



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 10 084 T2 2004.04.22**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 188 062 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 10 084.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/11299**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 925 741.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/72030**

(86) PCT-Anmeldetag: **21.05.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **30.11.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.03.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **30.07.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.04.2004**

(51) Int Cl.7: **G01R 31/316**  
**G01R 31/311**

(73) Patentinhaber:

**Conexant Systems, Inc., Newport Beach, Calif., US**

(74) Vertreter:

**Rehberg und Kollegen, 37073 Göttingen**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(72) Erfinder:

**WHITE, A., Stanley, San Clemente, US; WALLEY,  
S., Kenneth, Portola Hills, US; JOHNSTON, W.,  
James, Rancho Santa Margarita, US;  
HENDERSON, Michael, P., Tustin, US; ANDREWS,  
B., Warner, Boulder, US; SIANN, I., Jonathan, San  
Diego, US; HALE, H., Kelly, Aliso Viejo, US**

(54) Bezeichnung: **SYSTEM ZUR KONTAKTLOSEN PRÜFUNG VON INTEGRIERTEN SCHALTUNGEN**

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**

## GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein System zum Testen einer mikroelektronischen Schaltung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Testen von mikroelektronischen Schaltungen, wie beispielsweise integrierten Halbleiterschaltungen.

[0003] Elektronische Schaltungen, einschließlich integrierter mikroelektronischer Halbleiterschaltungen, werden während und nach dem Herstellungsprozess getestet. Das Testen verifiziert, dass die Schaltung korrekt hergestellt wurde und richtig funktioniert. Manchmal sind Testschaltungen von dem Aufbau einer integrierten Schaltung umfasst. Diese Testschaltungen sind vorgesehen, um bestimmte Antworten auf bekannte Eingaben zu erzeugen. Zusätzlich sind Testpunkte bei der Schaltung ausgebildet, an denen Signale in der Schaltung während des Testens überwacht werden können.

[0004] Zu den Testschaltungen und zu den Testpunkten sind elektrische Pfade vorgesehen, so dass die zu überwachenden Signale detektiert werden können. Zusätzlich kann der Tester unter bestimmten Umständen gefordert sein, bestimmte bekannte Testeingaben an die Testschaltung oder an einen bestimmten Punkt der Schaltung bereitzustellen, so dass eine spezielle Funktion getestet werden kann.

[0005] Jeder dieser Eingabepfade und Ausgabepfade erfordert im Allgemeinen einen Kontaktpunkt, an den externe Testvorrichtungen angeschlossen werden können. Jeder solche Kontaktpunkt umfasst einen Kontaktfeld an der integrierten Schaltung, an dem eine Testsonde (zum Testen im Die-Stadium) angebracht werden kann, und einen externen Pin (zum Testen nach dem Einpacken).

[0006] Ein Leitungspfad oder eine -spur ist in die integrierte Schaltung eingeplant, um das zu beobachtende Signal von dem Punkt, an dem es erzeugt wird, zu einem Punkt zu leiten, an dem ein Kontaktfeld und/oder ein Pin vorgesehen sein kann. Im Allgemeinen sind diese Kontaktfelder an dem Umfang der integrierten Schaltung vorgesehen. Eine Spur kann auch notwendig sein, um einen Pfad für ein Eingabetestsignal von einem Kontaktfeld zu einem bestimmten Punkt der Schaltung bereitzustellen.

[0007] Kontaktpunkte für die Vorrichtungstestbarkeit, wie beispielsweise Felder an der integrierten Schaltung oder Pins bei der eingepackten Vorrichtung, sind einfach zugänglich, wenn der Tester nur die Gesamtvorrichtung testen muss, indem er Eingabesignale an dem regulären Vorrichtungseingang bereitstellt und die Ausgabesignale an dem regulären Vorrichtungsausgang beobachtet. Der Tester kann

einfach die regulären Signaleingangs- und -ausgangspunkte kontaktieren, um solch einen Test durchzuführen. Der Testen kann jedoch gefordert sein, einen anderen Punkt als den regulären Vorrichtungseingang und -ausgang zu beobachten. Jeder zusätzliche Punkt, zu dem ein Testkontakt gewünscht ist, erfordert ein zusätzliches Kontaktfeld und einen zusätzlichen Kontaktpin sowie eine zusätzliche Spur von dem zu überwachenden Schaltungspunkt zu dem Kontaktfeld.

[0008] Der zusätzliche Kontaktpunkt oder die zusätzlichen Kontaktpunkte und die Spuren von den Kontaktpunkten zu den zu testenden Schaltungspunkten verkomplizieren den Aufbau von integrierten Schaltungen. Manchmal ist der Konstrukteur gezwungen, zwischen Testbarkeit und effizientem Aufbau zu entscheiden. Zum Beispiel kann nicht ausreichend Raum für ein zusätzliches Kontaktfeld an der integrierten Schaltung sein, um einen Testkontakt bereitzustellen. Oder es kann sein, dass kein Pin an dem Package verfügbar ist. Unter anderen Umständen kann eine Leitungsspur von einem Punkt der Schaltung zu einem Kontaktfeld mit anderen Aspekten des Schaltungsaufbaus kollidieren.

[0009] Nachdem das Testen der mikroelektronischen Vorrichtung einmal abgeschlossen ist, haben die Testschaltung und die elektronischen Anschlüsse an die Testschaltung üblicherweise keine sinnvolle Funktion. Dennoch fahren sie fort, Platz in der Vorrichtung zu belegen. Bei der integrierten Schaltung verbrauchen die Felder für die Eingabe- und Ausgabepins für die Testschaltung wertvollen Chipplatz. Zusätzlich begrenzt die physikalische Größe oftmals die Anzahl von Eingangs- und Ausgangspins, die von einem zusammengebauten Chip umfasst werden können. Pins an der zusammengebauten Vorrichtung, die nur für das Testen benötigt werden, können Pins verschieben, welche für andere Zwecke verwendet werden könnten, die sich auf den Betrieb der integrierten Schaltung für ihren vorgesehenen Zweck durch ihren Endbenutzer beziehen.

[0010] Ein System zum Testen einer mikroelektronischen Schaltung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist aus D3: BERGER H H ET AL: "Contactless function test of integrated circuits on the wafer" ISTFA '96, PROCEEDINGS OF THE 22ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM FOR TESTING AND FAILURE ANALYSIS, LOS ANGELES, CA, USA, 18-22 NOV. 1996, Seiten 263-266, XP002128139 1996, Materials Park, OH, USA, ASM Int., USA ISBN: 0-87170-582-6 bekannt. Hier sind mehrere Elektroden zum drahtlosen Empfangen der elektromagnetischen Antwortsignale von den mehreren Testbereichen der mikroelektronischen Schaltung vorgesehen.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0011] Gemäß der Erfindung wird ein System zum Testen einer mikroelektronischen Schaltung mit den

Merkmale des Anspruchs 1 bereitgestellt.

[0012] Bevorzugte Ausführungsformen dieses Systems sind in den Ansprüchen 2 bis 9 definiert.

[0013] Es ist ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung, ein System zum Testen einer integrierten Schaltung bereitzustellen, ohne ein spezielles Testkontaktfeld an der integrierten Schaltung zu benötigen.

[0014] Es ist ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung, verbesserte Testbarkeit von mikroelektronischen Schaltungen bereitzustellen, ohne spezielle Eingangs- und Ausgangspins zu benötigen.

[0015] Es ist ein Gegenstand der vorliegenden Erfindung, die Fähigkeit bereitzustellen, einen inneren Testpunkt bei einer mikroelektronischen Vorrichtung abzufragen.

[0016] Ein System zum Testen einer mikroelektronischen Schaltung gemäß der Erfindung umfasst ein Testbett zum Lagern einer mikroelektronischen Schaltung und eine Signalquelle zum Aufbringen eines Signals auf die auf dem Testbett gelagerte mikroelektronische Schaltung.

[0017] Das Testsystem umfasst zusätzlich eine Testsonde zum drahtlosen Empfangen elektromagnetischer Antwortsignale von der mikroelektronischen Schaltung, die auf dem Testbett gelagert ist. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die elektromagnetischen Antwortsignale Radiofrequenzsignale. Das Testsystem umfasst außerdem einen Computer, der an die Testsonde angeschlossen ist, um die empfangenen Signale zu analysieren.

[0018] Eine integrierte Schaltung, die zur Testbarkeit gemäß der Erfindung konstruiert ist, umfasst einen Testschaltungsbereich, der elektromagnetische Strahlung als Antwort auf ein vorgegebenes Signal emittiert, das auf die Testschaltung aufgebracht wird.

[0019] Eine Kombination einer integrierten Schaltung und einer Vorrichtung zum Testen der integrierten Schaltung kann gemäß der Erfindung konstruiert werden. Die Kombination umfasst eine integrierte Schaltung, die einen Testschaltungsbereich einschließt. Der Testschaltungsbereich der integrierten Schaltung ist so konfiguriert, dass, wenn ein erster elektrischer Effekt in dem Testschaltungsbereich erzeugt wird, der Testschaltungsbereich elektromagnetische Strahlung emittiert. Die Testvorrichtung der Kombination umfasst einen Empfänger für elektromagnetische Strahlung zum Detektieren der elektromagnetischen Strahlung, die von dem Testschaltungsbereich der integrierten Schaltung emittiert wird, und einen Analysator zum Analysieren der elektromagnetischen Strahlung, die von dem Empfänger detektiert wird.

[0020] Ein Verfahren zum Testen einer integrierten Halbleiterschaltung mit einem System gemäß der Erfindung umfasst das Aufbringen eines vorbestimmten Signals auf die integrierte Schaltung, um die integrierte Schaltung dazu zu bringen, elektromagnetische Strahlung zu emittieren. Ein elektromagnetischer Empfänger detektiert die elektromagnetische

Strahlung, die von der integrierten Schaltung emittiert wird. Die elektromagnetische Strahlung, die von dem Empfänger detektiert wird, wird durch einen Computeralysator analysiert.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0021] **Fig. 1** ist eine perspektivische Ansicht eines Systems, das die vorliegende Erfindung zum Testen einer mikroelektronischen Vorrichtung verwirklicht.

[0022] **Fig. 2** ist eine Seitenansicht einer mikroelektronischen Vorrichtung, die zum Testen unter Verwendung des Testsystems geeignet ist, das in **Fig. 1** gezeigt ist.

[0023] **Fig. 3** ist eine Draufsicht auf ein Testbett, das von dem Testsystem umfasst sein kann, das in **Fig. 1** gezeigt ist.

[0024] **Fig. 4** ist eine perspektivische Ansicht der mikroelektronischen Vorrichtung gemäß **Fig. 2** und eines Bereichs des Testsystems gemäß **Fig. 1**.

[0025] **Fig. 5** ist eine Draufsicht auf eine integrierte Schaltung, die von der mikroelektronischen Vorrichtung umfasst wird, die in **Fig. 2** gezeigt ist und die einen Aspekt der vorliegenden Erfindung verwirklicht.

[0026] **Fig. 6** ist eine perspektivische Ansicht einer Testvorrichtungssonde, die einen Aspekt der vorliegenden Erfindung verwirklicht.

[0027] **Fig. 7** ist eine Seitenansicht eines Bereichs des Testsystems gemäß **Fig. 1** mit einer mikroelektronischen Vorrichtung auf dem Testbett.

[0028] **Fig. 8a + 8b** sind Schaltungsbilder von elektromagnetischen Sendern, die gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung in die integrierte Schaltung eingeschlossen werden können, die in **Fig. 5** gezeigt ist.

[0029] **Fig. 9** ist ein Schaltbild eines Empfängers, der gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung in die in **Fig. 6** gezeigte Sonde eingebaut werden kann.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG EINER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0030] Ein System zum Testen einer integrierten Schaltung oder einer mikroelektronischen Schaltungsvorrichtung ist in **Fig. 1** gezeigt. Das System umfasst ein Testbett **20** zum Lagern einer (in **Fig. 1** nicht gezeigten) mikroelektronischen Schaltung. Das Testbett umfasst eine Oberfläche **22**. Die Oberfläche **22** kann im Wesentlichen horizontal verlaufen, obwohl andere Orientierungen möglich sind. Die Oberfläche **22** kann von einem Abstützmechanismus abgestützt werden, wie beispielsweise Beinen **24**.

[0031] Das Testbett **20** ist elektrisch an eine Signalquelle und einen Signalanalysator angeschlossen. Die Signalquelle und der Signalanalysator können ein einziger Computer **30** sein, wie beispielsweise ein programmierter elektronischer Mikrocomputer. Die Anschlüsse zwischen dem Testbett **20** und dem Computer **30** sind unten beschrieben.

[0032] Die von dem in **Fig. 1** gezeigten Apparat zu testende mikroelektronische Vorrichtung kann die Form einer eingepackten Vorrichtung **40** haben, wie sie in **Fig. 2** gezeigt ist, oder eines bloßen Die, wie beispielsweise das Die **60**, das in **Fig. 5** gezeigt ist. Zusätzliche Arten von Einpackung werden in der Industrie ebenfalls angewendet, und sie können die zu testende mikroelektronische Schaltung einkapseln. Die Vorrichtungen, die in solchen anderen Einpacktechnologien eingepackt sind, können auch auf dem in **Fig. 1** gezeigten System getestet werden.

[0033] Die eingepackte Vorrichtung **40** umfasst verschiedene Pins **42–44**. Jeder Pin stellt einen Anschluss an einen bestimmten Bereich der mikroelektronischen Schaltung innerhalb der Vorrichtung **40** bereit. Diese Anschlüsse sind in einer konventionellen Weise bereitgestellt. Zum Beispiel kann der Pin **42** ein Eingangspin zum Empfangen eines von der Vorrichtung **40** zu verarbeitenden Signals sein. Der Pin **44** kann ein Ausgangspin sein, an dem die Vorrichtung die Ausgabe ihrer Verarbeitung des Eingangssignals produziert, das an dem Eingangspin **42** empfangen wird.

[0034] Das Testbett **20** umfasst einen Mechanismus zum Aufnehmen oder Lagern der zu testenden Vorrichtung. Die Natur des Vorrichtungsaufnahmemechanismus hängt von der Natur der zu testenden Vorrichtung ab. Solche Mechanismen können von konventioneller Konstruktion sein, und sie werden auf dem Gebiet der mikroelektronischen Schaltungen gut verstanden werden.

[0035] Ein beispielhafter Mechanismus zum Aufnehmen einer eingepackten mikroelektronischen Vorrichtung, wie beispielsweise der Vorrichtung **40**, ist eine Aufnahme **26** in der Oberfläche **22** des Testbetts **20** (**Fig. 3**). Die Aufnahme **26** kann verschiedene Buchsen **27–29** jeweils zum Aufnehmen eines entsprechenden Pins **42–44** an der Vorrichtung **40** (**Fig. 2**) aufweisen. Zum Beispiel kann eine Signaleingangsbuchse **27** angeordnet sein, um den Vorrichtungseingangspin **42** aufzunehmen, und eine Signalausgangsbuchse **29** kann angeordnet sein, um den Vorrichtungsausgangspin **44** aufzunehmen. Die Fachleute werden erkennen, dass andere Typen von Kontakten in konventioneller Weise verfügbar sind, um elektrische Kontakte zwischen dem Testbett und den anderen Formen der zu testenden mikroelektronischen Vorrichtung bereitzustellen.

[0036] Das Testsystem umfasst einen Mechanismus zum Aufbringen eines Testsignals auf die mikroelektronische Vorrichtung **40**, wenn die mikroelektronische Vorrichtung **40** auf dem Testbett **20** gelagert ist. Dieser Mechanismus kann eine Signalquelle in dem Computer **30** (**Fig. 1**) umfassen.

[0037] Bei vielen Anwendungen umfasst mindestens ein Teil der Testprozedur für die Vorrichtung das Aufbringen eines bekannten Eingangssignals auf den regulären Signaleingangspin der Vorrichtung und das Analysieren der Ausgabe von der Vorrichtung. Für solch einen Test kann ein Testsignal an den

Vorrichtungseingangspin **42** angelegt werden. Solch ein Testsignal kann eine Eingabe simulieren, die die Vorrichtung **40** während einer regulären Operation empfangen würde. Ein Signalquellendraht **32** leitet das Testsignal von der Computersignalquelle **30** zu dem Testbett **20**. Die Testbetteingangsverdrahtung **33** (**Fig. 3**) in dem Testbett **20** leitet das Testsignal zu dem Eingangspin **42** an der Vorrichtung **40**, wenn die Vorrichtung **40** auf dem Testbett gelagert ist.

[0038] Wie am besten in **Fig. 3** gezeigt ist, ist der Signalquellendraht **32** an den inneren Testbetteingangsdraht **33** in dem Testbett **20** angeschlossen. Der Testbetteingangsdraht **33** ist an die Eingangsbuchse **27** der Aufnahme **26** angeschlossen. So kann, wenn die Vorrichtung **40** in die Aufnahme **26** eingesetzt ist, ein Signal von dem Computer **30** durch den Signalquellendraht **32**, den Testbetteingangsdraht **33** und die Signaleingangsbuchse **27** an den Vorrichtungseingangspin **42** geleitet werden.

[0039] Ein Rückkehrsignalpfad kann von dem Vorrichtungsausgangspin **44** bis zu dem Signalanalysatorcomputer **30** bereitgestellt werden. Solch ein Rückkehrsignalpfad erlaubt es dem Computer **30**, die Ausgabe von der Vorrichtung **40** zu analysieren, wenn die Vorrichtung **40** das Signal verarbeitet, das durch den Signalquellendraht **32** an den Vorrichtungseingangspin **42** angelegt wurde.

[0040] Der Rückkehrsignalpfad kann durch einen Ausgangsdraht **34** und einen inneren Testbettausgangsdraht **35** bereitgestellt werden. Der innere Testbettausgangsdraht **35** ist an die Signalausgangsbuchse **29** in der Aufnahme **26** angeschlossen. Der Signalausgangsdraht **34** verbindet den inneren Testbettausgangsdraht **35** mit dem Computer **30**.

[0041] Gemäß der vorliegenden Erfindung werden Signale in einem anderen Bereich der Vorrichtung **40** als dem Vorrichtungsausgangspin **44** analysiert. Zum Beispiel kann eine Antwort von einem Bereich der Schaltung zwischen dem Vorrichtungseingangspin **42** und dem Vorrichtungsausgangspin **44** zur Analyse erhalten werden. Im Gegensatz zu den Techniken des Stands der Technik kann diese Analyse ohne physikalischen Kontakt zwischen der Testausrüstung und der mikroelektronischen Schaltung innerhalb der Vorrichtung **40** durchgeführt werden.

[0042] Elektromagnetische Antwortsignale können von einem Bereich der elektronischen Schaltung innerhalb der Vorrichtung **40** gesendet, abgestrahlt oder emittiert werden. Diese elektromagnetischen Antwortsignale können als Antwort auf bestimmte Testsignale, die auf die Vorrichtung aufgebracht werden, emittiert werden. Die Testsignale können durch den Testsignalquellendraht **32** an den Signaleingangspin **42** der Vorrichtung **40** angelegt werden.

[0043] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Testschaltungsbereich als Teil der Schaltung der mikroelektronischen Vorrichtung **40** hergestellt. Der Testschaltungsbereich erzeugt einen elektrischen Effekt, der durch einen Empfänger **54** einer Testsonde **50** detektiert werden kann, die in

**Fig. 6** gezeigt ist. Zum Beispiel kann der Testschaltungsbereich elektromagnetische Strahlung als Antwort auf spezielle Signale emittieren, die sich in der mikroelektronischen Vorrichtung **40** fortpflanzen.

[0044] **Fig. 5** zeigt eine Darstellung der integrierten Halbleiterschaltung oder des Die **60**, die bzw. das von der Vorrichtung **40** umfasst sein kann. Wie es im Stand der Technik konventionell ist, umfasst das Die **60** einen Schaltungsbereich **62** und mehrere Kontaktfelder **64**. Leitfähige Leitungen oder Spuren **66** verbinden die Schaltung **62** mit den Feldern **64**. Die Felder stellen Kontaktpunkte für eine externe Verdrahtung bereit. Zum Beispiel kann ein erstes Feld **64a** das Kontaktfeld für die Signaleingabe in die Schaltung **62** sein. Die Vorrichtungseingangsleitung oder der Vorrichtungseingangspin **42** kontaktiert dieses erste Feld **64a**. Ein zweites Feld **64b** kann das Kontaktfeld für die Signalausgabe aus der Schaltung **62** sein. Der Vorrichtungsausgangspin **44** kontaktiert dieses zweite Kontaktfeld **64b**.

[0045] Die Schaltung **62** umfasst einen Testschaltungsbereich **70**. Der Testschaltungsbereich **70** emittiert elektromagnetische Strahlung als Antwort auf bestimmte elektrische Effekte oder Signale, die auf ihn aufgebracht werden. Zum Beispiel kann der Testschaltungsbereich **70** bestimmte elektromagnetische Strahlung als Antwort auf bestimmte Bedingungen in dem umgebenden Bereich der Schaltung **62** emittieren. Die Sonde **50** des Testsystems (**Fig. 1**) detektiert die elektromagnetische Strahlung, die von dem Testschaltungsbereich **70** emittiert wird.

[0046] Wie es von den Fachleuten erkannt und verstanden werden wird, erzeugt eine sich bewegende elektrische Ladung (ein Strom) ein magnetisches Feld. Ein sich bewegendes magnetisches Feld erzeugt ein elektrisches Feld mit Spannungen, die einen elektrischen Strom fließen lassen können. Dieses Paar von Phänomenen erlaubt es, dass die elektrischen Signale oder die elektrischen Effekte in dem Testschaltungsbereich **70** des Die **60** in der Vorrichtung **40** drahtlos an die Testsonde **50** kommuniziert werden.

[0047] Der Testschaltungsbereich **70** der mikroelektronischen Schaltung **62** wandelt elektrische Signale in elektromagnetische Strahlung, die diesen Signalen entsprechen kann. In einer Ausführungsform kann die elektromagnetische Strahlung Radiofrequenzstrahlung sein. Zum Beispiel kann die Information eines ersten elektrischen Signals in der Schaltung **62** auf eine Radiofrequenz-(RF)-Trägerwelle, die in dem Testschaltungsbereich **70** erzeugt wird, aufmoduliert werden. Wenn der Testschaltungsbereich **70** ein Signal auf einen RF-Träger aufmoduliert oder -codiert, kann die Modulation Frequenzmodulation oder Spread-Spectrum-Codierung sein.

[0048] In anderen Ausführungsformen kann Infrarotstrahlung verwendet werden, um die Information zu tragen. Ein (nicht gezeigter) Infrarotgenerator auf dem Chip in dem Testschaltungsbereich **70** kann verwendet werden, um die Testinformation auf einen In-

frarotstrahl zu codieren. Noch weitere Ausführungsformen können einen oder mehrere nicht gezeigte Laser auf dem Chip umfassen, um Informationen zu senden. Die Informationen werden auf einen Strahl von kohärenter optischer Strahlung (Licht) aufmoduliert oder aufcodiert, der von dem Laser auf dem Chip emittiert wird. Der Laser auf dem Chip ist ein Teil des Testschaltungsbereichs **70**.

[0049] Die Testsonde **50** empfängt oder detektiert die elektromagnetischen Antwortsignale, die von dem Testschaltungsbereich **70** der mikroelektronischen Schaltung **40** emittiert werden, die auf dem Testbett **20** gelagert ist. Die Testsonde **50** kann nahe der mikroelektronischen Schaltung **40** angeordnet werden, um die emittierte Strahlung zu detektieren. Wie in **Fig. 4** gezeigt ist, kann die Sonde oberhalb der mikroelektronischen Vorrichtung **40** positioniert werden, wenn die mikroelektronische Vorrichtung **40** in der Aufnahme **26** des Testbetts **20** gelagert ist (siehe auch **Fig. 7**).

[0050] Die Antwortsignale, die von der Sonde **50** detektiert werden, werden von der Sonde **50** durch einen elektrischen Testantwortanschluss **58** zu dem Computer **30** geleitet.

[0051] Der Computer **30** analysiert die von der Sonde **50** empfangenen Antwortsignale. Diese Analyse der Antwortsignale kann beim Feststellen hilfreich sein, ob die Schaltung der Vorrichtung **40** richtig arbeitet. Die speziellen Analyseprozeduren, die von dem Computer **30** ausgeführt werden, hängen von dem speziell zu analysierenden Merkmal ab. Wer mit dem Testen von mikroelektronischen Schaltungen vertraut ist, ist mit solchen Analyseprogrammen vertraut.

[0052] Die Testsonde **50** umfasst einen elektromagnetischen Empfänger **54**, wie er in **Fig. 6** gezeigt ist. Der elektromagnetische Empfänger **54** kann am Boden der Testsonde **50** vorgesehen sein, so dass er in enge Nähe zu der Vorrichtung **40** gebracht werden kann, wenn die Vorrichtung **40** in der Aufnahme **26** auf der oberen Oberfläche **22** des Testbetts **20** gelagert ist.

[0053] Der Empfänger **54** der Testsonde **50** kann zusätzlich bestimmte Signalverarbeitungsschaltungen zum Verarbeiten von Signalen umfassen, die von dem Empfänger **54** empfangen werden. Die Signalverarbeitungsschaltungen können auch getrennt von dem Empfänger **54** vorgesehen sein. Eine Leitung **57** stellt einen Signalpfad von dem Empfänger **54** zu dem elektrischen Testantwortanschluss **58** bereit.

[0054] Der Empfänger **54** an der Testsonde **50** detektiert das RF-Signal, das von dem Testschaltungsbereich **70** emittiert wird. Dann demoduliert oder decodiert der Empfänger **54** die Information von dem detektierten RF-Signal. Das Codieren oder Modulieren erlaubt es dem Empfänger **54** der Testsonde **50** die RF-Signale zu erkennen, die von dem Testschaltungsbereich **70** gesendet werden, und solche Signale von dem Hintergrundrauschen zu unterscheiden. Zusätzlich ermöglicht die Verwendung von eindeuti-

ger Codierung, wie sie beispielsweise bei der Spread-Spectrum-Codierung verfügbar ist, dass die Testsonde **50** Testsignale von mehreren Testschaltungsbereichen **70**, die von einer einzigen Vorrichtung **40** umfasst sein können, separat detektiert.

[0055] Bei einer vereinfachten Ausführungsform werden die Fachleute erkennen, dass elektrische Ströme in dem Testschaltungsbereich **70** induktiv in den Empfänger **54** der Testsonde **50** eingekoppelt werden können, um elektromagnetische Antwortsignale bereitzustellen. Ähnlich können Spannungen in dem Testschaltungsbereich **70** kapazitiv in den Empfänger **54** der Testsonde **50** eingekoppelt werden, um die elektromagnetischen Antwortsignale bereitzustellen.

[0056] Diese elektrischen Prinzipien erlauben es, Informationen von dem Testschaltungsbereich **70** drahtlos zu der Testsonde **50** zu übertragen. Derartige drahtlose Kommunikation von Informationen von dem Testschaltungsbereich **70** beseitigt die Notwendigkeit, ein separates Feld auf dem Die **60** nur für den Zweck des Testens vorzusehen. Das Beseitigen der Notwendigkeit für ein solches Feld auf dem Die **60** beseitigt auch die Notwendigkeit für einen entsprechenden Kontaktpin an der eingepackten Vorrichtung **40**. Weiterhin gibt es keine Notwendigkeit für eine leitfähige Spur oder Leitung zu einem Testsondenkontaktpunkt, weil der Testschaltungsbereich üblicherweise an oder nahe dem interessierenden Punkt der Schaltung **62** angeordnet werden kann.

[0057] Wie nahe der Empfänger **54** der Testsonde **50** an dem Testschaltungsbereich **70** der Schaltung **62** sein muss, ist eine Funktion des Abstands, über den der Empfänger **54** Signale, die von dem Testschaltungsbereich **70** ausgesendet werden, genau detektieren und decodieren kann. Die Sonde **50** kann vorzugsweise nahe genug an dem Testschaltungsbereich **70** angeordnet werden, dass der Empfänger **54** an der Sonde **50** von dem Testschaltungsbereich **70** emittierte Strahlung ohne Antennen oder Verstärkungseinrichtungen detektiert.

[0058] Bei Ausführungsformen, bei denen Signale induktiv von dem Testschaltungsbereich **70** in den Empfänger **54** eingekoppelt werden, ist der Abstand zwischen dem Testschaltungsbereich **70** und dem Empfänger **54** klein genug, dass eine elektromagnetische Induktivität in dem Empfänger **54** als Antwort auf einen sich ändernden Strom in dem Testschaltungsbereich **70** auftritt. Ausführungsformen, bei denen kapazitive Kopplung auftritt, weisen den Testschaltungsbereich **70** nahe genug an dem Empfänger **54** auf, dass Spannungen kapazitiv von der einen Schaltung in die andere eingekoppelt werden können.

[0059] Damit der Empfänger **54** der Testsonde **50** Radiofrequenzsignale, die von dem Testschaltungsbereich **70** emittiert werden, genau empfangen kann, kann die Testsonde **50** so positioniert werden, dass der Empfänger **54** innerhalb von 10 cm von dem Testschaltungsbereich **70** angeordnet ist, wenn die Vor-

richtung **40** auf dem Testbett **20** gelagert ist.

[0060] Vorzugsweise kann die Testsonde **50** horizontal über der Oberfläche des Testbetts **20** hinwegbewegt und so positioniert werden, dass der Empfänger **34** direkt über dem Testschaltungsbereich **70** des Die **60** der mikroelektronischen Vorrichtung **40** liegt. Bezugnehmend auf **Fig. 7** ist die Testsonde gezeigt, wie sie direkt über der mikroelektronischen Vorrichtung **40** angeordnet ist, die in der Aufnahme **26** des Testbetts **20** gelagert ist.

[0061] Der vertikale Abstand **80** zwischen der Testsonde **50** und der Vorrichtung **40** ist derart, dass der Empfänger **54** an der unteren Oberfläche der Testsonde **50** innerhalb von 10 cm von dem Testschaltungsbereich **70** des Die **60** liegt, das in der mikroelektronischen Vorrichtung **40** enthalten ist.

[0062] Das Verpackungsmaterial der eingepackten Vorrichtung **40** weist eine Dicke über dem Die **60** auf, das den Testschaltungsbereich **70** enthält. Zusätzlich kann eine Schutzabdeckung oder Verpackung an dem Ende der Sonde **50** eine Materialdicke über dem Empfänger **54** beitragen. Diese zwei Materialdicken können jeweils ungefähr  $\frac{1}{2}$  cm betragen. Deshalb ist der Abstand **80** zwischen dem Ende der Testsonde **50** und der oberen Oberfläche der eingepackten Vorrichtung **40** kleiner als der Abstand zwischen dem Testschaltungsbereich **70** und dem Empfänger **54**. Der Abstand **80** kann ungefähr 1 cm kleiner als der Abstand zwischen dem Testschaltungsbereich **40** und dem Empfänger **54** sein.

[0063] Wenn der Empfänger **54** direkt über dem Testschaltungsbereich **70** angeordnet ist, beträgt der Abstand **80** weniger als 10 cm und weniger als die Dicke von jeglichem Packungsmaterial, das die Oberfläche des Empfängers **54** und an der Vorrichtung **40** bedeckt. Um einen Abstand von 10 cm oder weniger zwischen dem Empfänger **54** und dem Testschaltungsbereich **70** zu erreichen, kann der Abstand **80** zwischen der Sonde **50** und der oberen Oberfläche der Vorrichtung **40** kleiner als 9 cm sein.

[0064] Vorzugsweise ist der Abstand **80** so angeordnet, dass die Testsonde **50** und insbesondere der Empfänger **54** der Testsonde **50** innerhalb von 3 cm von der Vorrichtung **40** liegt. Es ist besonders bevorzugt, wenn der Empfänger **40** der Testsonde **50** innerhalb von 3 cm davon liegt, wo der Testschaltungsbereich **70** an der Schaltung **60** innerhalb der Vorrichtung **40** vorliegt.

[0065] Idealerweise ist die Testsonde so positioniert, dass der Abstand zwischen dem Testschaltungsbereich **70** und dem Sondenempfänger **54** ungefähr 1 cm beträgt. Solch ein Abstand mag es erfordern, dass die Testsonde **50** nahezu oder tatsächlich die obere Oberfläche der eingepackten mikroelektronischen Vorrichtung **40** berührt.

[0066] Bei jedem Abstand größer als 10 cm gibt es eine Wahrscheinlichkeit, dass der Testsondenempfänger **54** Signale oder andere elektromagnetische Strahlung detektiert und verarbeitet, die von einer anderen Quelle als dem Testschaltungsbereich **70**

stammt. Zusätzlich wird bei größeren Abständen das Signal-zu-Rauschen-Verhältnis kleiner. Ein niedriges Signal-zu-Rauschen-Verhältnis kann den Empfänger daran hindern, die Informationen, die von dem Testschaltungsbereich **70** gesendet oder emittiert werden, korrekt zu decodieren.

[0067] In vielen Anwendungen gilt, dass je größer der Abstand zwischen dem Testschaltungsbereich **70** und dem Empfänger an der Sonde **50** ist, desto größer ist die Leistung, die an dem Testschaltungsbereich **70** bereitgestellt werden muss. Deshalb können Konstruktionsentscheidungen zwischen der Nähe, in die die Testsonde **50** gebracht werden kann, und dem Leistungsverbrauch der Vorrichtung **40** während des Testens erforderlich sein.

[0068] Die Fachleute werden erkennen, dass eine isotrope Strahlung von einem Ausgangspunkt eine Leistungsbeziehung ergibt, die umgekehrt proportional zur dritten Potenz des Abstands von dem Sendepunkt ist ( $1/r^3$ ). Deshalb muss, damit der Empfänger **54** dasselbe Leistungsniveau empfängt, die dem Testschaltungsbereich **70** zugeführte Leistung, wenn der Empfänger **54** 2 cm von dem Testschaltungsbereich **70** entfernt ist, das 8-Fache der Leistung betragen, als wenn der Empfänger **54** 1 cm von dem Testschaltungsbereich **70** entfernt ist. Jedoch werden die Fachleute auch erkennen, dass jede elektrische Leitung in der Nähe des sendenden Testschaltungsbereichs **70** und des Empfängers **54** die Funktion der empfangenen Leistung beeinflusst. Deshalb ergibt jede unterschiedliche Konstruktion der Schaltung **62** des Die **60** in der Vorrichtung **40**, des Testschaltungsbereichs **70** und des Empfängers **54** eine unterschiedliche Leistungsempfangsfunktion. Entsprechend erfordert jede Konstruktion des Testschaltungsbereichs **70** und der umgebenden Schaltung **62** ein Testen im Labor, um die spezielle Sendeleistungserfordernisse für diese Kombination zu identifizieren.

[0069] Viele spezielle Konstruktionen können für das abstrahlende oder sendende Segment des Testschaltungsbereichs **70** verwendet werden. Das Testschaltungssegment des Testschaltungsbereichs **70** kann ein RF-Oszillator sein. **Fig. 8a** zeigt einen NPN-Hartley-Oszillator, der, als das abstrahlende Segment des Testschaltungsbereichs **70** verwendet werden kann. Der NPN-Hartley-Oszillator ist einfach und leicht in eine mikroelektronische Schaltung, wie die Schaltung **62**, hinein zu konstruieren.

[0070] **Fig. 8b** zeigt einen NPN-Colpitts-Oszillator, der ebenfalls in dem abstrahlenden Segment des Testschaltungsbereichs **70** verwendet werden kann. Der NPN-Colpitts-Oszillator kann bei , der Verwendung in Schaltungen, in denen Oszillationsfrequenzen von mehr als 10 MHz erwünscht sind, besonders nützlich sein. Die Hartley- und Colpitts-Oszillatoren sowie andere Oszillatoren, die ebenfalls in die Schaltungskonstruktion eingebaut werden können, werden im Stand der Technik gut verstanden.

[0071] Ein einfacher Detektor/Demodulator, der in

dem Empfänger **54** verwendet werden kann, ist in **Fig. 9** gezeigt. Der Detektor/Demodulator des Empfängers **54** ist auf die Frequenz des Oszillators des entsprechenden Segments des Testschaltungsbereichs **70** abgestimmt. Der in **Fig. 9** gezeigte Detektor/Demodulator und andere Detektoren/Demodulatoren werden ebenfalls von den Fachleuten gut verstanden.

[0072] Die spezifische Frequenz, bei der der Oszillator des sendenden Segments des Testschaltungsbereichs **70** arbeitet, wird von der Anwendung und der Natur des von dem Testschaltungsbereichs **70** zu dem Empfänger **54** der Testsonde **50** zu sendenden Signals abhängen.

[0073] Die sendenden Segmente der Testschaltungsbereiche verwenden wenig Leistung und sind von kleiner Größe. Diese Merkmale ermöglichen es ihnen, einfach in die Schaltungskonstruktionen von mikroelektronischen Vorrichtungen zu passen.

[0074] Wie oben angemerkt wurde, können bestimmte Anwendungen mehr als einen Testschaltungsbereich **70** mit einem einzigen integrierten Schaltungsdiagramm **60** umfassen. Jedes zusätzliche Sendesegment eines Testschaltungsbereichs oder jeder unterschiedliche Testschaltungsbereich kann eine leicht unterschiedliche Sendefrequenz verwenden. Eine besonders günstige Anordnung ist es, codierte Spread-Spectrum-Signale zu verwenden. Jedes sendende Segment der Schaltung, die getestet wird, kann ihre eigene eindeutige Codierung aufweisen. Mehrere Testschaltungsbereiche **70** in unterschiedlichen Teilen der Schaltung erlauben es der Testsystemsonde **50**, die Schaltung abzutasten, um mehrere Teile der Vorrichtung zu überwachen. Gemäß der Erfindung kann dieses Abtasten erfolgen, ohne dass signifikante zusätzliche Verdrahtung in der Schaltungsvorrichtung **60** vorgesehen werden muss.

[0075] In bestimmten Anwendungen mag es wünschenswert sein, ein spezielles Testsignal auf die mikroelektronische Vorrichtung **40** anders als durch den normalen Eingangsanschluss der Vorrichtung aufzubringen. Bei solchen Anwendungen kann die Testsonde **50** zusätzlich einen (nicht gezeigten) elektromagnetischen Sender umfassen. Solch ein elektromagnetischer Sender kann in die Empfängerschaltung **54** integriert sein. Der elektromagnetische Sender kann elektromagnetische Strahlung, wie beispielsweise Radiofrequenzsignale, an den Testschaltungsbereich **70** des Die **60** senden. Bei solch einer Anwendung umfasst der Testschaltungsbereich **70** auch einen elektromagnetischen Empfänger. Somit umfasst bei dieser Ausführungsform der Testschaltungsbereich **70** ein elektromagnetisches Sendesegment und ein elektromagnetisches Empfangssegment. Der Sondenempfänger **54** umfasst ebenfalls ein elektromagnetisches Empfangssegment und ein elektromagnetisches Sendesegment. Unterschiedliche Modulationsfrequenzen oder Spread-Spectrum-Codierungen können von dem sendenden Segment des Empfängers **54** und von dem sendenden

Segment des Testschaltungsbereichs **70** verwendet werden. Solche unterschiedlichen Frequenzen oder Codierungen erlauben es den sendenden Segmenten des Empfängers **54** und des Testschaltungsbereichs **70**, gleichzeitig zu arbeiten.

[0076] Der Testschaltungsbereich **70** kann als ein "Macro" konstruiert sein, das in vielen unterschiedlichen mikroelektronischen Vorrichtungen verwendet werden kann. So kann derselbe Testschaltungsbereichsaufbau wiederholt verwendet werden, was die Konstruktionskosten einer Mehrzahl von mikroelektronischen Vorrichtungen reduziert.

[0077] Die Fachleute des Halbleitertestens werden auch erkennen, dass Halbleitervorrichtungen vor dem Einpacken unter Verrindung des oben beschriebenen Testsystems getestet werden können. Wenn ein Testen vor dem Einpacken ausgeführt wird, ist das Testbett **20** konstruiert, um ein bloßes Die aufzunehmen, wie beispielsweise das Die **60** (Fig. 6). Testsignale können auf die Eingangspunkte des Die durch Kontaktieren einer Sonde an die Vorrichtungseingangsfelder, wie beispielsweise die Felder **64a** des Die **60**, aufgebracht werden.

[0078] Die Fachleute werden auch erkennen, dass das Testbett zusätzlich modifiziert werden kann, um Vorrichtungen von unterschiedlichen Typen und Einpackungen aufzunehmen. Somit können Vorrichtungen unabhängig von ihrem Einpackungstyp getestet werden.

[0079] Das System, die mikroelektronische Vorrichtung und das Verfahren, die hier beschrieben wurden, erlauben das drahtlose Testen von Schaltungen im Inneren einer mikroelektronischen Vorrichtung, ohne dass leitfähige Leitungen oder Spuren an dem Umfang des Chips vorgesehen sein müssen und ohne dass zusätzliche Pins erforderlich sind, die nur für das Testen verwendet würden.

[0080] Nachdem sie mit der obigen Beschreibung versehen wurden, werden die Fachleute in der Lage sein, eine Vielzahl von-spezifischen Ausführungsformen und Implementationen zu konstruieren. Zum Beispiel können andere Formen der elektromagnetischen Sendung von der mikroelektronischen Vorrichtung zu dem Testapparat verwendet werden, andere spezifische Ausführungsformen des sendenden Segments des Testschaltungsbereichs und des Empfängers können konstruiert werden, und andere Formen des Testbetts können konfiguriert werden. Somit ist die obige Beschreibung nur dazu vorgesehen, beispielhaft zu sein und nicht beschränkend, wobei der Schutzbereich durch die beigefügten Patentansprüche beschränkt ist.

### Patentansprüche

1. System zum Testen einer mikroelektronischen Schaltung (**62**), die mehrere Testbereiche (**70**) aufweist, welche ausgebildet sind, ein elektromagnetisches Antwortsignal als Antwort auf ein vorgegebenes Signal zu emittieren, wobei das System

eine Signalquelle (**30**) zum Aufbringen des vorgegebenen Signals auf die mikroelektronische Schaltung (**62**) aufweist und **dadurch gekennzeichnet** ist, dass eine Testsonde (**50**) zum drahtlosen Empfangen von elektromagnetischen Antwortsignalen von der mikroelektronischen Schaltung (**62**) die elektromagnetischen Antwortsignale von den mehreren Testbereichen (**70**) der mikroelektronischen Schaltung (**62**), welche auf einem Testbett (**20**) gelagert ist, empfängt, wobei jeder der Testbereich (**70**) eine unterschiedliche Frequenz verwendet, um die elektromagnetischen Antwortsignale zu senden, so dass jede Frequenz einem unterschiedlichen Testbereich (**70**) entspricht, und wobei die Testsonde (**50**) einen elektromagnetischen Empfänger (**54**) aufweist, der ausgebildet ist, um die elektromagnetischen Antwortsignale zu detektieren.

2. System nach 1, wobei die elektromagnetischen Antwortsignale Radiofrequenzsignale aufweisen.

3. System nach Anspruch 1, wobei die elektrischen Antwortsignale Infrarotsignale aufweisen.

4. System nach Anspruch 1, wobei die elektromagnetischen Antwortsignale kohärente optische Signale aufweisen.

5. System nach Anspruch 1, das zusätzlich einen Computer (**30**) aufweist, der zum Analysieren der elektromagnetischen Antwortsignale, die von der Sonde (**50**) empfangen werden, an die Sonde (**50**) angeschlossen ist.

6. System nach Anspruch 2, das zusätzlich einen Computer (**30**) aufweist, der zum Analysieren der Radiofrequenzantwortsignale, die von der Sonde (**50**) empfangen werden, an die Sonde (**50**) angeschlossen ist.

7. System nach Anspruch 1, wobei die Signalquelle (**30**) zusätzlich drahtlos ein spezielles Testsignal durch die Sonde (**50**) an die mikroelektronische Schaltung (**62**) sendet.

8. System nach Anspruch 1, das zusätzlich einen Analysator (**30**) zum Analysieren der elektromagnetischen Antwortsignale, die von dem elektromagnetischen Empfänger (**54**) detektiert werden, aufweist.

9. System nach Anspruch 8, wobei der Analysator (**30**) die detektierten elektromagnetischen Antwortsignale analysiert, um zu bestimmen, ob die mehreren Testbereiche (**70**) korrekt arbeiten.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

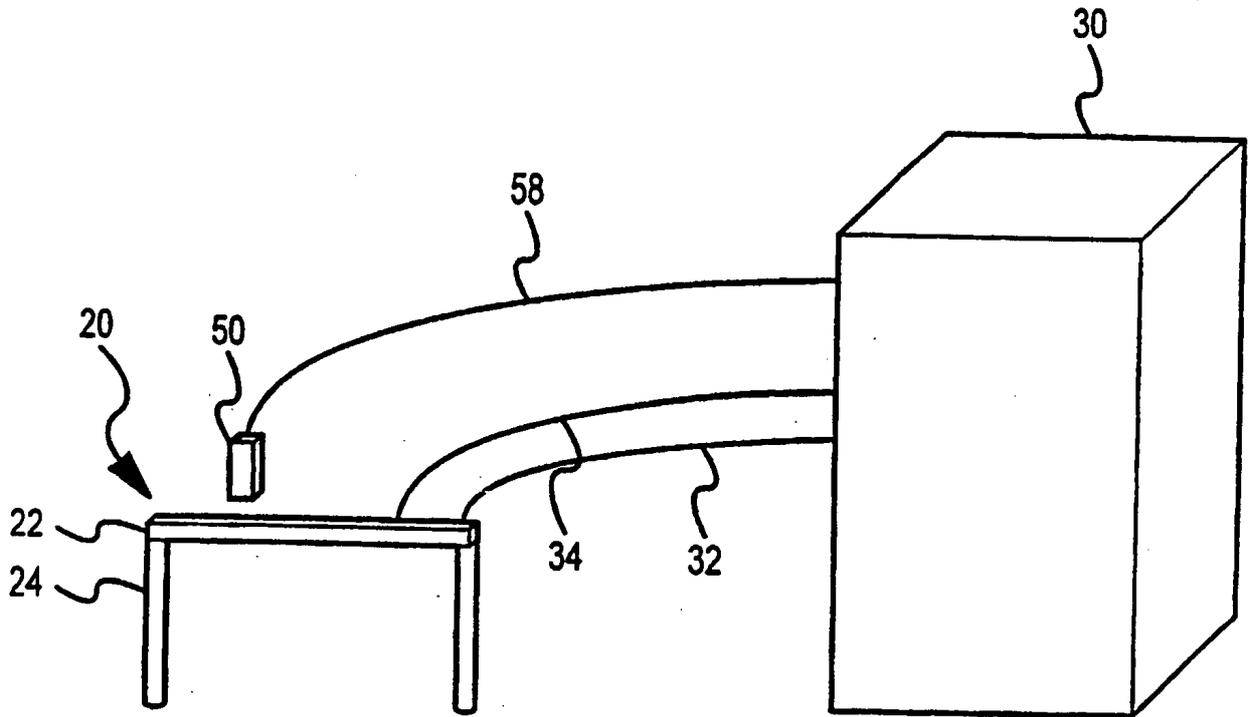


FIG. 1

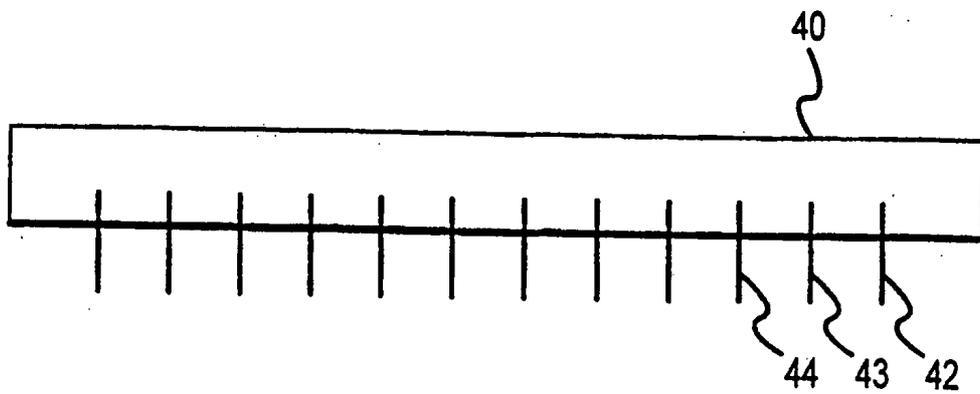
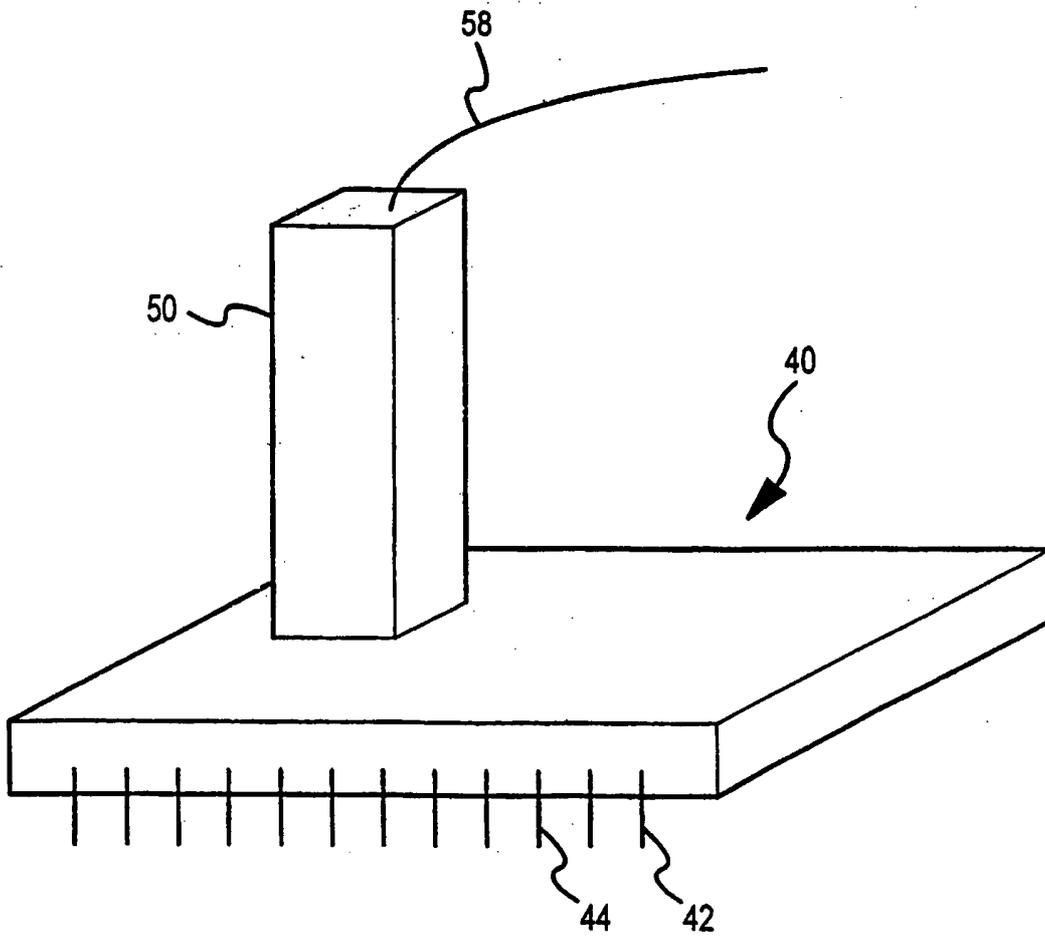
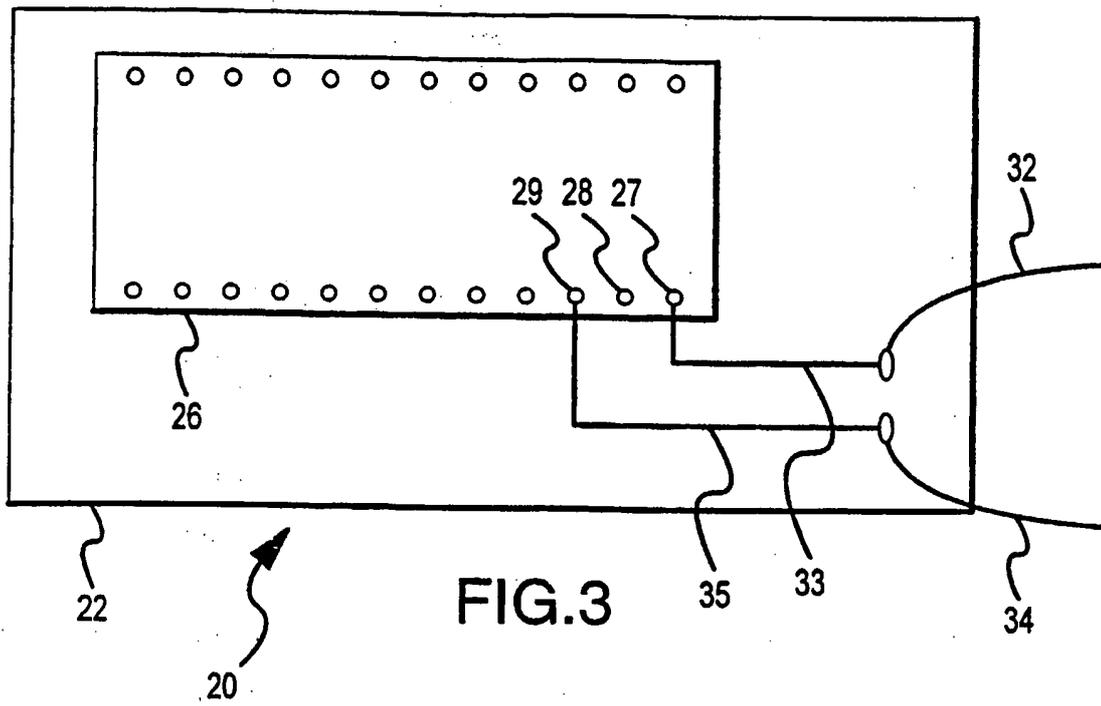


FIG. 2



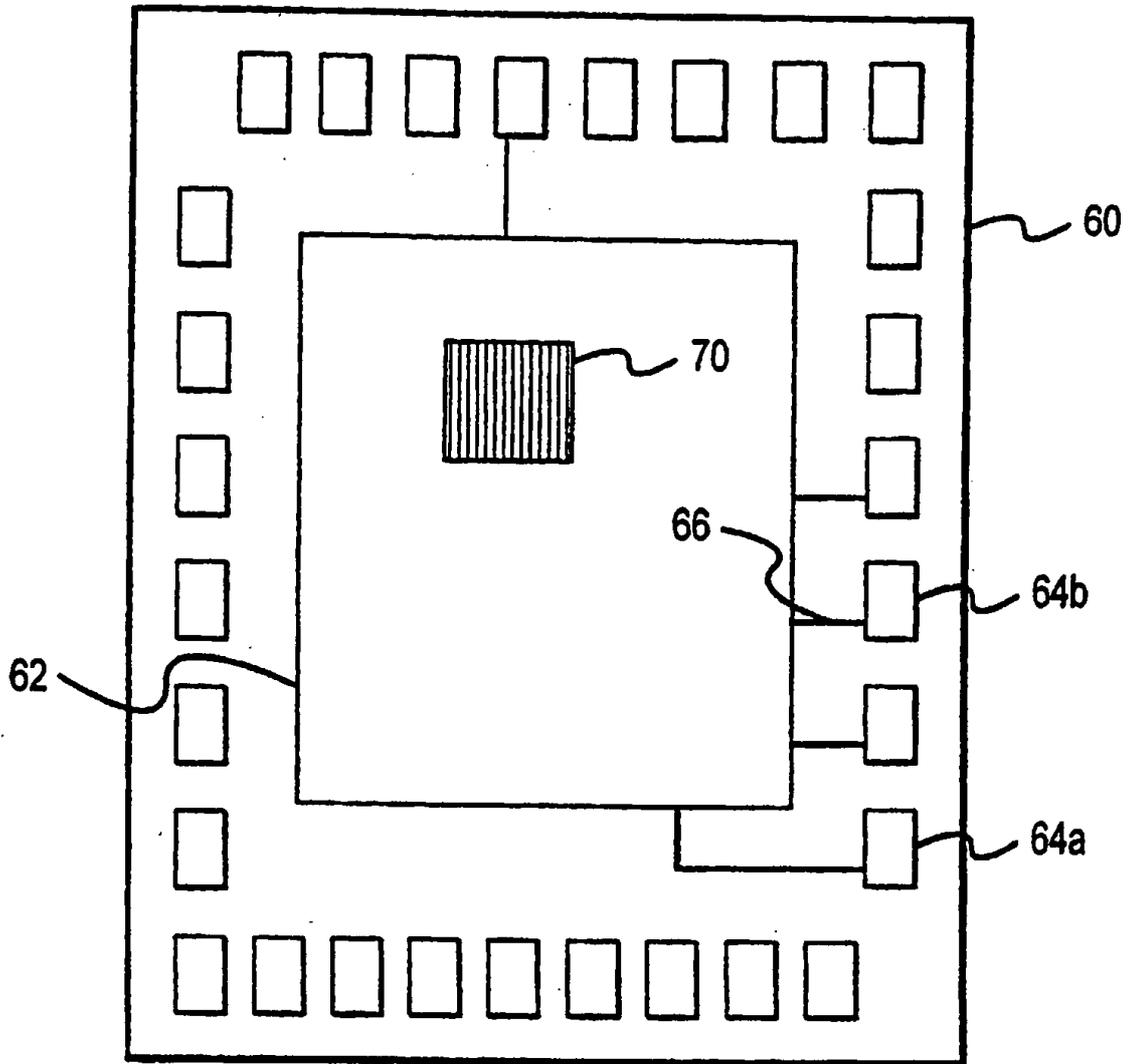


FIG.5

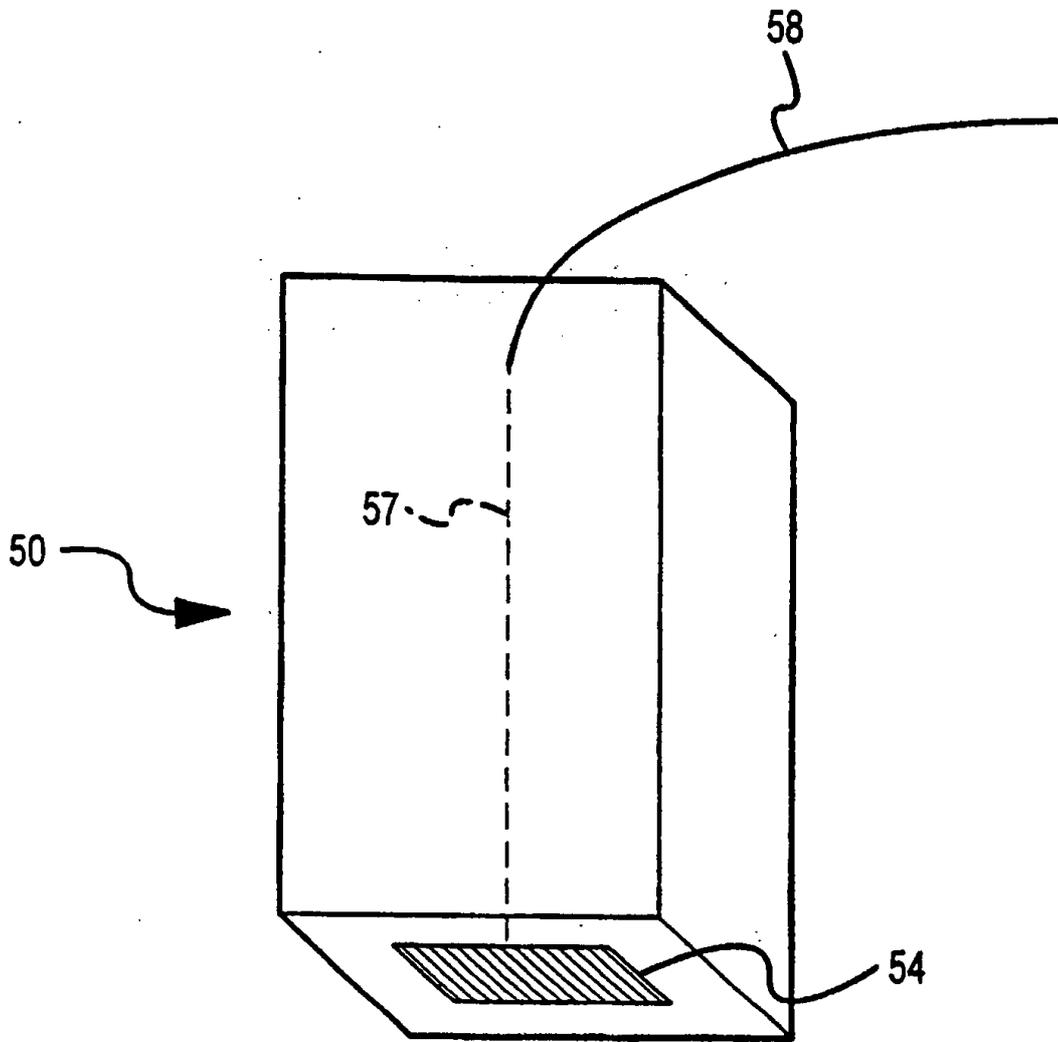


FIG.6

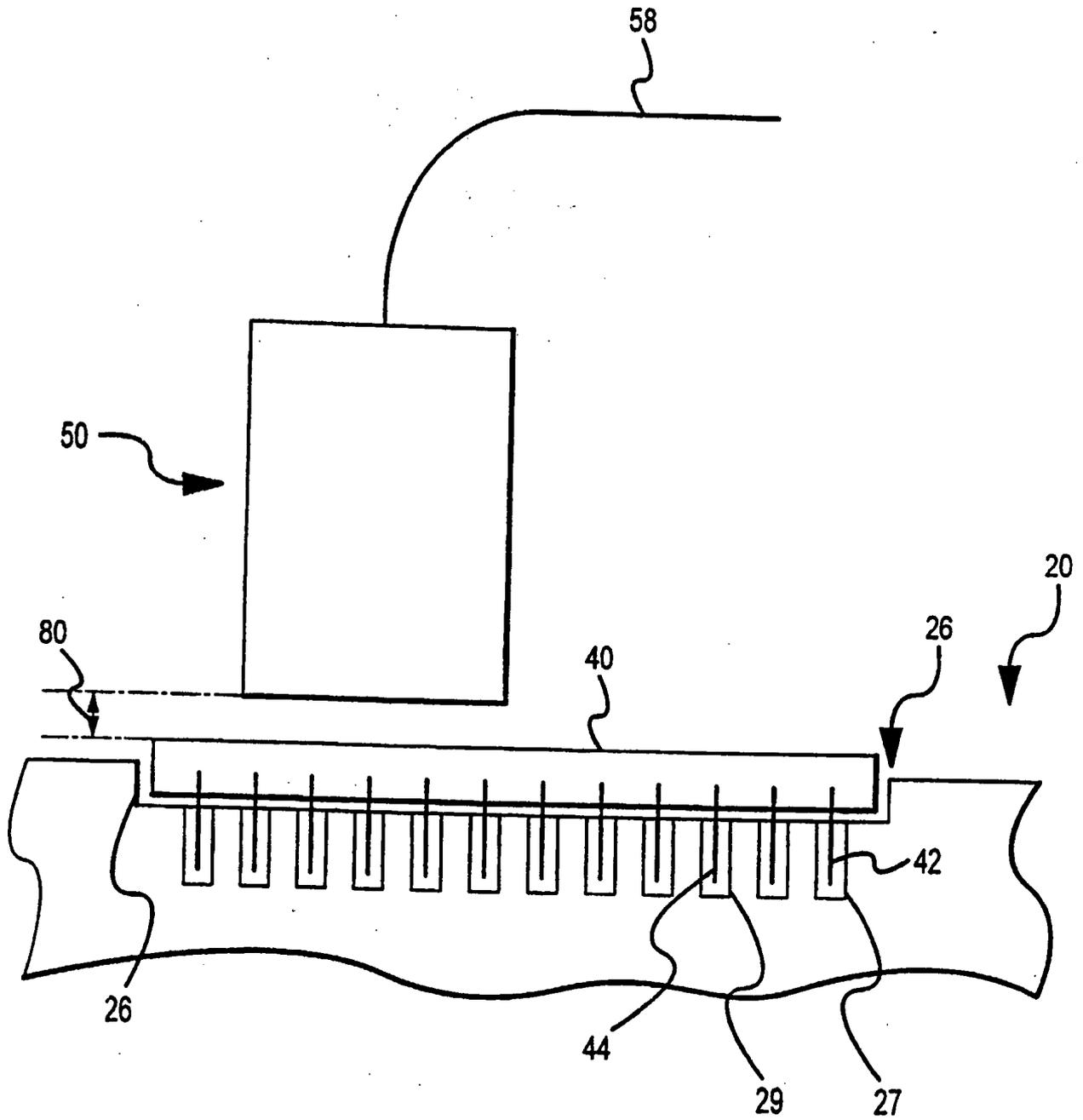


FIG.7

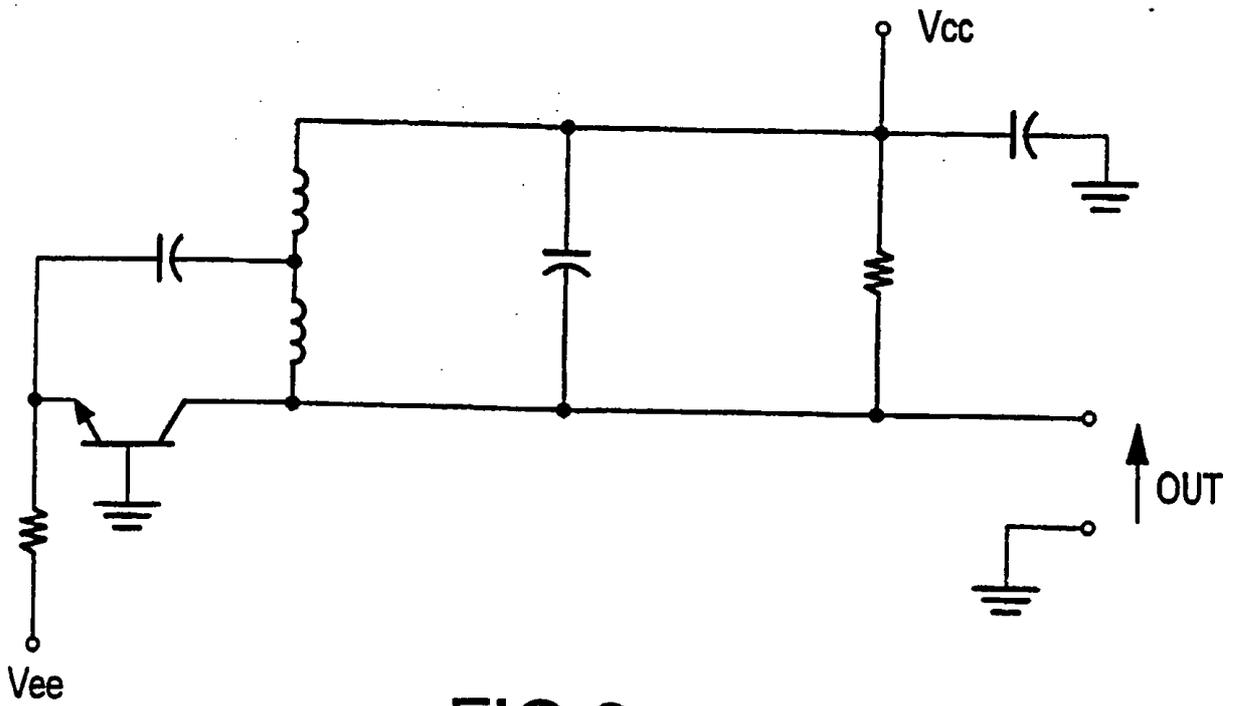


FIG.8a

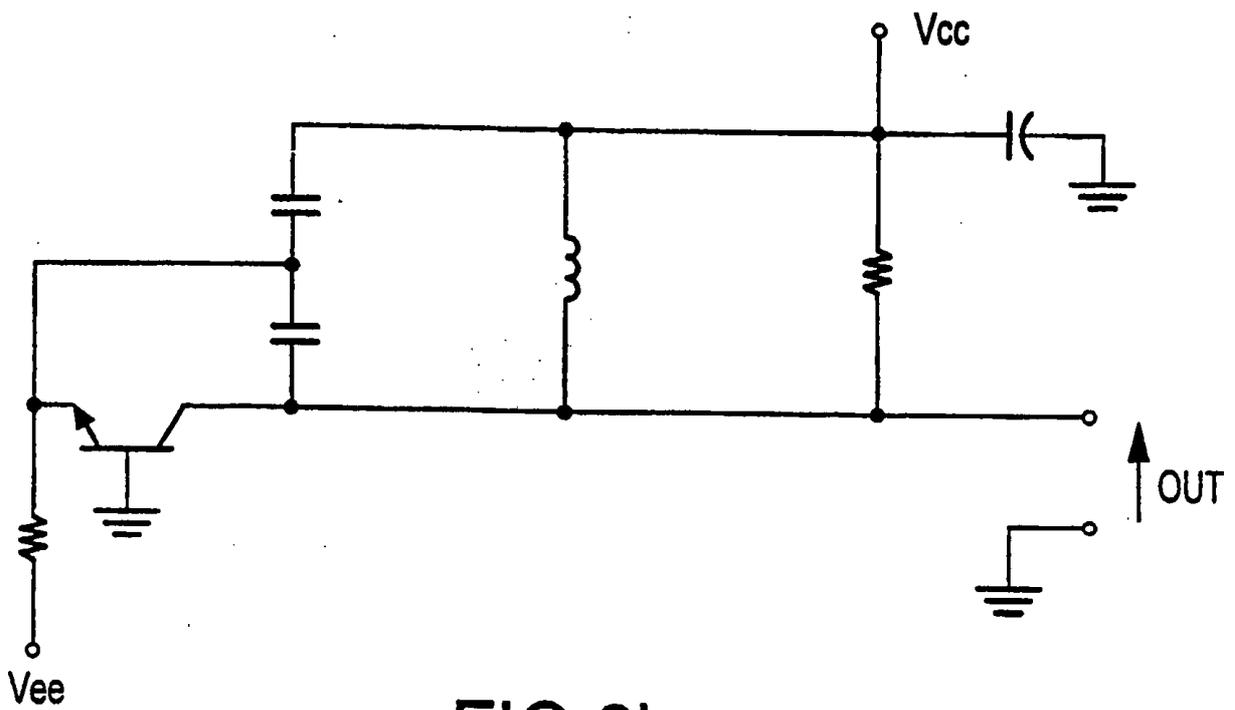


FIG.8b

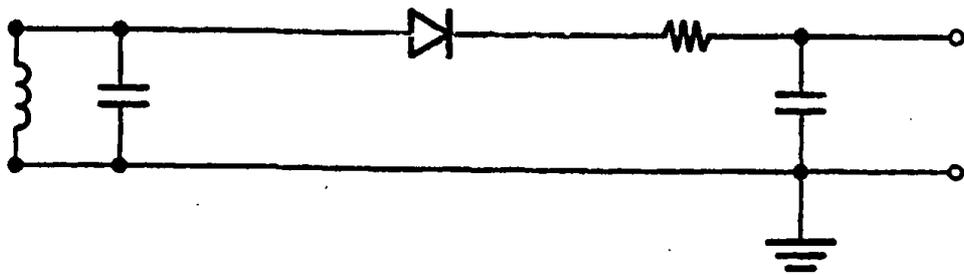


FIG.9