



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 24 381 T2** 2004.06.24

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 843 375 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 24 381.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 119 922.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **13.11.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.05.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.08.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.06.2004**

(51) Int Cl.7: **H01P 1/387**

(30) Unionspriorität:

30319696 14.11.1996 JP

(73) Patentinhaber:

Murata Mfg. Co., Ltd., Nagaokakyo, Kyoto, JP

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FI, FR, GB, SE

(72) Erfinder:

**Hasegawa, Takashi, Nagaokakyo-shi, Kyoto-fu,
JP; Marusawa, Hiroshi, Nagaokakyo-shi, Kyoto-fu,
JP**

(54) Bezeichnung: **Nichtreziproke Schaltungsanordnung**

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

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine nichtreziproke Schaltungsvorrichtung zur Verwendung in einer Mobilkommunikationseinrichtung, wie z. B. einem tragbaren Telefon etc., und insbesondere auf eine nichtreziproke Schaltungsvorrichtung, die als ein Zirkulator oder ein Isolator in einem Hochfrequenzband verwendet wird, wie z. B. dem Mikrowellenband oder ähnlichem.

[0002] Kürzlich wurde bei der Mobilkommunikation die Hochfrequenzeinrichtung immer weiter miniaturisiert und generalisiert, und es bestand ferner ein starker Bedarf, die Größe und Kosten einer nichtreziproken Schaltungsvorrichtung zu verringern, die in einer solchen Einrichtung verwendet wird.

[0003] Eine bekannte nichtreziproke Schaltungsvorrichtung ist z. B. eine Vorrichtung, die eine Mehrzahl von Mittelelektroden, die angeordnet sind, um einander in einem elektrisch isolierten Zustand zu überkreuzen, wobei magnetische Mikrowellenmaterialien über und unter der Mehrzahl von Mittelelektroden vorgesehen sind, und einen Dauermagnet aufweist, zum Anwenden eines Gleichmagnetfeldes an die Mehrzahl von Mittelelektroden, d. h. eine nichtreziproke Schaltungsvorrichtung mit konzentrierten Parametern. Eine solche nichtreziproke Schaltungsvorrichtung mit konzentrierten Parametern wird z. B. als ein Zirkulator oder ein Isolator verwendet.

[0004] **Fig. 1** ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die ein Beispiel eines herkömmlichen Zirkulators zeigt. Bei diesem Zirkulator, um die Größe desselben zu reduzieren, ist eine Mehrzahl von Mitteleleitern in einem ferromagnetischen Körper **1** angeordnet, um einander in einem elektrisch isolierten Zustand zu überkreuzen. Das heißt, wie in einer auseinandergezogenen perspektivischen Ansicht aus **Fig. 2** gezeigt ist, daß der ferromagnetische Körper **1** eine laminierte Struktur aufweist, die eine Mehrzahl von ferromagnetischen Materialschichten **1a** bis **1e** aufweist. An den Oberseiten der ferromagnetischen Materialschichten **1b**, **1c** und **1d** sind Mitteleleiter **2a** und **2b**, **2c** und **2d** bzw. **2e** und **2f** gebildet. Anders ausgedrückt ist an der Oberseite von jeder der ferromagnetischen Materialschichten **1b** bis **1d** ein Paar von Mitteleleitern angeordnet.

[0005] Die Mitteleleiter **2a** und **2b**, die Mitteleleiter **2c** und **2d** und die Mitteleleiter **2e** und **2f** sind angeordnet, um einander in einem laminierten Zustand zu überkreuzen, und sind durch die ferromagnetischen Materialschichten **1c** und **1d** elektrisch isoliert.

[0006] Auf den ferromagnetischen Materialschichten **1a** und **1e** sind Masseelektroden **3a** bzw. **3b** gebildet.

[0007] Bei dem ferromagnetischen Körper **1**, der in **Fig. 1** gezeigt ist, sind externe Elektroden **4a**, **4b** und **4c** an der Seite desselben gebildet, um mit Masseelektroden **3a** und **3b** gemeinsam verbunden zu sein, und wobei jede externe Elektrode elektrisch mit den Enden von einem der Paare von elektrischen Leitern

2a–2f verbunden ist.

[0008] In **Fig. 1** ist an der Oberseite des ferromagnetischen Körpers **1** ein dielektrischer Körper **5** befestigt. Der dielektrische Körper **5** weist dielektrische Keramik auf und weist einen Kondensator auf, der in demselben zum Bilden einer Anpassungsschaltung vorgesehen ist. Das heißt, wie in einer auseinandergezogenen Ansicht aus **Fig. 3** gezeigt ist, daß der dielektrische Körper **5** eine laminierte Struktur aufweist, die dielektrische Schichten **5a** und **5b** aufweist. An der Oberseite der dielektrischen Schicht **5a** sind Kapazitätselektroden **6a**, **6b** und **6c** gebildet. An der Oberseite der dielektrischen Schicht **5b** ist eine Masseelektrode **7** gebildet. Daher, bei jedem Abschnitt, wo die Kapazitätselektroden **6a** bis **6c** mit der Masseelektrode **7** und der Masseelektrode **3b** durch die dielektrischen Schichten **5b** bzw. **5a** überlappen, wird ein Kondensator gebildet.

[0009] In **Fig. 1** sind externe Elektroden **8a**, **8b** und **8c** an der Seite des dielektrischen Körpers **5** gebildet. Jede dieser externen Elektroden **8a** bis **8c** ist elektrisch mit einer der Kapazitätselektroden oder einer der Masseelektroden verbunden.

[0010] Andererseits sind der ferromagnetische Körper **1** und der dielektrische Körper **5** in einer Anschlußplatte **9** enthalten, die eine zylindrische Aushöhlung **9a** in der Mitte derselben aufweist. In der Anschlußplatte **9** sind Leiterstrukturen **10a** bis **10c** gebildet, die Eingangs-/Ausgangsanschlüsse und leitfähige Strukturen **10d**, **10e** und **10f** bilden, die mit dem Massepotential verbunden sind.

[0011] Die externen Elektroden **4a** bis **4c**, die an der Seite des ferromagnetischen Körpers **1** gebildet sind, und die externen Elektroden **8a** bis **8c**, die an der Seite des dielektrischen Körpers **5** gebildet sind, sind in der Aushöhlung **9a** der Anschlußplatte **9** enthalten und entsprechend mit den leitfähigen Strukturen **10a** bis **10f** verbunden.

[0012] In **Fig. 1** ist ein Dauermagnet **11** vorgesehen, zum Anlegen eines Magnetfeldes an einen Abschnitt in dem ferromagnetischen Körper **1**, wo die Mitteleleiter einander überkreuzen. Die nichtreziproke Schaltungsvorrichtung, die in **Fig. 1** gezeigt ist, weist ferner metallische Joche **12** und **13** auf. Die Anschlußplatte **9** und der Magnet **11** werden zwischen den Jochen **12** und **13** gehalten. Die Joche **12** und **13** bilden eine Magnetschaltung zum Anlegen eines Magnetfeldes zusammen mit dem Magneten **11**.

[0013] Bei der nichtreziproken Schaltungsvorrichtung, die in den **Fig. 1** bis **3** gezeigt ist, da der Abschnitt, wo die Mehrzahl von Mitteleleitern **2a**, **2b** bis **2e** und **2f** einander in einem elektrisch isolierten Zustand überkreuzen, einstückig durch Verwenden des ferromagnetischen Körpers **1** gebildet ist, kann die nichtreziproke Schaltungsvorrichtung einfach hergestellt und miniaturisiert werden.

[0014] Da der ferromagnetische Körper **1** und der dielektrische Körper **5** jedoch separat gebrannt und dann miteinander verbunden werden, müssen die externen Elektroden **4a** bis **4c** und die externen Elektro-

den **8a** bis **8c** an den Seiten desselben elektrisch durch Löten oder ähnliches verbunden werden. Daher wird die Anzahl von Verbindungspunkten erhöht und somit tritt ein Problem im Hinblick auf eine unzureichende Zuverlässigkeit auf. Ferner, da der ferromagnetische Körper **1** und der dielektrische Körper **5** separat gebrannt werden, muß eine Mehrzahl von Brennschritten ausgeführt werden, und ein aufwendiges Zusammenbauverfahren ist erforderlich, wodurch es schwierig gemacht wird, die Herstellungskosten zu reduzieren.

[0015] Daher können die obigen Probleme möglicherweise durch ein gleichzeitiges Brennen des ferromagnetischen Körpers **1** und des dielektrischen Körpers **5** gelöst werden. Das heißt, die obigen Probleme können möglicherweise durch ein Verfahren gelöst werden, bei dem eine Grünschlicht zum Bilden des ferromagnetischen Körpers **1** und eine Grünschlicht zum Bilden des dielektrischen Körpers **5** laminiert und gleichzeitig gebrannt werden.

[0016] Brennzustände für den ferromagnetischen Körper **1** und den dielektrischen Körper **5** sind jedoch unterschiedlich, und somit verursacht ein Brennen unter Zuständen, die für einen der Körper geeignet sind, die Möglichkeit, daß das Brennen des anderen nicht ausreichend verläuft. Ferner verursacht ein Brennen unter Zwischenzuständen zwischen den Zuständen für beide Körper insofern ein Problem, daß sowohl der ferromagnetische Körper **1** als auch der dielektrische Körper **5** nicht ordnungsgemäß gebrannt werden können.

[0017] Zusätzlich dazu, sogar wenn der ferromagnetische Körper **1** und der dielektrische Körper **5** gleichzeitig gebrannt werden können, ist es weiterhin nicht möglich, dieselbe Leitung bei dem Schritt des Vorbereitens von Rohmaterialien zu verwenden, wodurch Schwierigkeiten beim Verringern der Herstellungskosten verursacht werden.

[0018] Daher wurde als ein Verfahren zum Lösen der obigen Probleme ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem ein Mittelleiteranordnungsabschnitt und ein Kondensatorbildungsabschnitt zum Bilden einer Anpassungsschaltung in demselben ferromagnetischen Körper gebildet werden. Dieses Verfahren wird Bezug nehmend auf **Fig. 4** und **5** beschrieben.

[0019] **Fig. 4** ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die ein anderes Beispiel einer herkömmlichen nichtreziproken Schaltungsvorrichtung darstellt. Bei dem ferromagnetischen Körper **15**, der in **Fig. 4** gezeigt ist, ist eine Mehrzahl von Mittelleitern und eine Anpassungsschaltung angeordnet. Die Elektrodenstruktur bei dem ferromagnetischen Körper **15** ist in einer auseinandergezogenen perspektivischen Ansicht aus **Fig. 5** gezeigt.

[0020] Bei dem ferromagnetischen Körper **15** sind ferromagnetische Schichten **15a** bis **15e** laminiert. An den Oberseiten der ferromagnetischen Schichten **15b** bis **15d** ist eine Mehrzahl von Mittelleitern **16a**, **16b** bis **16e** und **16f** gebildet, wie in dem Fall des ferromagnetischen Körpers **1**, der in **Fig. 2** gezeigt ist.

Bei dieser Struktur sind Enden der Mittelleiter **16a** und **16b** an der oberen Oberfläche der ferromagnetischen Schicht **15b** elektrisch mit einer Kapazitätselektrode **17a** verbunden. Auf ähnliche Weise sind Enden der Mittelleiter **16c** und **16d** an der Oberseite der ferromagnetischen Schicht **15c** mit einer Kapazitätselektrode **17b** verbunden, die auf derselben gebildet ist, und Enden der Mittelleiter **16e** und **16f** an der Oberseite der ferromagnetischen Schicht **15d** sind elektrisch mit einer Kapazitätselektrode **17c** verbunden, die auf derselben gebildet ist.

[0021] An den Oberseiten der ferromagnetischen Schichten **15a** und **15e** sind Masseelektroden **18a** bzw. **18b** gebildet. Daher sind in dem ferromagnetischen Material **15**, das durch Laminieren der ferromagnetischen Schichten **15a** bis **15e** und einstückiges Brennen der Schichten gebildet wird, nicht nur die Mehrzahl der Mittelleiter **16a** bis **16f** angeordnet, sondern ferner die Kapazitätselektroden **17a** bis **17c** zum Bilden einer Anpassungsschaltung. Die Kapazitätselektroden **17a** bis **17c** überlappen mit den Masseelektroden **18a** und **18b**, um Kondensatoren zu bilden.

[0022] Bezug nehmend auf **Fig. 4** ist der ferromagnetische Körper **15** in eine Aushöhlung **9a** einer Anschlußplatte **9** mit einem Dauermagneten **11** angeordnet an demselben eingefügt und wird zwischen metallischen Jochen **12** und **13** gehalten, um eine nichtreziproke Schaltungsvorrichtung zu bilden.

[0023] Die nichtreziproke Schaltungsvorrichtung, die in **Fig. 4** gezeigt ist, weist den Abschnitt auf, wo die Mehrzahl der Mittelleiter angeordnet ist, durch Verwenden des ferromagnetischen Körpers **15**, und die Anpassungsschaltung. Daher kann der Zusammenbauschnitt vereinfacht werden und die Herstellungskosten können verringert werden, da eine Mehrzahl von Leitungen bei dem Rohmaterialvorbereitungsschritt nicht verwendet werden muß. Ferner, da kein Bedarf zum Verbinden der Mittelleiter und der Anpassungsschaltung durch Löten oder ähnliches vorliegt, kann die Zuverlässigkeit verbessert werden.

[0024] Da die Kondensatoren zum Bilden der Anpassungsschaltung jedoch durch den ferromagnetischen Körper **15** gebildet sind, ist es möglich, daß ein Verlust bei der Anpassungsschaltung aufgrund des magnetischen Verlusts des ferromagnetischen Körpers erhöht werden kann, wodurch der Einfügungsverlust der nichtreziproken Schaltungsvorrichtung erhöht werden kann.

[0025] Die EP 0664573A1 beschreibt ein nichtreziprokes Schaltungselement, wie z. B. einen Zirkulator, das eine Mehrschichtplatine zum Bilden einer Mittelleiterstruktur und einer Anpassungskapazität aufweist. Die Mehrschichtplatine wird durch Laminieren einer Mehrzahl von dielektrischen Schichten hergestellt, auf denen die Mittelelektroden oder die Anpassungskapazitätselektroden gebildet werden und einstückig gebrannt werden. Das Mehrschichttor umfaßt eine Aussparung zum Aufnehmen eines Ferrits, das, sobald es eingefügt ist, den Mittelelektroden zugewandt

ist, die auf der Mehrschichtplatine unter der Aussparung gebildet sind.

[0026] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine nichtreziproke Schaltungsvorrichtung mit ausgezeichneter Zuverlässigkeit zu schaffen, die eine Reduzierung ihrer Größe und eine Vereinfachung ihres Herstellungsverfahrens ohne Verschlechterung ihrer Eigenschaften, wie z. B. des Einfügungsverlustes, ermöglicht.

[0027] Diese Aufgabe wird durch eine nichtreziproke Schaltungsvorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0028] Gemäß einem umfassenden Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine nichtreziproke Schaltungsvorrichtung geschaffen, die einen ersten ferromagnetischen Körper, eine Mehrzahl von Mittelleitern, die in dem ersten ferromagnetischen Körper gebildet sind und die angeordnet sind, um einander in einem elektrisch isolierten Zustand zu überkreuzen, einen zweiten ferromagnetischen Körper, der an dem ersten ferromagnetischen Körper befestigt ist und eine Anpassungsschaltung aufweist, die in dem zweiten ferromagnetischen Körper gebildet und elektrisch mit der Mehrzahl von Mittelleitern verbunden ist, wobei der erste und der zweite ferromagnetische Körper unterschiedliche Sättigungsmagnetisierungen aufweisen.

[0029] Bei dieser nichtreziproken Schaltungsvorrichtung sind der erste ferromagnetische Körper und der zweite ferromagnetische Körper einstückig gebildet, die Mehrzahl von Mittelleitern ist in dem ersten ferromagnetischen Körper angeordnet und die Anpassungsschaltung ist in dem zweiten ferromagnetischen Körper angeordnet. Somit weisen der Abschnitt, wo die Mehrzahl von Mittelleitern angeordnet ist, und der Abschnitt, wo die Anpassungsschaltung gebildet ist, ferromagnetische Körper auf, und somit kann dieselbe Leitung bei dem Rohmaterialvorbereitungsschritt verwendet werden. Zusätzlich dazu, da der erste und der zweite ferromagnetische Körper unterschiedliche Sättigungsmagnetisierungen aufweisen, kann der magnetische Verlust z. B. verringert werden, sowohl wenn die Sättigungsmagnetisierung des zweiten ferromagnetischen Körpers kleiner ist als die des ersten ferromagnetischen Körpers, als auch wenn die Sättigungsmagnetisierung des zweiten ferromagnetischen Körpers größer ist als die des ersten ferromagnetischen Körpers.

[0030] Ferner ist eine Magnetschaltung vorzugsweise an dem ersten ferromagnetischen Körper vorgesehen, um ein magnetisches Gleichfeld anzulegen. In diesem Fall, da die Magnetschaltung zum Anlegen eines magnetischen Gleichfeldes bei dem Abschnitt integriert ist, wo die Mittelleiter angeordnet sind, kann der Zusammenbauschnitt weiter vereinfacht werden.

[0031] Ferner beschreibt Anspruch 5 einen spezifischen Aspekt der vorliegenden Erfindung, der die Anpassungsschaltung betrifft.

[0032] Ferner sind der erste und der zweite ferromagnetische Körper vorzugsweise durch simultanes Brennen integriert. Daher kann der Schritt des Befes-

tigens des ersten und des zweiten ferromagnetischen Körpers weggelassen werden, wodurch die Zuverlässigkeit der elektrischen Verbindung zwischen den Mittelleitern und der Anpassungsschaltung erhöht wird.

[0033] Fig. 1 ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die ein Beispiel einer herkömmlichen nichtreziproken Schaltungsvorrichtung zeigt;

[0034] Fig. 2 ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht des ferromagnetischen Körpers, der in Fig. 1 gezeigt ist;

[0035] Fig. 3 ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die die interne Struktur des dielektrischen Körpers darstellt, der in Fig. 1 gezeigt ist;

[0036] Fig. 4 ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die ein anderes Beispiel einer herkömmlichen nichtreziproken Schaltungsvorrichtung darstellt;

[0037] Fig. 5 ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die die interne Struktur des ferromagnetischen Körpers bei der herkömmlichen nichtreziproken Schaltungsvorrichtung darstellt, die in Fig. 4 gezeigt ist;

[0038] Fig. 6 ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die eine nichtreziproke Schaltungsvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0039] Fig. 7 ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht, die den ferromagnetischen Körper darstellt, der bei diesem Ausführungsbeispiel verwendet wird;

[0040] Fig. 8 ist eine perspektivische Ansicht, die das Erscheinen des ferromagnetischen Körpers darstellt, der bei dem Ausführungsbeispiel verwendet wird; und

[0041] Fig. 9 ist eine Zeichnung, die die Beziehung zwischen einem externen Magnetfeld und dem imaginären Teil μ'' der Permeabilität für eine positive zirkular polarisierte Welle zeigt, zum Darstellen des Grundes, warum der magnetische Verlust bei der nichtreziproken Schaltungsvorrichtung des Ausführungsbeispiels verringert wird.

[0042] Ein Beispiel der Struktur einer nichtreziproken Schaltungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend beschrieben.

[0043] Fig. 6 ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht einer nichtreziproken Schaltungsvorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Aufbau, der in Fig. 6 gezeigt ist, ist der gleiche wie bei der herkömmlichen nichtreziproken Schaltungsvorrichtung, die in Fig. 4 gezeigt ist, unter Ausnahme der Struktur eines ferromagnetischen Körpers **25**.

[0044] Die Mittelleiter und die Anpassungsschaltung, die in dem ferromagnetischen Körper **25** gebildet sind, sind Bezug nehmend auf Fig. 7 beschrieben. Fig. 7 ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht des ferromagnetischen Körpers **25**.

[0045] Der ferromagnetische Körper **25** weist eine Struktur auf, bei der ferromagnetische Schichten **25a**

bis **25g** laminiert und einstückig gebrannt sind. Die ferromagnetischen Schichten **25a** bis **25d** bilden einen ersten ferromagnetischen Körper **25A** und die ferromagnetischen Schichten **25e** bis **25g** bilden einen zweiten ferromagnetischen Körper **25B**.

[0046] An der Oberseite der Magnetschicht **25b** sind Mittelleiter **26a** und **26b** gebildet. Ferner sind an den Oberseiten der Magnetschichten **25c** und **25d** Mittelleiter **26c** und **26d** bzw. Mittelleiter **26e** und **26f** gebildet. Die Mittelleiter **26a** und **26b** sind parallel zueinander. Auf ähnliche Weise sind die Mittelleiter **26c** und **26d** parallel zueinander gebildet, und die Mittelleiter **26e** und **26f** sind ebenfalls parallel zueinander gebildet. Das heißt, bei diesem Ausführungsbeispiel weist jeder Mittelleiter, der sich in einer gegebenen Richtung erstreckt, ein Paar von Mittelleitern auf, wie oben beschrieben ist.

[0047] Die Mittelleiter **26a** und **26b**, die Mittelleiter **26c** und **26d** und die Mittelleiter **26e** und **26f** sind angeordnet, um einander in der Nähe der Mitte zu überkreuzen. Ferner sind die Mittelleiter **26a** und **26b**, die Mittelleiter **26c** und **26d** und die Mittelleiter **26e** und **26f** mit den ferromagnetischen Schichten **25c** bzw. **25d** zwischen denselben angeordnet und somit elektrisch isoliert.

[0048] An den oberen Oberflächen der ferromagnetischen Schichten **25a**, **25e** und **25g** sind Masseelektroden **27a**, **27b** bzw. **27c** gebildet. An der oberen Oberfläche der ferromagnetischen Schicht **25f** sind drei Kapazitäts Elektroden **28a**, **28b** und **28c** gebildet. Die Kapazitäts Elektroden **28a** bis **28c** sind gegenüberliegend zu den Masseelektroden **27b** und **27c** durch die ferromagnetischen Schichten **25f** bzw. **25g**, um drei Kondensatoren zu bilden.

[0049] Die Mittelleiter **26a** bis **26f**, die Masseelektroden **27a** bis **27c** und die Kapazitäts Elektroden **28a** bis **28c** werden durch Beschichten einer leitfähigen Paste auf die oberen Oberflächen der magnetischen Grünsichten, Laminiieren der Grünsichten und dann einstückiges Brennen der Grünsichten gebildet. Das heißt, der ferromagnetische Körper **25** weist ein einstückig gesintertes Formteil auf.

[0050] Wie in **Fig. 8** gezeigt ist, sind an der Seite des ferromagnetischen Körpers **25** externe Elektroden **29a** bis **29f** gebildet. Die externen Elektroden **29a**, **29c** und **29e** sind mit den Masseelektroden **27a**, **27b** und **27c** verbunden. Die externe Elektrode **29a** ist ferner mit den Enden der Mittelleiter **26a** und **26b** verbunden. Die externe Elektrode **29c** ist mit Enden der Mittelleiter **26c** und **26d** verbunden. Die externe Elektrode **29e** ist elektrisch mit Enden der Mittelleiter **26e** und **26f** verbunden, d. h. den Enden, die mit dem Massepotential verbunden werden sollen.

[0051] Andererseits ist die externe Elektrode **29b** mit den anderen Enden der Mittelleiter **26e** und **26f** verbunden. Die externen Elektroden **29d** und **29f** sind mit den anderen Enden der Mittelleiter **26a** und **26b** bzw. den Mittelleitern **26c** und **26d** verbunden.

[0052] Ferner sind die externen Elektroden **29b**, **29c** und **29f** elektrisch mit den Kapazitäts Elektroden

28c, **28b** bzw. **28a** verbunden.

[0053] Daher bilden die externen Elektroden **29b**, **29d** und **29f** in dem ferromagnetischen Körper **25** Abschnitte, die mit einem Eingangs-/Ausgangsanschluß verbunden werden sollen, und die externen Elektroden **29a**, **29c** und **29e** bilden Verbindungsenden, die mit den Masseelektroden verbunden werden sollen.

[0054] Die externen Elektroden **29a** bis **29f** werden durch Beschichten von leitfähiger Paste auf den ferromagnetischen Körper **25** gebildet, der durch einstückiges Brennen erhalten wird, und dann durch Härten oder Backen der leitfähigen Paste. Alternativ können die externen Elektroden **29a** bis **29f** durch Laminiieren magnetischer Grünsichten vor dem Brennen vervollständigt werden, wobei leitfähige Paste an der Seite des Laminats beschichtet und dann einstückig gebrannt wird, um das magnetische Material zu brennen und die externen Elektroden **29a** bis **29f** zu backen.

[0055] Wie oben beschrieben ist, enthält der ferromagnetische Körper **25** dieses Ausführungsbeispiels nicht nur die Mehrzahl von Mittelleitern **26a** bis **26f** und die Masseelektroden **27a** und **27b**, sondern ferner die Kapazitäts Elektroden **28a** bis **28c** und die Masseelektrode **27c** zum Bilden einer Anpassungsschaltung. Somit besteht kein Bedarf zum Ausführen der aufwendigen Arbeit zum Verbinden des Abschnitts, wo die Mittelleiter angeordnet sind, und des Abschnitts, an dem die Anpassungsschaltung gebildet ist. Ferner wird die Anzahl von Verbindungsstellen reduziert und somit die Zuverlässigkeit verbessert.

[0056] Zusätzlich dazu, da der Abschnitt, wo die Anpassungsschaltung gebildet ist, ferner das ferromagnetische Material aufweist, können Rohmaterialien durch Verwenden der selben Leitung vorbereitet werden und somit können die Anpassungsschaltungskosten reduziert werden.

[0057] Ferner ist die Sättigungsmagnetisierung des zweiten ferromagnetischen Körpers **25B**, der die Magnetschichten **25e** bis **25g** aufweist, niedriger als die Sättigungsmagnetisierung des ersten ferromagnetischen Körpers **25A**, der die Magnetschichten des Abschnitts aufweist, wo die Mittelleiter angeordnet sind, d. h. die Magnetschichten **25a** bis **25d**. Daher ist es möglich den Magnetmaterialverlust der Anpassungsschaltung zu reduzieren.

[0058] Dies wird Bezug nehmend auf **Fig. 9** beschrieben. **Fig. 9** zeigt die Charakteristika des imaginären Teils (u'') der Permeabilität für eine positive zirkular polarisierte Welle gegenüber einem externen Magnetfeld. In **Fig. 9** zeigt eine durchgehende Linie u'' des Magnetkörpers, der die Mittelleiter bildet, und eine unterbrochene Linie zeigt u'' des ferromagnetischen Körpers mit einer niedrigeren Sättigungsmagnetisierung, der die Anpassungsschaltung bildet. Da der imaginäre Teil der Permeabilität für eine negative zirkular polarisierte Welle nahe an Null ist, ist der Magnetmaterialverlust des ferromagnetischen Materials proportional zu der Intensität des imaginären Teils

u+" der Permeabilität für eine positive zirkular polarisierte Welle.

[0059] Andererseits ist eine nichtreziproke Schaltungsvorrichtung allgemein so gebildet, um in der Region A zu wirken, die in

[0060] **Fig. 9** gezeigt ist. Daher hat sich herausgestellt, daß der Magnetmaterialverlust der Anpassungsschaltung reduziert werden kann, da die Sättigungsmagnetisierung des zweiten ferromagnetischen Körpers, der die Anpassungsschaltung bildet, niedriger gemacht wird als die Sättigungsmagnetisierung des ersten ferromagnetischen Körpers, wo die Mittelleiter angeordnet sind.

[0061] Bei diesem Ausführungsbeispiel weist jeder des ersten und des zweiten ferromagnetischen Körpers **25A** und **25B** z. B. Mikrowellenferrit auf, wie z. B. Yttrium-Eisen-Granat oder Calcium-Vanadium-Granat, dargestellt durch $Y_3Fe_{5-z}Al_zO_{12}$ oder $\{Ca_{3-y}Y_y\}[Fe_2](Fe_{1,5+0,5y-z}Al_zV_{1,5-0,5y})O_{12}$ ($0 \leq z \leq 1,0$, $0 \leq y \leq 3,0$). Die Sättigungsmagnetisierung des zweiten ferromagnetischen Körpers **25B** kann verringert werden, durch relatives Erhöhen des Betrags von Al (des Z-Werts) bei dem Mikrowellenferrit.

[0062] Obwohl bei diesem Ausführungsbeispiel die Sättigungsmagnetisierung des zweiten ferromagnetischen Körpers niedriger ist als die Sättigungsmagnetisierung des ersten ferromagnetischen Körpers, kann die Sättigungsmagnetisierung des zweiten ferromagnetischen Körpers größer sein als die des ersten ferromagnetischen Körpers. Dies ermöglicht ferner eine Reduzierung bei dem Magnetmaterialverlust. Das heißt, obwohl eine nichtreziproke Schaltungsvorrichtung allgemein in der Region A betrieben wird, die in **Fig. 9** gezeigt ist, kann dieselbe ferner in der Region B betrieben werden. In diesem Fall kann der Magnetmaterialverlust auf ähnliche Weise zu dem obigen Ausführungsbeispiel verringert werden, d. h. der Magnetmaterialverlust der Anpassungsschaltung kann dadurch verringert werden, daß die Sättigungsmagnetisierung des ferromagnetischen Körpers, der die Anpassungsschaltung bildet, größer gemacht wird als die des ersten ferromagnetischen Körpers. Es hat sich ferner herausgestellt, daß die u+" des zweiten ferromagnetischen Körpers, die die Anpassungsschaltung bildet, als eine Ein-Punkt-Kettenlinie in **Fig. 9** gezeigt ist, und daß der Magnetmaterialverlust in der Region B verringert wird.

[0063] Wie oben beschrieben wurde, kann die Sättigungsmagnetisierung von beiden des ersten und des zweiten ferromagnetischen Körpers erhöht werden. In beiden Fällen kann der Magnetmaterialverlust der Anpassungsschaltung effektiv reduziert werden.

[0064] Bezug nehmend auf **Fig. 6** weist die nichtreziproke Schaltungsvorrichtung dieses Ausführungsbeispiels den ferromagnetischen Körper **25** auf, der in der Aushöhlung **9a** der Anschlußplatte **9** enthalten und elektrisch mit den leitfähigen Strukturen **10a** bis **10f** verbunden ist, die auf der Anschlußplatte **9** gebildet sind. Da die Anschlußplatte **9** dieses Ausführungsbeispiels dieselbe wie die Anschlußplatte **9** ist,

die in **Fig. 1** gezeigt ist, werden die entsprechenden Abschnitte durch entsprechende Bezugszeichen bezeichnet und die Beschreibung derselben wird weggelassen.

[0065] Auf dem ferromagnetischen Körper **25** ist ein Dauermagnet **11** befestigt. Als der Dauermagnet **11** kann ein geeigneter Dauermagnet verwendet werden, der Ferrit aufweist, oder ähnliches.

[0066] Ferner legen metallische Joche **12** und **13** zusammen mit dem Dauermagneten ein Magnetfeld an den Abschnitt an, wo die Mittelleiter einander überkreuzen.

[0067] Obwohl dies in den Zeichnungen nicht gezeigt ist, kann der ferromagnetische Körper **25** ferner eine Magnetschaltung zum Anlegen eines Magnetfeldes an den Abschnitt aufweisen, wo die Mittelleiter einander überkreuzen. Zum Beispiel kann eine spulenförmige leitfähige Struktur einstückig in dem ferromagnetischen Körper gebildet sein, so daß ein Magnetfeld durch Beliefern der spulenförmigen leitfähigen Struktur mit Elektrizität erzeugt wird.

[0068] Ferner, obwohl bei diesem Ausführungsbeispiel jeder Mittelleiter, der auf einer gegebenen Ebene gebildet ist, ein Paar von Mittelleitern aufweist, z. B. die Mittelleiter **26a** und **26b**, wie in **Fig. 7** gezeigt ist, kann ein einzelner Mittelleiter vorgesehen sein, der sich in einer gegebenen Richtung auf einer gegebenen Ebene erstreckt.

[0069] Da die Mehrzahl von Mittelleitern in dem ersten ferromagnetischen Körper gebildet ist und die Anpassungsschaltung in dem zweiten ferromagnetischen Körper gebildet ist, müssen keine dielektrischen Materialien verwendet werden, die unter vollständig unterschiedlichen Brennbedingungen gebrannt werden, und somit müssen die Brennbedingungen nicht bedeutend verändert werden, sogar wenn der erste und der zweite ferromagnetische Körper separat gebrannt werden. Ferner kann die Anzahl von vorbereiteten Rohmaterialien verringert werden und die Herstellungskosten können somit verringert werden.

[0070] Ferner, da der erste und der zweite ferromagnetische Körper unterschiedliche Sättigungsmagnetisierungen aufweisen, d. h. die Sättigungsmagnetisierung des zweiten ferromagnetischen Körpers ist relativ verringert oder relativ erhöht, kann der Magnetmaterialverlust der Anpassungsschaltung reduziert werden. Es ist somit möglich, eine kleine kostengünstige nichtreziproke Schaltungsvorrichtung mit niedrigem Einfügungsverlust zu schaffen.

[0071] Ferner, wenn eine Magnetschaltung einstückig zum Anlegen eines Gleichmagnetfeldes an den ersten ferromagnetischen Körper gebildet wird, kann eine Einrichtung zum Anlegen eines Magnetfeldes an die Mittelleiter einstückig vorgesehen sein, und eine kleinere nichtreziproke Schaltungsvorrichtung mit ausgezeichneter Zuverlässigkeit kann somit geliefert werden.

[0072] Ferner, bei einer Struktur, wo mehrere Paare von Kapazitätselektroden vorgesehen sind, um die

Anpassungsschaltung zu bilden, werden die Kapazitätselektroden auf Magnetmaterialgrünschichten gebildet und dann gebrannt. Es ist somit möglich, jeden der Kondensatoren einfach zu bilden, durch Bilden der Anpassungsschaltung in dem zweiten ferromagnetischen Körper durch eine Keramikbrenntechnik. [0073] Ferner, bei einer Struktur, wo der erste und der zweite ferromagnetische Körper durch gleichzeitiges Brennen integriert werden, besteht kein Bedarf nach der Arbeit des Befestigens des ersten und des zweiten ferromagnetischen Körpers, und somit kann eine nichtreziproke Schaltungsvorrichtung mit einer noch besseren Zuverlässigkeit erhalten werden. Ferner, da der erste und der zweite ferromagnetische Körper nicht separat gebrannt werden müssen, kann das Herstellungsverfahren deutlich vereinfacht werden, und dieselbe Leitung kann bei dem Rohmaterialvorbereitungsschritt verwendet werden, wodurch die Herstellungskosten bedeutend verringert werden.

Patentansprüche

1. Eine nicht reziproke Schaltungsvorrichtung, die folgende Merkmale aufweist:
einen ersten ferromagnetischen Körper (**25A**);
eine Mehrzahl von Mittelteilern (**26a, 26b, 26c, 26d, 26e, 26f**), die angeordnet sind, um einander in einem elektrisch isolierten Zustand zu überkreuzen; und
eine Anpassungsschaltung (**28a, 28b, 28c, 27c**), die elektrisch mit der Mehrzahl von Mittelteilern verbunden ist;
gekennzeichnet durch
einen zweiten ferromagnetischen Körper (**25B**), der an dem ersten ferromagnetischen Körper (**25A**) befestigt ist;
wobei der erste und der zweite ferromagnetische Körper (**25A, 25B**) unterschiedliche Sättigungsmagnetisierungen aufweisen;
wobei die Mehrzahl von Mittelteilern (**26a, 26b, 26c, 26d, 26e, 26f**) bei dem ersten ferromagnetischen Körper (**25A**) gebildet ist; und
wobei die Anpassungsschaltung (**28a, 28b, 28c, 27c**) bei dem zweiten ferromagnetischen Körper (**25B**) gebildet ist.

2. Eine nicht reziproke Schaltungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Sättigungsmagnetisierung des zweiten ferromagnetischen Körpers (**25B**) kleiner ist als die des ersten ferromagnetischen Körpers (**25A**).

3. Eine nicht reziproke Schaltungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Sättigungsmagnetisierung des zweiten ferromagnetischen Körpers (**25B**) größer ist als die des ersten ferromagnetischen Körpers (**25A**).

4. Eine nicht reziproke Schaltungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, die ferner eine Magnetschaltung (**11, 12, 13**) zum Anlegen eines ma-

gnetischen Gleichfeldes an den ersten ferromagnetischen Körper (**25A**) aufweist.

5. Eine nicht reziproke Schaltungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Anpassungsschaltung eine Mehrzahl von Kondensatoren aufweist, wobei jeder der Kondensatoren durch folgende Merkmale gebildet ist: eine erste Kapazitätselektrode (**28a, 28b, 28c**), die auf einer ersten Magnetmaterialschiicht (**25f**) des zweiten magnetischen Körpers (**25B**) gebildet ist, eine erste Masseelektrode, die auf einer zweiten Magnetmaterialschiicht (**25e**) des zweiten ferromagnetischen Körpers (**25B**) gebildet ist, und eine zweite Masseelektrode, die auf einer dritten Magnetmaterialschiicht (**25g**) des zweiten ferromagnetischen Körpers (**25B**) gebildet ist, wobei die erste Magnetschiicht (**25f**) zwischen die Kapazitätselektroden (**28a, 28b, 28c**) und die erste Masseelektrode eingelagert ist, und wobei die dritte Magnetschiicht (**25g**) zwischen die Kapazitätselektroden (**28a, 28b, 28c**) und die zweite Masseelektrode eingelagert ist, und wobei jeder Kondensator elektrisch mit einem entsprechenden aus der Mehrzahl von Mittelteilern (**26a bis 26f**) verbunden ist.

6. Eine nicht reziproke Schaltungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der der erste und der zweite ferromagnetische Körper (**25A, 25B**) durch gleichzeitiges Brennen integriert werden.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

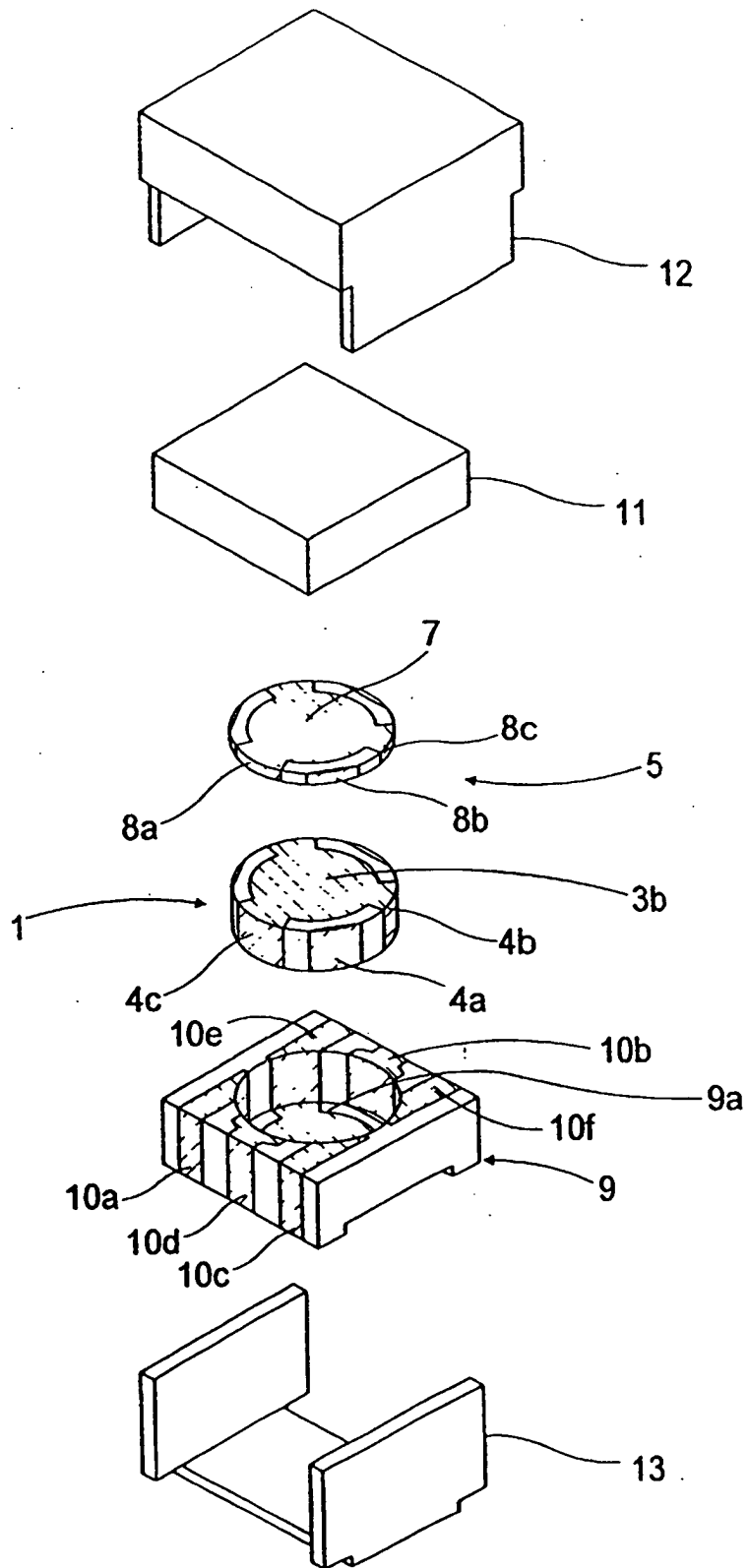


FIG.1

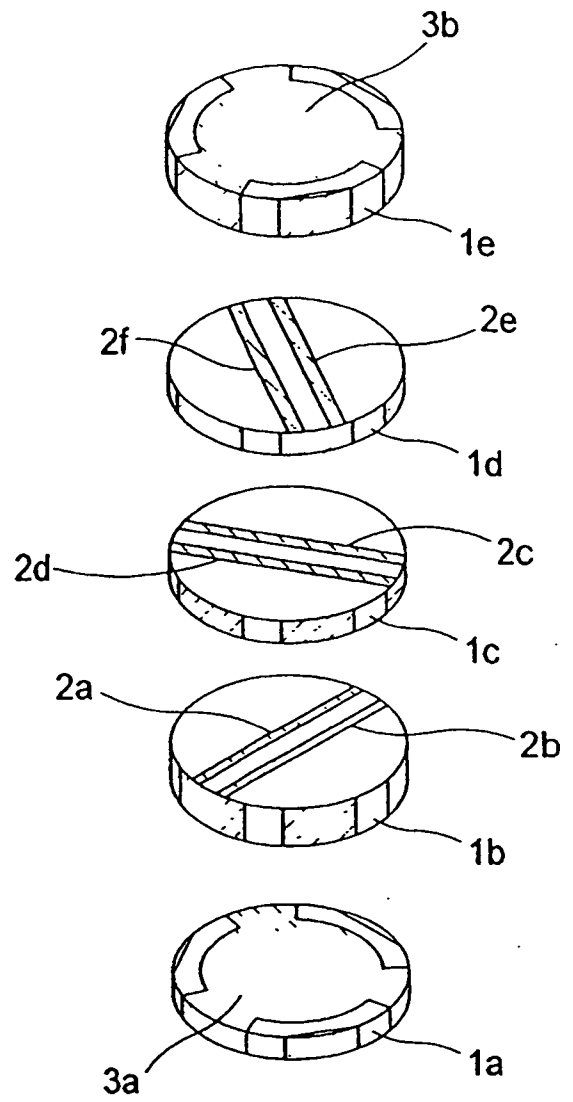


FIG. 2

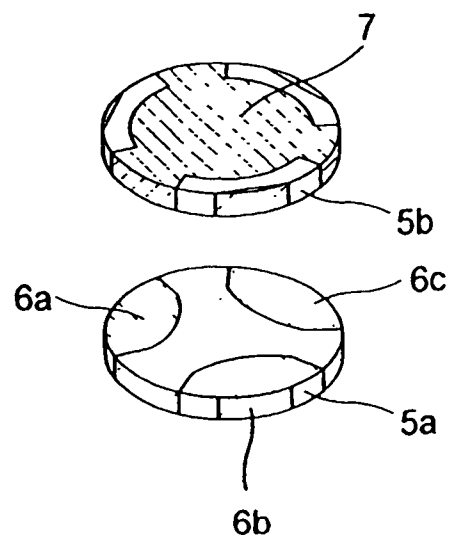


FIG. 3

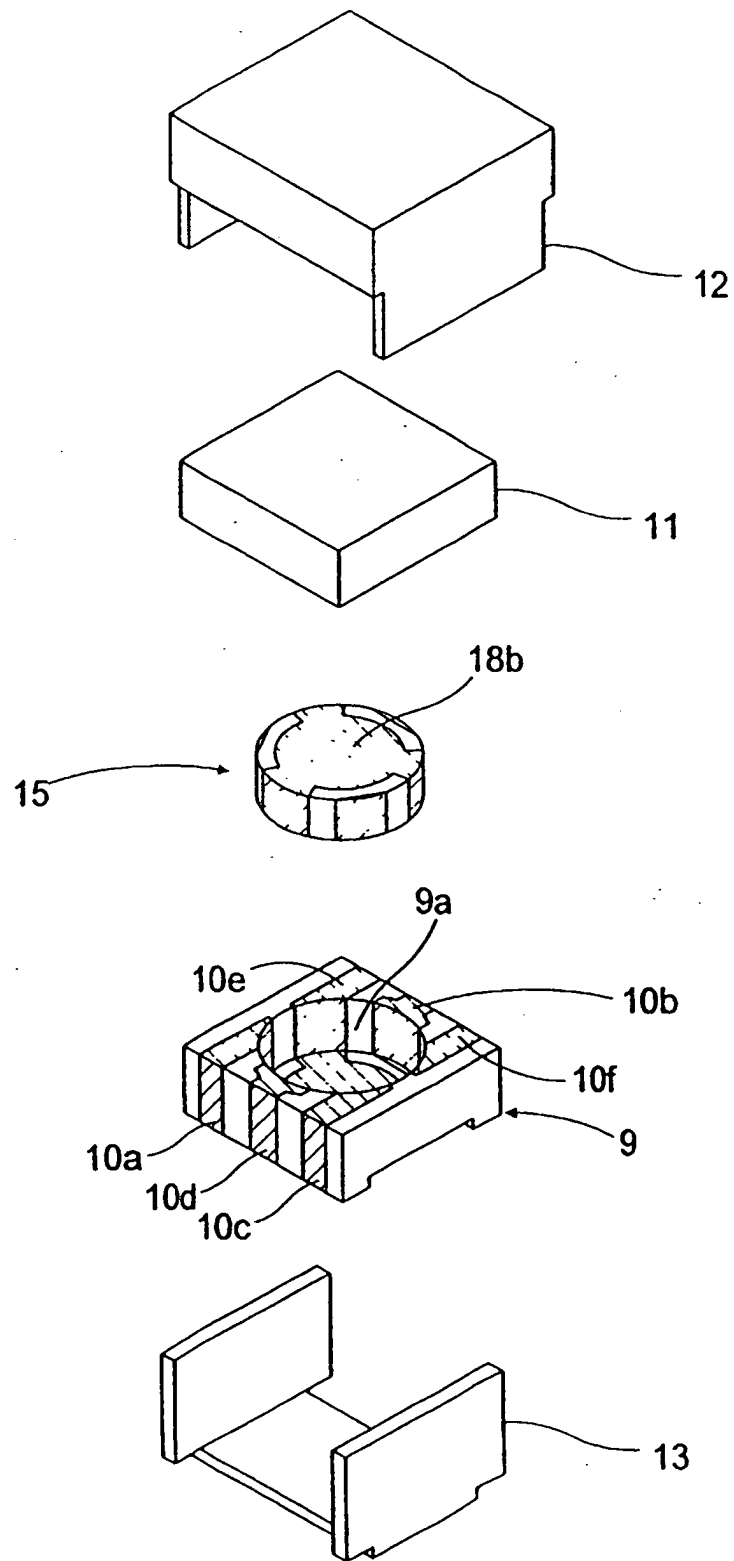


FIG.4

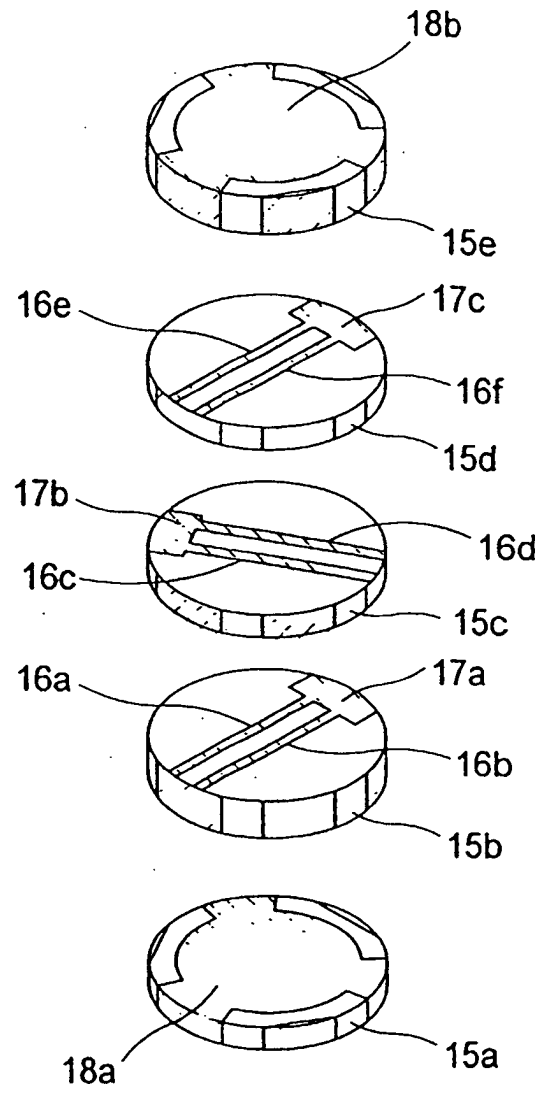


FIG.5

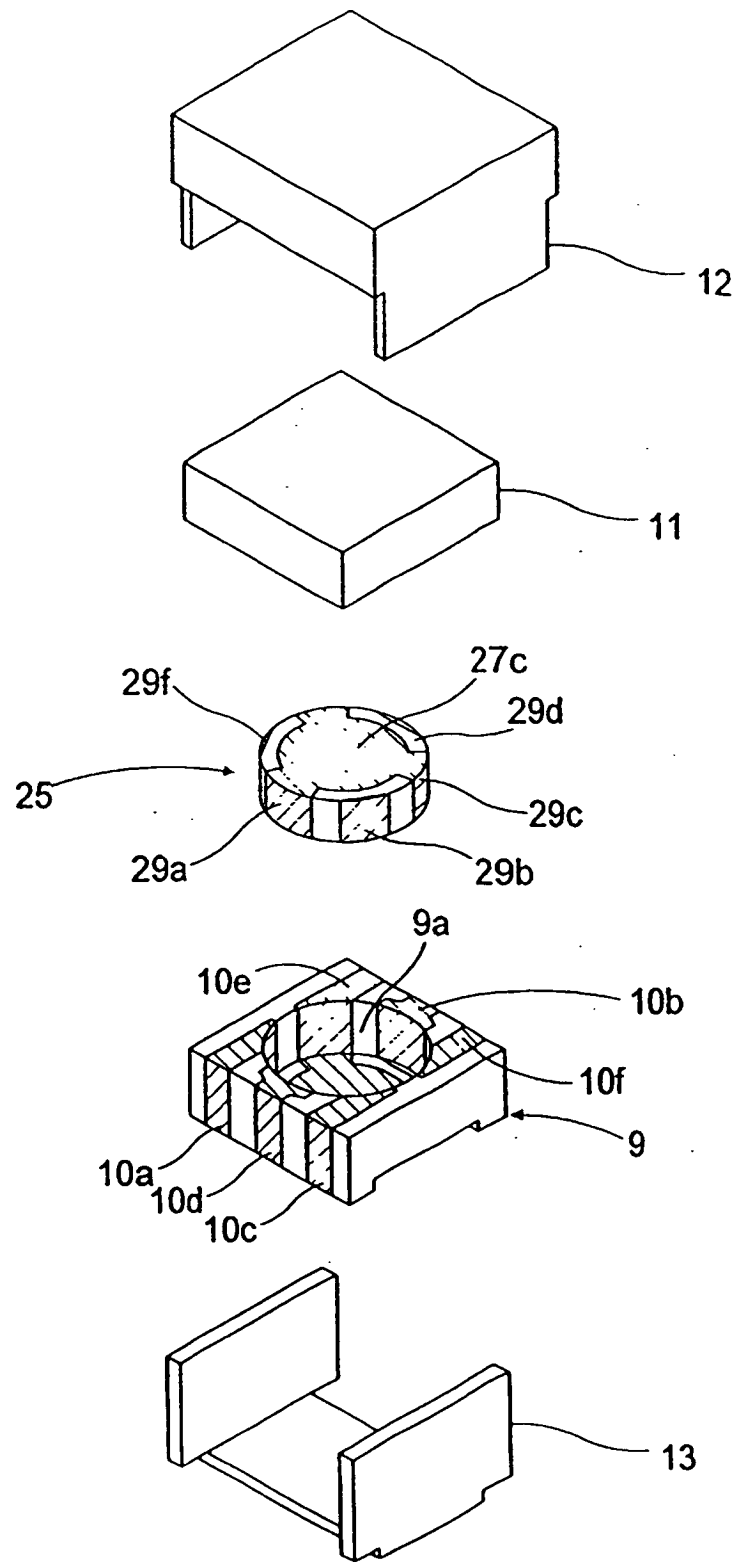


FIG.6

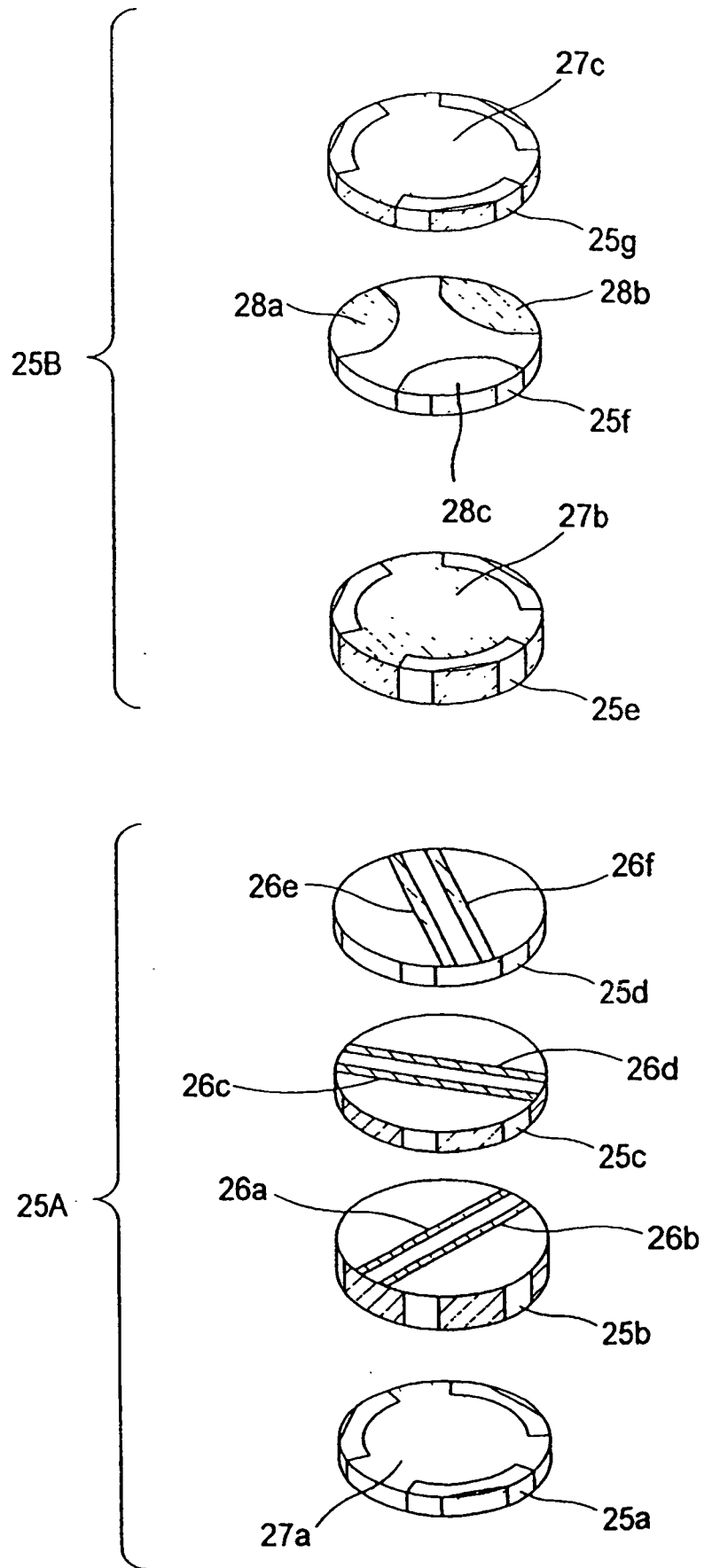


FIG. 7

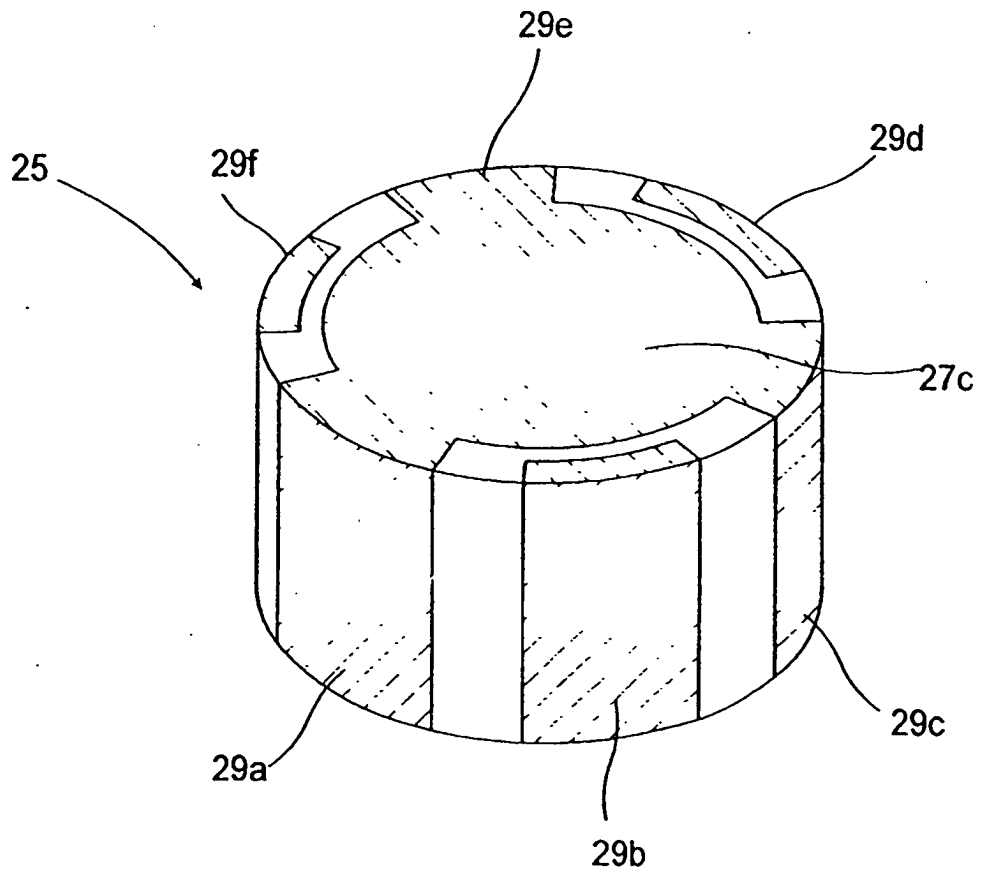


FIG.8

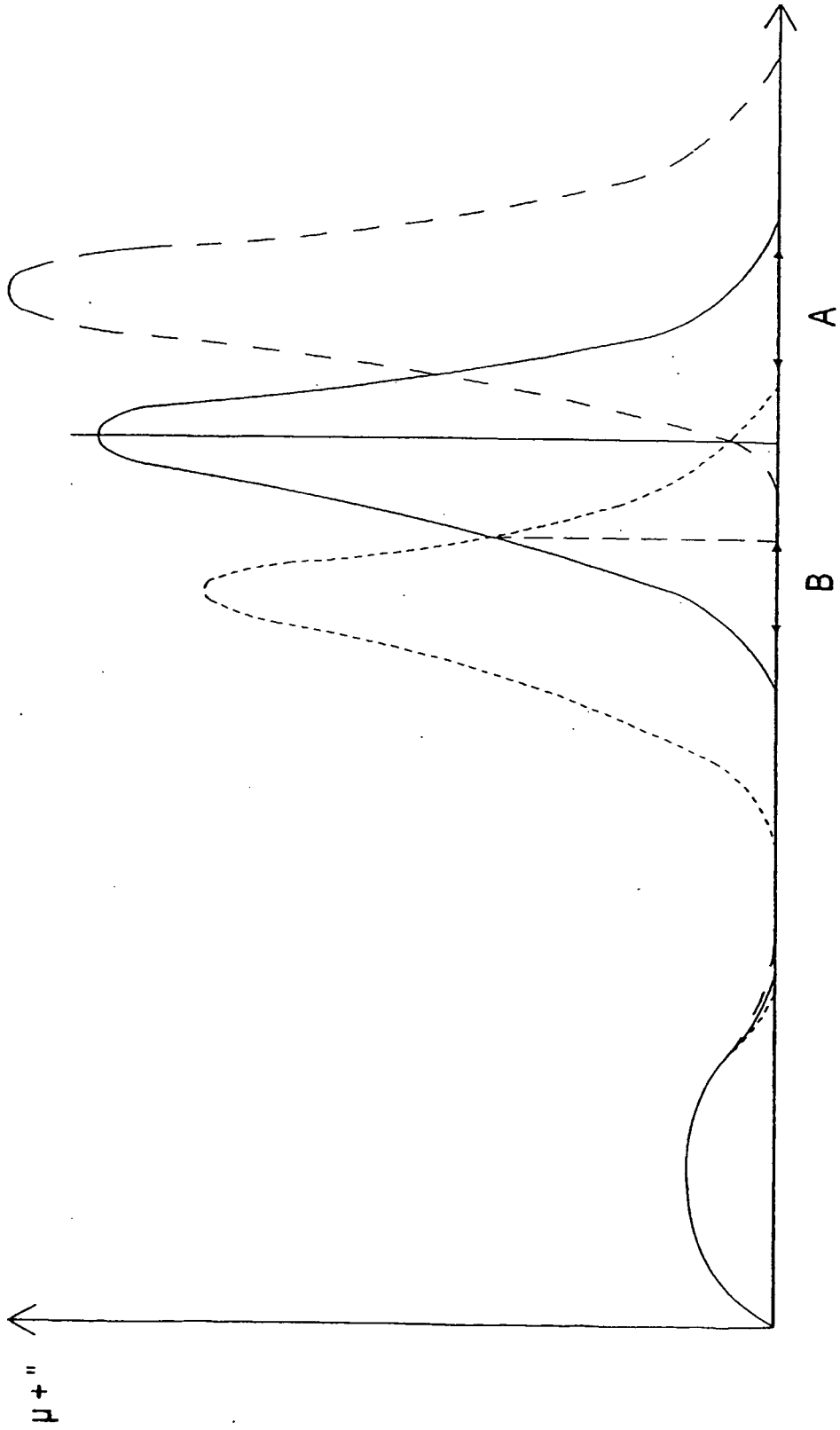


FIG.9 INTENSITY OF EXTERNAL MAGNETIC FIELD