein.

Die erfindungsgemässe Einrichtung ist durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angeführten Merkmale gekennzeichnet.

Der Erfindungsgegenstand ist nachstehend mit Bezugnahme auf die Zeichnungen beispielsweise näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Die graphische Darstellung der Vorwärtsspannungseigenschaften einer Halbleiterdiode in Abhängigkeit der Temperatur,

Fig. 2. Das Blockschema einer bekannten auf Temperaturänderungen ansprechenden Einrichtung,

Fig. 3. Die graphische Darstellung von Betriebszuständen der Einrichtung gemäss der Fig. 2,

Fig. 4. Ein Blockschema eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Einrichtung,

Fig. 5 Einen Querschnitt durch eine auf Wärme ansprechende Einrichtung, in welcher Minipressform-Transistoren an verschiedenen Stellen verwendet werden,

Fig. 6. Die perspektivische Darstellung einer Ausführungsform eines Wärmekollektors,

Fig. 7. Die schaubildliche Darstellung eines Minipressform-Transistors,

Fig. 8. Die schaubildliche Darstellung des Minipressform-Transistors und eines Transistorhalters,

Fig. 9. Eine auf Wärme ansprechende Einrichtung bei welcher ein Transistor normaler Grösse anstelle eines Minipressform-Transistors verwendet wird,

Fig. 10. Die graphische Darstellung von Betriebszuständen der Einrichtung gemäss der Fig. 4,

Fig. 11. Das Blockschema eines weiteren Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Einrichtung,

Fig. 12a und 12b Anschlussschemas eines Transistors, die die Basis-Emitter-Spannungen I und II veranschaulichen,

Fig. 13. Das Schaltschema einer modifizierten Ausführung der Einrichtung gemäss der Fig. 11,

Fig. 14a. Die schematische Darstellung eines Thyristors, Fig. 14b. Die Ersatzschaltung des Thyristors gemäss der Fig. 14a,

Fig. 15. Die graphische Darstellung der Durchbruchspannungseigenschaften eines Thyristors und

Fig. 16. Das Schaltschema eines weiteren Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Einrichtung.

Die Fig. 4 zeigt das Schaltschema eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Einrichtung. Ein Sensorstromkreis 1 umfasst zwei Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  mit ähnlichen elektrischen Eigenschaften und zur selben Zeit unterschiedliche thermische Zeitkonstanten sowie fünf Widerstände  $R_7, R_8, R_9, R_{10}$  und  $R_{11}$ . Es wird nachstehend angenommen, dass die thermische Zeitkonstante des Transistors  $Tr_2$  so ausgewählt ist, dass die thermische Zeitkonstante desselben grösser ist als jene des Transistors  $Tr_1$ . Der Kollektor und die Basis des Transistors  $Tr_2$  sind miteinander verbunden, so dass der Transistor  $Tr_2$  wie eine Diode wirkt. Ein Komparator 5 enthält einen N-Tor-Thyristor  $SCR_2$  und drei Widerstände  $R_{12}, R_{13}$  und  $R_{14}$ . Der Komparator 5 erzeugt ein Ausgangssignal, wenn die Differenz zwischen den beiden Ausgangssignalen des Sensorstromkreises 1, einen Sollwert überschreiten. Die beiden Ausgangssignale des Sensorstromkreises 1 sind die an den Widerständen  $R_7$  und  $R_8$  auftretenden Spannungsabfälle. Ein Schaltstromkreis 6 enthält einen Thyristor  $SCR_3$ , der auf die Ausgangsspannung des Komparators 5 anspricht und eine Alarmvorrichtung 7 einschaltet, die daraufhin ein Alarmsignal erzeugen.

Die Fig. 5-9 haben Bezug auf Einrichtungen zum Erhalten der zwei Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  mit ähnlichen elektrischen Eigenschaften aber unterschiedlichen thermischen Zeitkonstanten.

Die Fig. 5 zeigt einen Querschnitt durch eine auf Wärme ansprechende Vorrichtung, wobei Minipressform-Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  an verschiedenen Stellen angeordnet sind, der Transistor  $Tr_1$  eine thermische Zeitkonstante von weniger als einer Minute und der Transistor  $Tr_2$  eine thermische Zeitkonstante von wenigen Minuten bis 10 Minuten aufweist. Die thermische Zeitkonstante des Transistors  $Tr_2$  ist durch seine Lage auf einer Leiterplatte 16 bezüglich der Lage des Transistors  $Tr_1$  bestimmt. Insbesondere, wenn gewünscht wird, dass die thermische Zeitkonstante des Transistors  $Tr_2$  nur einige Minuten ist, so wird der Transistor  $Tr_2$  in der Nachbarschaft des Transistors  $Tr_1$  angeordnet. Wenn der Transistor  $Tr_2$  so, wie in der Fig. 5 dargestellt, auf der Leiterplatte 16 angeordnet ist, dann besitzt der Transistor  $Tr_2$  eine thermische Zeitkonstante von etwa 10 Minuten.

Es sei bemerkt, dass ein Wärmekollektor 20 und ein Schutzrohr 18 aus einem Material mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit und einem kleinen spezifischen Gewicht, wie Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, hergestellt sind. Wenn eine gute Korrosionsbeständigkeit notwendig ist, so kann rostfreier Stahl oder Titan verwendet werden. Das Gehäuse ist aus Kunststoff hergestellt.

Die Fig. 6 zeigt die perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels des Wärmekollektors 20 und die Fig. 7 zeigt die perspektivische Darstellung eines Minipressform-Transistors 24. Aus der Fig. 8 ist die Anordnung des Minipressform-Transistors 24 und eines Transistorhalters 18 ersichtlich. Die Fig. 9 zeigt einen Querschnitt durch eine auf Wärme ansprechende Vorrichtung, bei welcher der Transistor  $Tr_1$  ein Transistor normaler Grösse anstelle des obengenannten Minipressform-Transistors ist.

Gemäss der Fig. 5 ist der Minipressform-Transistor  $Tr_2$  in einem Gehäuse 10 angeordnet, das wie obenerwähnt aus Kunststoff hergestellt ist. Das Gehäuse 10 ist mit einem metallischen Schutzrohr 12 durch ein Klebemittel 14 verbunden. Innerhalb des Schutzrohres ist die Leiterplatte 16 angeordnet,

auf welcher der Transistorhalter 18 mit dem Minipressform-Transistor  $Tr_1$  befestigt ist. Der in der Fig. 6 gezeigte Wärmekollektor 20 ist scheibenförmig und besitzt eine zentrale Öffnung, durch die sich das geschlossene Ende des Schutzrohres 12 erstreckt.

Minipressform-Transistoren sind allgemein bekannt und ein Ausführungsbeispiel ist in der Fig. 7 und die Verbindung des Minipressform-Transistors mit dem Transistorhalter 18 ist in der Fig. 8 dargestellt. Der Minipressform-Transistor ist eine Halbleitervorrichtung mit 3 Anschlüssen 21, 22 und 23, die auf der Aussenseite eines Gehäuses 24 aus Kunststoff angeordnet sind. Der Transistorchip 26 ist innerhalb des Gehäuses 24 untergebracht und über die Anschlussdrähte 28 mit den vorangehend genannten Anschlüssen verbunden. Der Transistor kann entweder ein npn- oder ein pnp-Typ sein. Der Minipressform-Transistor  $Tr_1$  ist auf einem keramischen Transistorhalter 18 mit 3 Anschlussstellen 21', 22' und 23' angeordnet, welche Anschlüsse den Anschlüssen 21, 22 und 23 des Minipressform-Transistors entsprechen. Von den genannten Anschlussstellen erstrecken sich Anschlussdrähte nach aussen, welche zum Verbinden mit der Leiterplatte 16 bestimmt sind.

Anstelle des Minipressform-Transistors kann auch ein gewöhnlicher Transistor verwendet werden. Dies ist in der Fig. 9 dargestellt, wobei dieselben Elemente wie bei der Ausführung gemäss der Fig. 5 mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. Lediglich die Anordnung des Wärmekollektors 20 ist unterschiedlich und an den gewöhnlichen Transistor  $Tr_1$  angepasst.

Nachstehend ist die Arbeitsweise des Sensorstromkreises beschrieben.

Wenn zwei Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  mit identischen Eigenschaften gleichen Bedingungen ausgesetzt werden und der Kollektorstrom der Transistoren mit  $I_1$  und  $I_2$  bezeichnet wird, so kann die Differenz zwischen den Basis-Emitter Spannungen  $V_{BE1}$  und  $V_{BE2}$ , d.h. die Vorwärtsspannung des PN-Überganges jedes Transistors mit der nachfolgenden Gleichung angegeben werden.

$$V_{BE2} - V_{BE1} = \frac{kT}{q} \ln \left( \frac{I_2}{I_1} \right) \quad (1)$$

Wobei  $k$  die Boltzmannsche Konstante,  $T$  die absolute Temperatur und  $q$  die Elektronenladung ist. Die Gleichung (1) kann aus der folgenden allgemeinen Gleichung abgeleitet werden, welche durch die elektrischen Eigenschaften eines PN-Überganges einer Diode gegeben ist.

$$I = I_s \left( e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right) \quad (2)$$

Wobei  $I_s$  der Umkehrsättigungsstrom eines PN-Überganges und  $V$  die am PN-Übergang gemessene Spannung ist. In dem Sensorstromkreis 1 gilt die folgende Beziehung

$$V_{BE1} + I_1 \cdot R_{10} = V_{BE2} + I_2 \cdot R_{11} \quad (3)$$

Wenn angenommen wird, dass die Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  identische Eigenschaften und den gleichen Verstärkungsfaktor aufweisen, dass die Speisespannung  $E$  ( $V_+$ ,  $V_-$ ) genügend gross und die Bedingung, dass die Summe der Widerstände  $R_8 + R_9$  viel grösser ist als der Widerstand  $R_{11}$ , erfüllt ist, und dass weiter der Strom  $I_2$  durch die Beziehung  $I_2 = E/(R_8 + R_9)$  gegeben ist und wenn die Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  die gleiche Temperatur aufweisen, so kann die folgende Beziehung aus der Gleichung (1) hergeleitet werden.

$$\ln \left( \frac{I_2}{I_1} \right) = \frac{q}{kT} (I_1 \cdot R_{10} - I_2 \cdot R_{11}) \quad (4)$$

Wenn in der Gleichung (4) der Widerstand  $R_{10}$  gleich dem Widerstand  $R_{11}$  ist, so gilt

$$I_1 = I_2 = \frac{E}{R_8 + R_9} \quad (5)$$

Die Gleichung (5) setzt voraus, dass die beiden Ströme  $I_1$  und  $I_2$  identisch und unabhängig von der Temperatur konstant sind. Es sei nun angenommen, dass die Temperatur des Transistors  $Tr_1$  um einen gewissen Wert  $\Delta T$  (Grad) höher ist als die Temperatur des Transistors  $Tr_2$ . In diesem Fall kann die Änderung der Basis-Emitterspannung  $V_{BE1}$  des Transistors  $Tr_1$  durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden.

$$\Delta V_{BE1} = V_{BE1}(T) \Delta T + V_{BE1}(I_1) \Delta I_1 = C \Delta T + \frac{kT}{q} \cdot \frac{\Delta I_1}{I_2} \quad (6)$$

Wobei  $T$  die Temperatur des Transistors  $Tr_2$  und die Temperaturdifferenz zwischen den Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  sehr gering ist und nur die Basis-Emitterspannung  $V_{BE1}$  des Transistors  $Tr_1$  ändert. Es sei weiter angenommen, dass die Kollektorströme  $I_1$  und  $I_2$  der Transistoren  $Tr_1$   $Tr_2$  von den Veränderungen derselben abhängig sind, wobei  $I_2 = I_{10}$  und  $I_1 = I_{10} + \Delta I_1$ . Wenn andererseits die rechte Seite der Gleichung (3) konstant ist, so ergibt sich die folgende Gleichung

$$\Delta V_{BE1} + \Delta I_1 \cdot R_{10} = 0 \quad (7)$$

Daraus folgt, dass die folgende Beziehung zwischen  $\Delta T$  und  $\Delta I_1$  aus den beiden Gleichungen (6) und (7) durch Eliminierung der Basis-Emitterspannung  $V_{BE1}$  abgeleitet werden kann.

$$\Delta I_1 = \frac{C \Delta T}{A} = A \cdot \Delta T \quad (8)$$

$$R_{10} \left( \frac{kT}{I_2 R_{10} q} + 1 \right)$$

Wobei  $A$  ein Koeffizient ist, der die Änderungsgeschwindigkeit des Kollektorstromes  $I_1$  des Transistors  $Tr_1$  pro Einheit der Temperaturänderung angibt, wenn eine gewisse Temperaturdifferenz zwischen den beiden Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  vorhanden ist. Die temperaturabhängige Eigenschaft des Koeffizienten  $A$  basiert auf dem ersten Term des Nenners, der kleiner wird, wenn die Temperatur ansteigt. Wenn  $I_2$  ( $= I_{10}$ ) und  $R_{10}$  ( $= R_{11}$ ) so ausgewählt sind, dass das Produkt von  $I_2$  und  $R_{10}$  ( $I_2 \times R_{10}$ ) innerhalb annehmbaren Grenzen liegt, so kann die Temperaturabhängigkeit im wesentlichen vernachlässigbar klein sein innerhalb des für die praktische Anwendung der Einrichtung vorgesehenen Temperaturbereiches, zum Beispiel für Feuermelder, von  $0^\circ\text{C}$ – $100^\circ\text{C}$  oder  $273^\circ\text{K}$ – $373^\circ\text{K}$ . Die Temperaturabhängigkeit kann wie nachstehend beschrieben noch mehr verkleinert werden, durch Auswahl der Werte des Widerstandes  $R_{10}$  und des Stromes  $I_2$  um die Temperaturabhängigkeit des im Komparator 5 verwendeten Sensorelements zu kompensieren.

In der Gleichung (8) sind  $K$  und  $q$  physikalische Konstanten und haben den Wert von  $1,38054 \times 10^{-23}$  ( $\text{j} \cdot \text{K}^{-1}$ ) und  $1,60210 \times 10^{-19}$  (c). Der Wert des Widerstandes  $R_{10}$  ist  $5 \text{ k}\Omega$ , der Strom  $I_2$  ( $= I_{10}$ ) beträgt  $15 \mu\text{A}$  und das Produkt ( $R_{10} \cdot I_2$ ) ist  $0,075$  und der Wert des Koeffizienten  $A$  beträgt etwa  $0,92$  bei  $100^\circ\text{C}$  ( $373^\circ\text{K}$ ), wenn der Koeffizient  $A$  bei einer Temperatur von  $0^\circ\text{C}$  ( $273^\circ\text{K}$ ) als Einheit angenommen wird. Wenn der Wert des Produktes ( $R_{10} \cdot I_2$ )  $0,06$  betragen soll, so ist der Wert des Koeffizienten  $A$  bei  $100^\circ\text{C}$  ( $373^\circ\text{K}$ )  $0,9$ . Dies bedeutet, dass wenn der Wert des Produktes ( $R_{10} \cdot I_2$ ) so gewählt ist, dass es grösser als  $0,06$  ( $R_{10} \cdot I_2$ )  $> 0,06$  ist, so ist der temperaturbedingte Fehler kleiner als  $10\%$  über dem Temperaturbereich von  $0^\circ\text{C}$  ( $273^\circ\text{K}$ ) bis  $100^\circ\text{C}$  ( $373^\circ\text{K}$ ). Mit diesem

Fehlerwert von  $10\%$  können die Anforderungen für einen Feuermelder zufriedenstellend erfüllt werden.

Die Arbeitsweise der in der Fig. 4 dargestellten Einrichtung ist nachstehend im einzelnen beschrieben. Es sei angenommen, dass der Widerstand  $R_7$  den gleichen Wert wie der Widerstand  $R_8$  und ebenso der Widerstand  $R_{10}$  den gleichen Wert wie der Widerstand  $R_{11}$  aufweist, d.h.  $R_7 = R_8$  und  $R_{10} = R_{11}$ . Wenn die Temperatur des Transistors  $Tr_1$  und die Temperatur des Transistors  $Tr_2$  gleich sind, so sind die Kollektorströme  $I_1$  und  $I_2$  identisch und werden unabhängig von der Temperatur konstant gehalten, wie dies aus der Gleichung (5) ersichtlich ist. Weil die Widerstände  $R_7$  und  $R_8$  gleich sind, so ist jeder Spannungsabfall  $V_1$  und  $V_2$  über den Widerständen  $R_7$  und  $R_8$  gleich gross. Dementsprechend wird kein Ausgangssignal vom Komparator 5 an den Schaltstromkreis 6 abgegeben, d.h. der Schaltstromkreis 6 wird nicht betätigt. Beide Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  können auf gleiche Weise einem langsamen Temperaturwechsel, d.h. einer normalen Raumtemperaturänderung, folgen und das Resultat ist, dass keine Temperaturdifferenz zwischen den beiden Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  auftritt und dass die Einrichtung keinen Alarm auslöst.

Wenn andererseits die Umgebungstemperatur durch Ausbruch eines Feuers schnell ansteigt, so wird die Temperatur des Transistors  $Tr_1$  dem Raumtemperaturwechsel schnell folgen, weil er eine kleine thermische Zeitkonstante aufweist. Der Transistor  $Tr_2$  kann jedoch dem schnellen Umgebungstemperaturwechsel nicht folgen, weil er eine grosse thermische Zeitkonstante aufweist. Die Folge davon ist, dass eine Temperaturdifferenz zwischen den beiden Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  auftritt, welche bewirkt, dass der Kollektorstrom  $I_1$  des Transistors  $Tr_1$  in Übereinstimmung mit der Gleichung (8) ansteigt. Das Ansteigen des Kollektorstromes  $I_1$  hat einen grösseren Spannungsabfall  $V_1$  über dem Widerstand  $R_7$  zur Folge, was zu einer Spannungsdifferenz zwischen den beiden Spannungsabfällen  $V_1$  und  $V_2$  führt. Wenn diese Spannungsdifferenz einen Sollwert überschreitet, so erzeugt der Komparator 5 ein Ausgangssignal um den Schaltstromkreis 6 zu steuern, der seinerseits die Alarmvorrichtung 7 betätigt. Die graphische Darstellung der Betriebszustände jedes Stromkreises und der Verlauf der Temperatur sind in der Fig. 10 zum besseren Verständnis der Arbeitsweise der Einrichtung enthalten. Die Fig. 11 zeigt das Schaltschema eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Einrichtung. Im Vergleich zum obenbeschriebenen Sensorstromkreis ist bei diesem Sensorstromkreis 1 zusätzlich eine einen Feldeffekttransistor FET und einen Widerstand  $R_9$  enthaltende Konstantstromquelle 8 vorgesehen, die in Reihe zum Transistor  $Tr_2$  geschaltet ist um die Änderungen des Stromes  $I_2$  ( $= I_{10}$ ) zu beseitigen, welche Änderungen von den Schwankungen der Speisespannung herrühren. Dadurch wird die Arbeitsweise des Sensorstromkreises 1 stabilisiert.

In den vorangehend beschriebenen Ausführungen sind npn-Transistoren vorhanden, es können aber auch pnp-Transistoren verwendet werden.

Aus der obigen Beschreibung ist klar ersichtlich, dass die erfindungsgemässe auf Temperaturänderungen ansprechende Einrichtung viele Vorteile wie vereinfachter Aufbau, grössere Lebensdauer und höhere Zuverlässigkeit als bisher bekannte Einrichtungen dieser Art besitzt.

Obwohl die obenbeschriebenen Einrichtungen einen grundsätzlichen Vorteil aufweisen, kann ihre zuverlässige Betriebsweise durch Spannungsschwankungen des Speisegerätes oder Änderungen der Eigenschaften der benutzten Transistoren gestört werden. Diese Einrichtungen werden daher insbesondere dort verwendet, wo stabilisierte Speisegeräte vorhanden sind.

Bei der Einrichtung gemäss Fig. 11 kann der Strom  $I_2$  durch die Konstantstromquelle 8 genau konstant gehalten werden, ohne Rücksicht auf Schwankungen der Speisespannung ( $V_+$ ,  $V_-$ ), jedoch der Strom  $I_1$  wird nach wie vor von den Schwankungen der Speisespannungen beeinflusst. Diese Änderungen des Stromes  $I_1$  kann Betriebsstörungen der Einrichtung verursachen, weil die auf Temperaturänderungen ansprechende Einrichtung die Temperaturänderungen durch Überwachung der Differenz zwischen den Kollektorströmen  $I_1$  und  $I_2$  der betreffenden Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  feststellt.

Andererseits unterscheidet sich die Basis-Emitterspannung  $V_{BE}$ , wenn der Transistor entsprechend den Schaltbildern gemäss den Fig. 12a und 12b geschaltet wird, in diesem Fall ist  $V_{BE-I}$  nicht gleich gross  $V_{BE-II}$ . Die Basis-Emitterspannung  $V_{BE}$  eines Transistors unterscheidet sich gegenüber einem anderen in Abhängigkeit der Herstellungsserie oder unterschiedlichen kritischen Herstellungsbedingungen. Weil die Arbeitsweise der auf Temperaturschwankungen ansprechenden Einrichtungen wie obenbeschrieben auf dem Feststellen der Differenz zwischen den Kollektorströmen basiert, bewirken durch Unterschiede der Basis-Emitterspannungen erzeugte Änderungen der Kollektorströme Änderungen der Differenz zwischen den Kollektorströmen auch dann, wenn der Kollektorstrom  $I_1$  (oder  $I_2$ ) auf den gleichen Wert für jede Einrichtung eingestellt ist. Dies ist der Grund, weshalb die Temperaturansprechigenschaften dieser Einrichtungen unterschiedlich sind.

Es sei angenommen, dass bei der Einrichtung gemäss der Fig. 11 die beiden Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  die gleiche Temperatur aufweisen und dass die Werte der beiden Widerstände  $R_{10}$  und  $R_{11}$  gleich sind. Wenn die Basis-Emitterspannung  $V_{BE-II}$  des Transistors  $Tr_2$  identisch ist zur Basis-Emitterspannung  $V_{BE-I}$  des Transistors  $Tr_1$  so müssen die Kollektorströme  $I_2$  und  $I_1$  der Transistoren  $Tr_2$  und  $Tr_1$  gleich sein, weil die Basis-Emitterspannung  $V_{BE-I}$  theoretisch identisch ist mit der Basis-Emitterspannung  $V_{BE-II}$ . Daraus folgt, dass wenn die Transistoren mit identischen Werten der Basis-Emitterspannung  $V_{BE}$  aus gesucht werden, und der Strom  $I_1$  jeder Einrichtung so eingestellt wird, dass sie gleich sind, so ist die Ansprechempfindlichkeit jeder Einrichtung einheitlich.

Tatsache ist, dass die Basis-Emitterspannung  $V_{BE-II}$  ganz allgemein nahezu gleich oder grösser ist als die Basis-Emitterspannung  $V_{BE-I}$  und dass das Verhältnis von  $V_{BE-I}$  zu  $V_{BE-II}$  eines Transistors von einer Herstellungsserie zur anderen ändert. Daher wird auch, wenn die beiden Transistoren gleiche Basis-Emitterspannungen aufweisen, der Kollektorstrom  $I_2$  nicht immer gleich dem Kollektorstrom  $I_1$  sein, sondern  $I_2$  ist ungefähr gleich oder kleiner als  $I_1$ . Es kann deshalb vorkommen, dass selbst wenn der Kollektorstrom  $I_2$  für jede Einrichtung auf den gleichen Wert eingestellt wird, dann die Ansprechempfindlichkeit von einer Einrichtung zur andern variieren kann. Es ist also sehr schwierig einen Transistor zu finden, der die gleichen Werte von  $V_{BE-I}$  wie  $V_{BE-II}$  wie ein anderer Transistor aufweist, einfach deshalb weil die Basis-Emitterspannung  $V_{BE-II}$  eines Transistors im allgemeinen grösser ist als die Basis-Emitterspannung  $V_{BE-I}$ . Das Obengescriebene ist allgemein auch für Halbleiterdioden gültig.

Die Fig. 13 zeigt das Schaltschema eines weiteren Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Einrichtung, in welcher die Widerstände  $R_{15}$  und  $R_{15}'$  und ein Transistor  $Tr_3$  vorhanden ist. Die übrigen Elemente sind mit den gleichen Bezugszeichen wie jene in der Fig. 11 bezeichnet. In dieser Einrichtung müssen die Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_3$  die gleiche Basis-Emitterspannung  $V_{BE-I}$  aufweisen. Bei der Auslese dieser Transistoren ist es leichter solche Transistoren auszusuchen, die identische Basis-Emitterspannungen  $V_{BE-II}$  aufweisen, weil die Basis-Emitterspannung  $V_{BE-II}$  auf einfache Weise gemessen werden kann und weiter weil Transistoren mit identi-

schen Basis-Emitterspannungen  $V_{BE-II}$  ebenfalls dieselbe Basis-Emitterspannung  $V_{BE-I}$  aufweisen, wenn diese aus der gleichen Herstellungsserie ausgewählt werden.

Ein Merkmal dieses Ausführungsbeispiels ist die spezielle Art der Ermittlung der Temperaturdifferenz zwischen den Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_3$  wobei die Temperaturdifferenz zwischen den Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  und ebenso die Temperaturdifferenz zwischen den Transistoren  $Tr_2$  und  $Tr_3$  in einer ersten Phase ermittelt und danach die beiden ermittelten Differenzen verglichen werden, um die Temperaturdifferenz zwischen den Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_3$  in der zweiten Phase zu erhalten. Das Durchführen einer solchen Differenzierfunktion ermöglicht es, Betriebsstörungen zu vermeiden, die durch die Differenz zwischen der Basis-Emitterspannung  $V_{BE-II}$  des Transistors  $Tr_2$  und der Basis-Emitterspannung  $V_{BE-I}$  der beiden Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_3$  hervorgerufen werden. Wenn anstelle des Transistors  $Tr_2$  eine Diode in dem obenbeschriebenen Stromkreis verwendet wird, so wird die Anode (oder Kathode) mit der Basis der Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_3$  verbunden, während die Kathode (oder Anode) der Diode an das eine Ende des Widerstandes  $R_{11}$  angeschlossen wird.

Nachstehend wird angenommen, dass die Umgebungstemperatur um beide Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_3$  gleich ist und dass die Widerstände  $R_{10}$ ,  $R_{11}$  und  $R_{15}$  gleiche Werte aufweisen. Die Differenz zwischen den Strömen  $I_2$  und  $I_1$ , nämlich  $(I_2 - I_1)$ , ist proportional zur Temperaturdifferenz zwischen den Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$ , und dementsprechend weist die Differenz zwischen den Strömen  $I_3$  und  $I_2$ , nämlich  $(I_3 - I_2)$ , einen Wert auf, der proportional zur Temperaturdifferenz zwischen den Transistoren  $Tr_2$  und  $Tr_3$  ist. Als Folge davon ergibt sich, dass die Ströme  $I_1$  und  $I_3$  den gleichen Wert aufweisen. Es sei weiter angenommen, dass die thermischen Zeitkonstanten der Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  identisch sind, und dass die thermische Zeitkonstante des Transistors  $Tr_3$  so gewählt ist, dass sie von jener der Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  abweicht. Der Wert des Stromes  $I_1$  wird daher unvermeidlich vom Wert des Stromes  $I_3$  abweichen bis alle Transistoren  $Tr_1$ ,  $Tr_2$  und  $Tr_3$  thermisch gesättigt sind. Dadurch wird eine Spannungsdifferenz zwischen der Spannung  $V_b$  über dem Widerstand  $R_7$  und der Spannung  $V_c$  über dem Widerstand  $R_{15}$  erhalten, welche Spannungen im Komparator 5' verglichen werden. Wenn die Spannungsdifferenz einen Sollwert überschreitet, so erzeugt der Komparator 5' ein Ausgangssignal, welches einen Schalttransistor  $T_s$  leitend macht, was bewirkt, dass eine Alarmvorrichtung 7 eingeschaltet wird.

Wenn die erfindungsgemässe Einrichtung als Feuermelder verwendet wird, dann sollten beide Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  an derselben Wärmesenke innerhalb der Einrichtung befestigt werden und der Transistor  $Tr_3$  sollte an der Aussenseite des Gehäuses angeordnet werden, so dass die thermische Zeitkonstante der Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  bedeutend grösser ist als die thermische Zeitkonstante des Transistors  $Tr_3$ . Daher kann die Temperaturdifferenz festgestellt werden. Weil die beiden Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  nur sehr langsam dem Wechsel der Umgebungstemperatur folgen und der Transistor  $Tr_3$  sofort durch den Raumtemperaturwechsel beeinflusst wird, spricht diese Anordnung sofort auf einen Raumtemperaturwechsel an.

Vorangehend ist die Anordnung und die Art und Weise beschrieben, wie die erfindungsgemässe auf Temperaturänderungen ansprechende Einrichtung bei einem schnellen Temperaturanstieg arbeitet. Da es sehr leicht ist Transistoren mit identischen Basis-Emitterspannungen  $V_{BE-I}$  auszusuchen, kann eine gleichmässige Ansprechempfindlichkeit für jede Einrichtung erzielt werden, wobei lediglich der Strom  $I_1$  bei jeder Einrichtung auf denselben Wert eingestellt werden muss. Es sei weiter vermerkt, dass diese auf Temperaturschwankungen ansprechende Einrichtungen nicht auf Schwankungen der Spei-

sespannung reagiert, weil die Ströme  $I_1$  und  $I_3$  in gleicher Weise den Schwankungen der Speisespannung unterworfen sind, wobei diese Schwankungen durch die Differenzbildung in der Einrichtung selbst kompensiert werden.

Es sei auch festgehalten, dass in den Einrichtungen gemäss den Fig. 4 und 11 der Transistor  $Tr_2$  mit der grossen thermischen Zeitkonstanten als Bezugstransistor verwendet ist, während der Transistor  $Tr_1$  mit der kleineren thermischen Zeitkonstanten als Sensortransistor in diesen Ausführungen liegt. Die Aufgabe der beiden Transistoren kann bezüglich der thermischen Zeitkonstanten vertauscht werden, wobei der Transistor  $Tr_1$  als Bezugstransistor wirkt und der Transistor  $Tr_2$  die Temperaturwechsel feststellt. In diesem Fall wirkt der Transistor  $Tr_2$  derart, dass der Kollektorstrom  $I_1$  kleiner wird, wenn die Temperatur dieses Transistors ansteigt.

Nachstehend ist die Beziehung zwischen dem Sensorstromkreis 1 und dem Komparator 5 mit Bezug auf die Fig. 4 beschrieben. Ein n-Tor-Thyristor  $SCR_2$  ist in dem Komparator 5 als Spannungsdifferenzdedektorelement verwendet. Dies ist von grosser Bedeutung. Die Fig. 14a und 14b zeigen den schematischen Aufbau eines n-Tor-Thyristors und seine Ersatzschaltung. Ein Thyristor ist eine Halbleitervorrichtung mit einer pnpn-Struktur, die auf zwei Arten ausgebildet sein kann. Ein n-Tor-Typ besitzt die mittlere n-Schicht und bei p-Tor-Typ besitzt die mittlere p-Schicht einen Anschluss. Die Fig. 14 zeigt einen n-Tor-Thyristor und diese Art Thyristor stellt allgemein ein Äquivalent für einen pnp-Transistor und einen npn-Transistor dar, dessen Basis-Elektroden und Kollektorelektroden miteinander, wie in der Fig. 14b dargestellt, verbunden sind.

Die Steuerelektrode G und die Anode A des Thyristors wird auf gleichem Potential gehalten, so dass kein Strom zur Steuerelektrode fliesst, durch Anlegen einer positiven Spannung zur Anode A und durch gleichzeitiges Anlegen einer negativen Spannung an die Kathode K ist der Thyristor nicht leitend, d.h. er befindet sich in der Offenstellung, weil die Schicht  $N_1$  und die Schicht  $P_2$  in der zur Flussrichtung entgegengesetzten Richtung vorgespannt sind. Beim allmählichen Ansteigen des Potentials an der Steuerelektrode G beginnt ein Steuerelektrodenstrom durch den pn-Übergang zwischen den Schichten  $P_1$  und  $N_1$  zu fließen. Wenn dieser Steuerelektrodenstrom einen bestimmten Wert überschreitet, so wird der Thyristor leitend, d.h. er ist eingeschaltet. Die zwischen der Anode A und der Steuerelektrode G auftretende Spannung  $V_{AG}$  ist in diesem Moment die Basis-Emitterspannung  $V_{BE\alpha_1}$  des in der Fig. 14b dargestellten Transistors  $\alpha_1$ .

Wie weiter oben angeführt ändert der Spannungsabfall eines pn-Überganges, hervorgerufen durch einen konstanten Strom, wie in der Fig. 1 dargestellt, linear mit der Temperatur und der Temperaturkoeffizient ist negativ. Dies bedeutet, dass die zum Halten des zum Einschalten des Thyristors notwendigen Anoden-Steuerelektroden-Spannung (Steuerelektroden-Kathodenspannung im Falle eines p-Tor-Thyristors) einen ähnlichen Verlauf bezüglich der Temperatur, wie in der Fig. 1 dargestellt zeigt.

Beide die Temperaturabhängigkeit der Anoden-Steuerelektroden-Spannung  $V_{AG}$  und die Ausgangsspannung des in den Fig. 4 und 11 gezeigten Sensorstromkreises 1, nämlich die Zunahme  $I_1$  des Kollektorstromes  $I_1$  des Transistors  $Tr_1$ , zeigen eine ähnliche Abnahmetendenz, wenn die Temperatur entsprechend der Temperaturabhängigkeit des Koeffizienten A ansteigt. Dementsprechend können durch die Temperaturänderungen hervorgerufene Fehler des Sensorstromkreises durch Übertragen der Temperaturcharakteristik des Sensortransistors auf den Thyristor reduziert werden. Nebst dem Thyristor kann als Sensorvorrichtung mit einem pn-Übergang ein Transistor verwendet werden. Eine Halbleiterdiode

in Verbindung mit einem Komparatorstromkreis kann ebenso für diesen Zweck eingesetzt werden.

Vorwegend ist die auf Temperaturänderungen ansprechende Einrichtung gemäss der Erfindung im Hinblick auf das Feststellen von schnellen Temperaturanstiegen beschrieben. Aber im Falle von Feuermeldern kann auch ein anderes Problem in Betracht gezogen werden, nämlich ein Alarmsignal auszulösen, wenn die Raumtemperatur einen vorbestimmten Wert erreicht, auch dann wenn der Temperaturanstieg nur allmählich erfolgt. Zwei befriedigende Lösungen dieses Problems sind nachstehend beschrieben.

Die erste Lösung besteht in der Verwendung eines sogenannten thermoempfindlichen Thyristors im Schaltstromkreis 6 und im Komparator 5. Ein thermoempfindlicher Thyristor ist eine Halbleitervorrichtung mit einer pnpn-Anordnung ähnlich wie bei normalen Thyristoren, dessen Durchbruchspannung in Abhängigkeit mit der Temperatur ändert. Ein thermoempfindlicher Thyristor ist eingeschaltet, wenn die Anoden-Kathodenspannung die Durchbruchspannung überschreitet. Ein Beispiel einer solchen Charakteristik ist in der Fig. 15 dargestellt.

Es gibt zwei Arten von diesen Thyristoren, nämlich einen n-Tor-Typ und p-Tor-Typ, die keine Unterschiede in ihren Grundaufbauten aufweisen, und die Schalttemperatur kann durch einen zwischen die Anode und Steuerelektrode geschalteten geeigneten Widerstand im Falle des n-Tor-Types und einen zwischen die Steuerelektrode und die Kathode geschalteten Widerstand im Falle eines p-Tor-Types verändert werden. Wird ein Thyristor mit den in der Fig. 15 gezeigten Eigenschaften verwendet, und beispielsweise ein Widerstand  $R_{GA}$  von 1 kOhm zwischen die Anode und die Steuerelektrode geschaltet und eine Speisespannung von 20 V verwendet, so wird die Durchbruchspannung des Thyristors bei einer Temperatur von 70°C kleiner als die Speisespannung. Dies bedeutet, dass der thermoempfindliche Thyristor unter diesen Bedingungen bei 70°C eingeschaltet wird.

Weil der grundsätzliche Aufbau eines thermoempfindlichen Thyristors dem Aufbau eines normalen Thyristors sehr ähnlich ist, kann er unterhalb der Schalttemperatur als normaler Thyristor betrachtet werden. Deshalb kann ein thermoempfindlicher Thyristor, dessen Schalttemperatur auf einen gewissen Punkt eingestellt ist, anstelle des Thyristors  $SCR_2$  und/oder  $SCR_3$  im Komparator 5 und in dem Schaltstromkreis 6 verwendet werden. In diesem Fall wird die Einrichtung nicht nur bei einem schnellen Temperaturanstieg, bis die Temperatur einen Sollwert erreicht hat, ansprechen, sondern die thermoempfindlichen Thyristoren werden selbst ansprechen, wenn die Temperatur derselben die Schalttemperatur erreicht haben, auch wenn diese Temperatur nur allmählich angestiegen ist. Eine derartige Einrichtung erfüllt vollkommen ihre Funktion indem sie ein Alarmsignal erzeugt und zwar egal ob die Temperatur einen Sollwert schnell oder nur allmählich erreicht hat. Die zweite Lösung kann die gestellten Bedingungen ohne die Benützung von thermoempfindlichen Thyristoren erfüllen, durch Wechseln der Betriebsbedingungen des Sensorstromkreises.

Mit Rückblick auf die Gleichung (1) und unter der Annahme, dass der Kollektorstrom  $I_1$  des Transistors  $Tr_1$  nicht gleich demjenigen des Transistors  $Tr_2$  ist, kann die Gleichung (1) so verstanden werden, dass, wenn die identische Eigenschaften aufweisenden Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  gleichen Bedingungen ausgesetzt sind und das Verhältnis ihrer Kollektorströme ( $I_2/I_1$ ) konstant gehalten wird, dass dann die Differenz zwischen den betreffenden Basis-Emitterspannungen  $V_{BE1}$  und  $V_{BE2}$  proportional zu der absoluten Temperatur ist. Die Bedingung  $I_1 \approx I_2$  kann erfüllt werden, wenn der Widerstand  $R_{10}$  vom Widerstand  $R_{11}$  in dem Sensorstromkreis gemäss der Fig. 4 oder Fig. 11 abweicht ( $R_{10} \approx R_{11}$ ). Es sei wei-

ter angenommen, dass der Widerstand  $R_{10}$  viel grösser ist als der Widerstand  $R_{11}$  ( $R_{10} \gg R_{11}$ ). In diesem Fall wird der Kollektorstrom  $I_1$  des Transistors  $Tr_1$  viel kleiner sein als der Kollektorstrom  $I_2$  des Transistors  $Tr_2$ . Weil gemäss der vorangehenden Annahme der natürliche Rhythmus des Verhältnisses  $I_2/I_1$  konstant ist, nämlich  $\ln(I_2/I_1) = \text{konstant} = C'$ , kann die folgende Gleichung aus der Gleichung (4) abgeleitet werden.

$$I_1 = \frac{kT}{R_{10}q} \ln\left(\frac{I_2}{I_1}\right) + I_{10} \frac{R_{11}}{R_{10}} = \frac{kC'}{R_{10}q} T + I_2 \frac{R_{11}}{R_{10}} \quad (9)$$

Die Gleichung (9) zeigt, dass der Kollektorstrom  $I_1$  des Transistors  $Tr_1$  mit der Temperatur  $T$  in einer Beziehung ersten Grades steht und dementsprechend linear mit der Temperatur  $T$  ändert. Die Forderung, gemäss welcher der Kollektorstrom  $I_1$  in Abhängigkeit mit dem Temperaturwechsel ändert, kann nicht nur erfüllt werden, wenn  $I_1 \ll I_2$  ist, sondern auch wenn  $I_1 < I_2$  ist. Im letzteren Fall ist die Beziehung mehr oder weniger kompliziert. Wenn der Kollektorstrom  $I_1$  des Transistors  $Tr_1$  grösser als der Kollektorstrom  $I_2$  des Transistors  $Tr_2$  eingestellt ist, so ist die Beziehung umgekehrt, d.h. der Kollektorstrom  $I_1$  nimmt ab, wenn die Temperatur ansteigt.

Im Hinblick auf das vorangehend gesagte, sei erwähnt, dass unter der Annahme, dass bei dem in den Fig. 4 und 11 dargestellten Sensorstromkreis 1 der Transistor  $Tr_1$  eine kleine thermische Zeitkonstante und der Transistor  $Tr_2$  eine grosse Zeitkonstante aufweist und als Sensortransistor, beziehungsweise als Bezugstransistor benützt werden und die Widerstände  $R_{10}$  und  $R_{11}$  sind so ausgewählt, dass  $R_{10}$  grösser ist als  $R_{11}$ , damit der Kollektorstrom  $I_1$  grösser wird als der Kollektorstrom  $I_2$ . Und dass weiter die Widerstände  $R_7$  und  $R_8$  so gewählt sind, dass wenn die Temperatur der beiden Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  bei einer normalen Umgebungstemperatur gleich sind, dass dann der über dem Widerstand  $R_7$  auftretende Spannungsabfall  $V_1$  gleich dem Spannungsabfall  $V_2$  über dem Widerstand  $R_8$  ist. Tritt eine vorbestimmte Differenz zwischen den beiden Spannungen  $V_1$  und  $V_2$  ( $V_1 > V_2$  im vorliegenden Fall) auf, so wird dies durch den Komparator 5 festgestellt, der seinerseits den Schaltstromkreis 6 erregt, um das Alarmsignal auszulösen, und zwar in beiden Fällen, wenn eine gewisse Temperaturdifferenz zwischen den beiden Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$ , hervorgerufen durch den schnellen Temperaturanstieg des Sensorstromkreises 1, auftritt oder wenn die Temperatur dieser beiden Transistoren allmählich bis zu einem höheren als unzulässig bezeichneten Wert ansteigt. Es sei auch festgehalten, dass dasselbe Ziel erreicht werden kann, indem die Rolle der beiden Transistoren bezüglich der thermischen Zeitkonstanten vertauscht wird. D.h. ein eine grössere thermische Zeitkonstante aufweisender Transistor  $Tr_1$  wird als Bezugstransistor benützt, während ein eine kleine thermische Zeitkonstante aufweisender Transistor  $Tr_2$  als Sensortransistor benützt wird. Über dies wird der Widerstand  $R_{10}$  kleiner gewählt als der Widerstand  $R_{11}$  mit dem Resultat, dass der Kollektorstrom  $I_1$  grösser eingestellt wird als der Kollektorstrom  $I_2$ . In diesem Fall wird der Kollektorstrom  $I_1$  abnehmen, wenn die Temperatur des Transistors  $Tr_1$  schnell ansteigt oder die Temperatur der beiden Transistoren gleichzeitig einen unzulässigen Wert erreicht.

Aus dem Vorstehenden geht klar hervor, dass weil die erfindungsgemässe Einrichtung auf den physikalischen Betriebseigenschaften von Halbleitervorrichtungen basiert, eine grössere Zuverlässigkeit erreicht werden kann, welche weniger von den herstellungsbedingten Streuungen abhängig ist. Abweichungen der Ansprechgrenzen der hergestellten erfindungsgemässen Einrichtungen sind abhängig von den Streuungen der Daten der Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  des Sensorstromkreises und weiteren Komponenten wie Feldeffekttransistoren, die in der Konstantstromquelle eingesetzt sind, wenn eine solche vorgesehen ist. Dieser Abhängigkeit kann durch Prüfen und Zuordnen der Eigenschaften und durch die geeignete Auswahl der Komponenten begegnet werden. Deshalb ist beim Zusammenbau der Einrichtungen keine Justierung notwendig. Weiter sind die Kosten der erfindungsgemässen Einrichtung wegen dem einfachen Aufbau niedrig.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemässen Einrichtung ist der, dass die Einrichtung auf einfache Weise geprüft werden kann mit Hilfe von Mitteln, die einen unüblichen Temperaturanstieg simulieren, wobei der Kollektorstrom der Transistoren in dem Sensorstromkreis verstellt werden. Zum Erreichen dieses Zieles ist es am wirksamsten, das Verhältnis der beiden Widerstände  $R_{10}$  und  $R_{11}$  zu verändern, welche Widerstände zwischen dem Emitter der Transistoren  $Tr_1$  und  $Tr_2$  und der Speisespannungsquelle geschaltet sind. Eine Möglichkeit dieses Verhältnis zwischen den beiden Widerständen zu verändern ist in der Fig. 16 dargestellt. Parallel zum Widerstand  $R_{10}$  ist die Serieschaltung eines Widerstandes  $R_{10}'$  und eines Schalters  $S$  angeordnet. Eine Funktionskontrolle kann ausgeführt werden, indem der Schalter  $S$  manuell oder ferngesteuert geschlossen wird, um einen Temperaturanstieg zu simulieren ohne dass die Umgebungstemperatur selbst ansteigt. Der Schalter  $S$  kann irgendeine Schaltvorrichtung sein, beispielsweise ein mechanischer Schalter oder ein Schalttransistor.

Eine solche Funktionskontrolle kann leichter und sicherer ausgeführt werden, als die bisher übliche Methode des direkten Aufheizens des betreffenden Sensorstromkreisteiles. Da das direkte Aufheizen in Räumen, in denen ein explosives Gas oder andere feuergefährliche Materialien enthalten sind, nicht ausgeführt werden kann, ist die Funktionskontrolle der erfindungsgemässen Einrichtung sehr erwünscht.

Weil der wesentliche Grundgedanke der Erfindung das Feststellen von Temperaturdifferenz ist, kann mit zwei Transistoren, welche die gleiche thermische Zeitkonstante aufweisen, der Temperaturunterschied zwischen zwei voneinander getrennten Stellen, an denen die Transistoren angeordnet sind, festgestellt werden. Wenn durch dieses Feststellen eine Schaltfunktion ausgelöst wird, kann eine solche Einrichtung zum Konstanthalten der Temperaturdifferenz zwischen zwei Stellen verwendet werden, beispielsweise zum Steuern einer Klimaanlage, welche die Raumtemperatur in einer vorbestimmten Relation zur Aussentemperatur hält. Ausserdem kann die erfindungsgemässe Einrichtung zum Überwachen des Überhitzens von elektrischen Ausrüstungen eingesetzt werden.

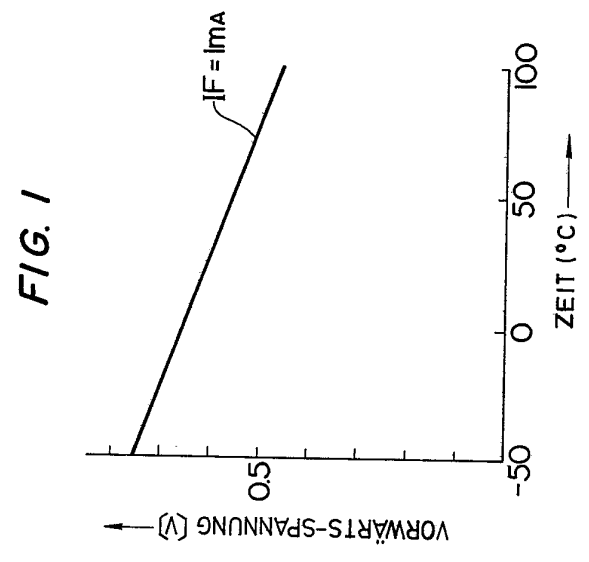
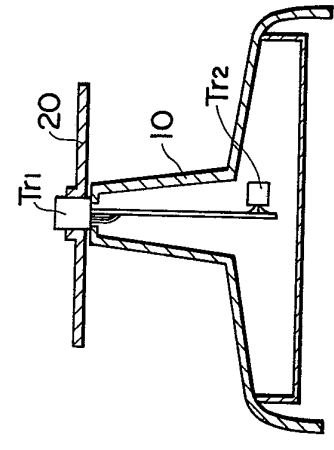
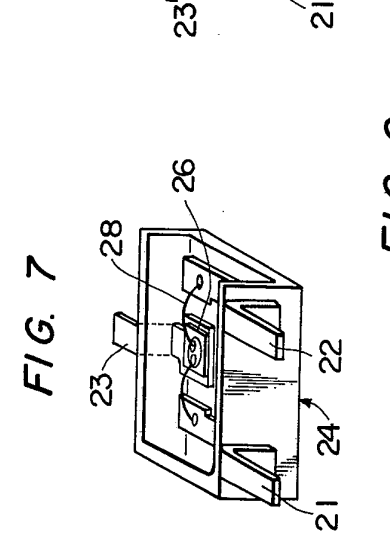
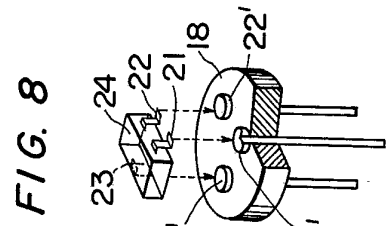
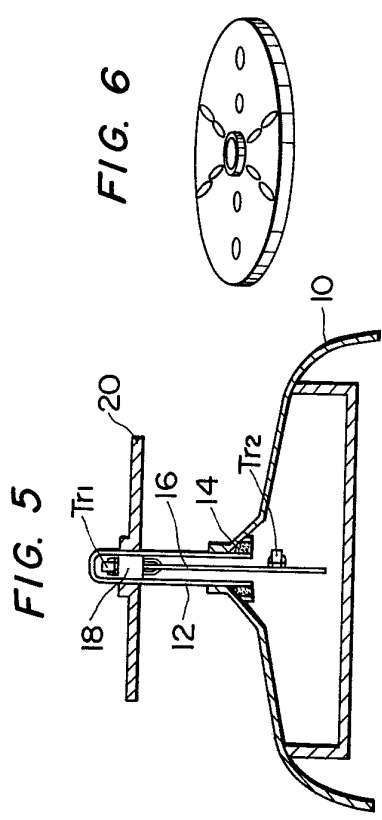


FIG. 2

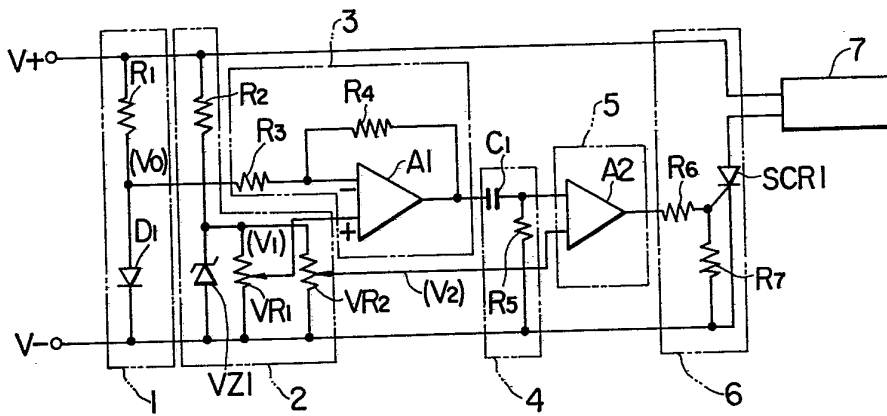


FIG. 3

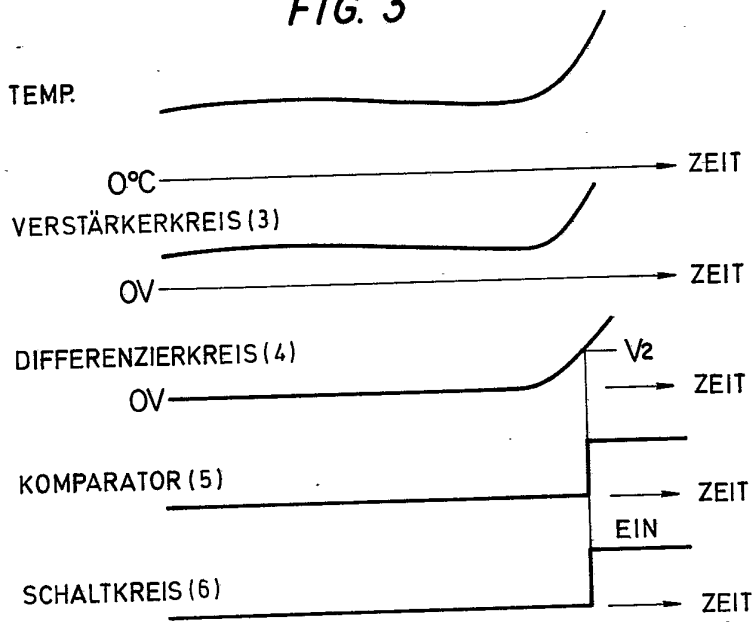


FIG. 4

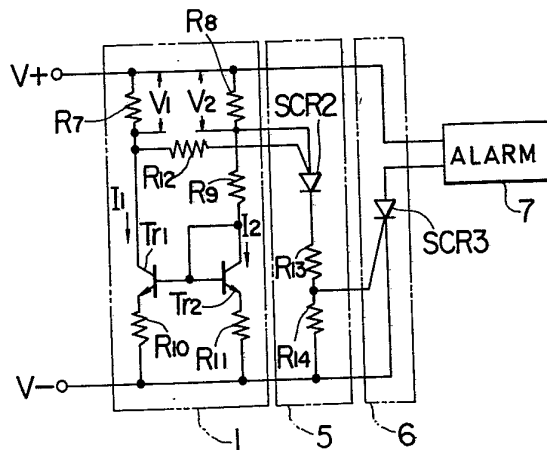


FIG. 10

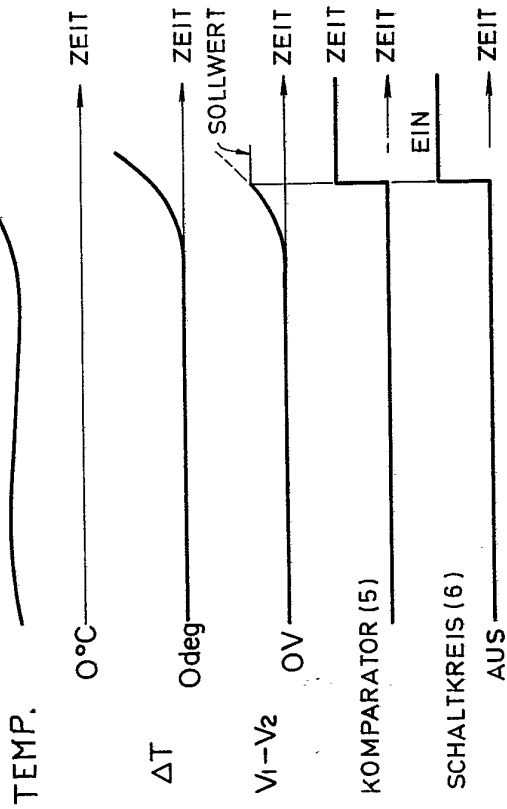


FIG. 12(a)

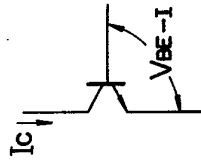


FIG. 12(b)

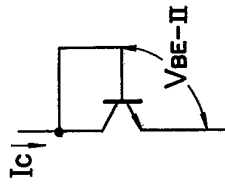


FIG. 13

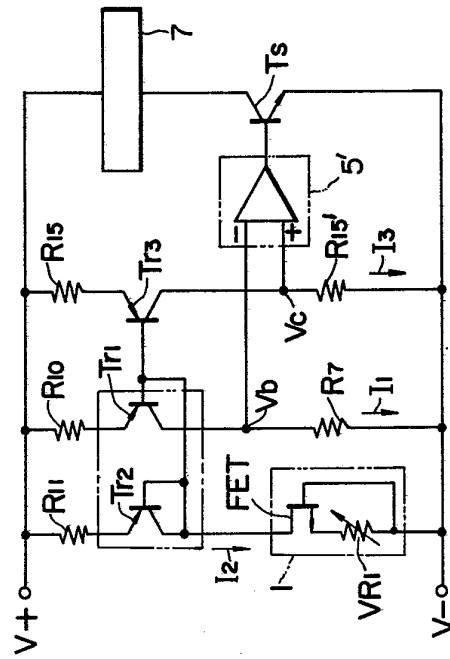


FIG. 11

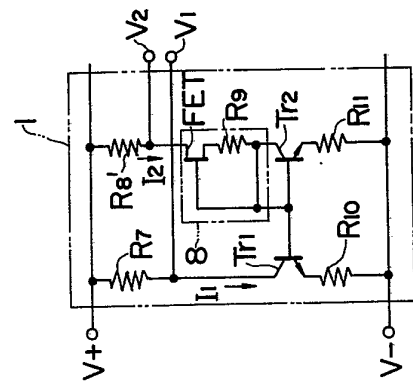


FIG. 14(a)

FIG. 14(b)

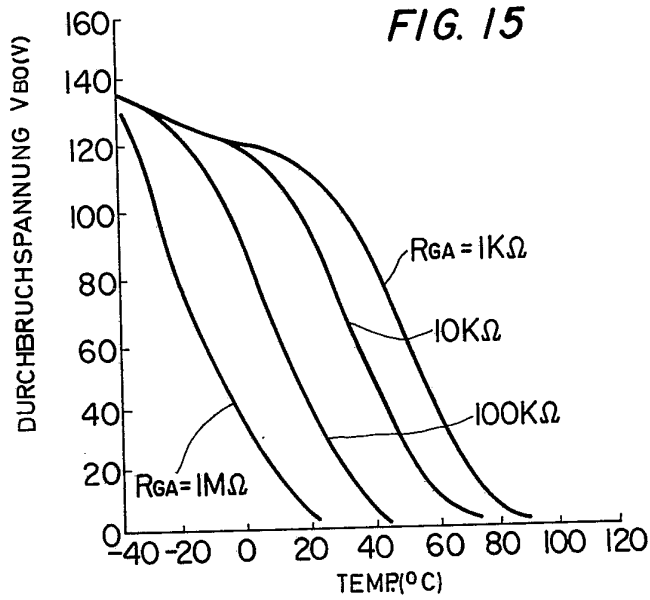
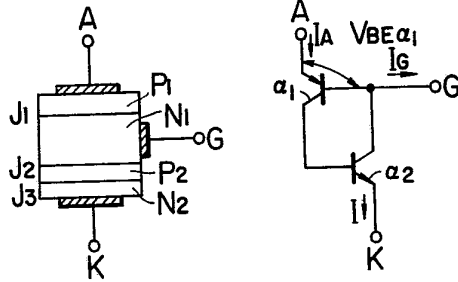


FIG. 16

