

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. April 2005 (07.04.2005)

PCT

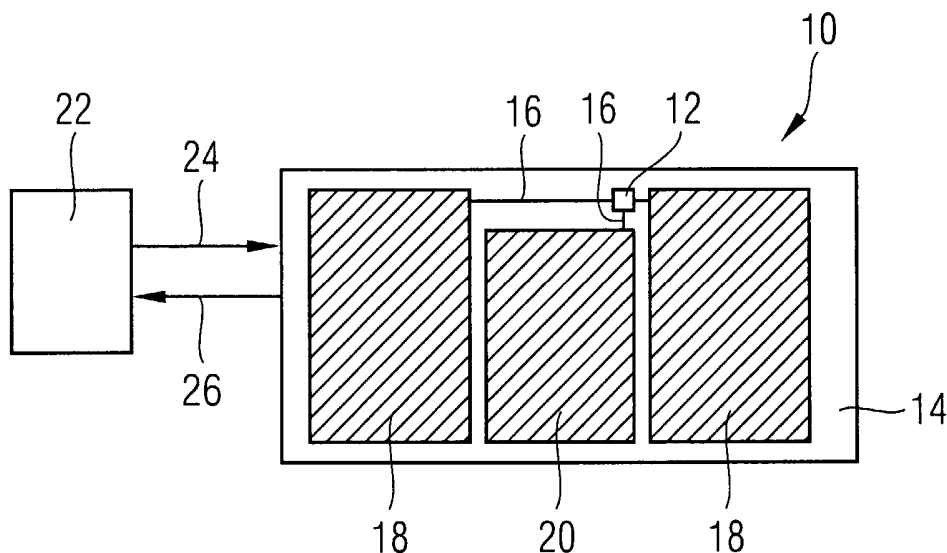
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/031983 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H04B** (72) Erfinder; und
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/010513 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FINKENZELLER, Klaus** [DE/DE]; Georg Wopfner Strasse 54, 80939 München (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 17. September 2004 (17.09.2004) (74) **Anwalt: KRITZENBERGER & ZEUNER**; Hedwigstr. 9, 80636 München (DE).
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
(30) Angaben zur Priorität: 103 43 546.8 19. September 2003 (19.09.2003) DE
(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **GIESECKE & DEVRIENT GMBH** [DE/DE]; Prinzregentenstrasse 159, 81677 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** SHEET DOCUMENT PROVIDED WITH AN ELECTRIC CIRCUIT

(54) **Bezeichnung:** BLATTDOKUMENT MIT EINEM ELEKTRISCHEN SCHALTKREIS



(57) **Abstract:** The invention relates to a sheet document (10) provided with an electric circuit (12) for storing security data and with a coupling device for enabling the circuit to contactlessly communicate with an external write/read device. According to the invention, the coupling device contains a number of spatially separated coupling elements (18, 20) for different communications channels. The invention also relates to different methods for processing sheet documents, particularly stacks of sheet documents.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Blattdokument (10) mit einem elektrischen Schaltkreis (12) zur Speicherung von Sicherheitsdaten und mit einer Koppereinrichtung zur kontaktlosen Kommunikation des Schaltkreises mit einer externen Schreib-/Leseeinrichtung. Erfindungsgemäss enthält die Koppereinrichtung mehrere räumlich getrennte Koppellemente (18, 20) für verschiedene Kommunikationskanäle. Die Erfindung enthält auch verschiedene Verfahren zur Bearbeitung von Blattdokumenten, insbesondere in Blattdokumentstapeln.



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO Patent (BW,

GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii) für den folgenden Bestimmungsstaat US
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Blattdokument mit einem elektrischen Schaltkreis

Die Erfindung betrifft ein Blattdokument mit einem elektrischen Schaltkreis
5 zur Speicherung von Sicherheitsdaten und mit einer Koppeleinrichtung zur
kontaktlosen Kommunikation des Schaltkreises mit einer externen Schreib-
/Leseeinrichtung. Insbesondere betrifft die Erfindung die Bearbeitung von
Blattdokumenten in einem Stapel, wie etwa das Zählen, Sortieren und Prüfen
von Banknoten eines Banknotenstapels, und ein dafür geeignetes Blattdo-
10 kument.

Blattdokumente im Sinne der Erfindung sind insbesondere Sicherheits- oder
Wertdokumente, wie Banknoten, Ausweiskarten, Pässe, Visa-Sticker, Scheck-
formulare, Aktien, Urkunden, Flugscheine, Gutscheine und Ähnliches. Das
15 Blattdokument ist zumindest teilweise flexibel und/oder faltbar und/oder
zerknüllbar. Im Zusammenhang mit der Erfindung ist im Folgenden meist
von Banknoten die Rede. In der Regel kann jedoch statt einer Banknote jedes
andere Blattdokument im Sinne der Erfindung vorgesehen sein.

20 Blattdokumente, wie beispielsweise Banknoten, werden für eine Bearbeitung
oft mit erheblichem Aufwand sensorisch erfasst. Beispielsweise werden her-
kömmliche Banknoten mit Banknotenbearbeitungsmaschinen und dabei be-
stimmte Merkmale der Banknote, wie etwa graphische oder lumineszierende
Merkmale, Wasserzeichen oder Hologramme mit Sensoren erfasst und zum
25 Zählen, Sortieren oder der Prüfung der Echtheit der Banknoten verwendet.
Dabei werden oft auch beschädigte oder verschmutzte Banknoten oder
Banknoten mit fehlenden Sicherheitsmerkmalen aussortiert. Bei der Bear-
beitung eines Stapels von Banknoten werden die Banknoten zunächst ver-

einzelnt und anschließend einzeln bearbeitet, indem sie einzeln an den entsprechenden Sensor- oder Prüfeinheiten vorbeigeführt werden.

Um die Bearbeitung von Blattdokumenten einfacher und/oder sicherer zu machen, ist in der DE 101 63 267 A1 vorgeschlagen worden, das Blattdokument mit einem elektrischen Schaltkreis, sowie mit Mitteln zur Kommunikation mit einer Bearbeitungsvorrichtung für das Blattdokument auszustatten. Bei der Bearbeitung werden Informationen und/oder Daten von der Bearbeitungsvorrichtung zum elektrischen Schaltkreis oder vom Schaltkreis zur Bearbeitungsvorrichtung übertragen und zumindest ein Teil der übertragenen Informationen oder Daten für die Bearbeitung des Blattdokuments verwendet.

Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Blattdokument mit einem elektrischen Schaltkreis so weiterzuentwickeln, dass gegenüber dem Stand der Technik eine verbesserte, insbesondere einfachere, schnellere und/oder sicherere Bearbeitung ermöglicht wird. Die Erfindung soll auch eine Vorrichtung sowie vorteilhafte Verfahren zum Bearbeiten eines gattungsgemäßen Blattdokuments bereitstellen.

Diese Aufgabe wird durch das Blattdokument, die Bearbeitungsvorrichtung und die Bearbeitungsverfahren mit den Merkmalen der nebengeordneten Ansprüche gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

In einem ersten Aspekt baut die Erfindung auf dem Stand der Technik dadurch auf, dass die Koppeleinrichtung des gattungsgemäßen Blattdokuments mehrere räumlich getrennte Koppelemente für verschiedene Kommunikationskanäle enthält. Die mehreren, d.h. zwei oder mehr, vorzugswei-

se mindestens drei, getrennten Koppellemente sind so eingerichtet, dass das Blattdokument zwei oder mehr verschiedene, d.h. voneinander getrennte, Kommunikationskanäle hat. Hierdurch hat das Blattdokument in funktio-

5 neller Hinsicht zwei oder mehr voneinander getrennte Kommunikationska-

näle, die insbesondere im Ortsraum oder im Frequenzraum oder sowohl im Ortsraum als auch im Frequenzraum voneinander getrennt sind. Die ge-

trennten Kommunikationskanäle ermöglichen es, gleichzeitig zwei oder

10 mehr voneinander getrennte Kommunikationsvorgänge durchzuführen, die über zwei oder mehr räumlich voneinander getrennte Kommunikationska-

näle erfolgen und/oder bei zwei oder mehr unterschiedlichen Frequenzen erfolgen. Bei der Bearbeitung der erfindungsgemäßen Blattdokumente in einem Stapel ist ein vorheriges Vereinzeln in einzelne Blattdokumente nicht erforderlich. Die Aufteilung der Koppeleinrichtung auf mehrere räumlich

15 getrennte Koppellemente erlaubt es darüber hinaus, die Energie- und Da-

tenübertragung zwischen der Schreib-/Leseeinrichtung und dem Blattdokument bzw. die Datenübertragung zwischen verschiedenen Blattdoku-

menten im Ortsraum und/oder im Frequenzraum voneinander zu trennen. Die Anordnung und Gestaltung der Koppellemente kann dann auf die spe-

zifischen Anforderungen der Energie- oder Datenkommunikation bei der

20 jeweiligen Übertragungsfrequenz optimiert werden.

Bevorzugt enthält die Koppeleinrichtung erste kapazitive Koppellemente, die einen ersten Kommunikationskanal bereitstellen, sowie zweite kapazitive Koppellemente, die einen zweiten Kommunikationskanal bereitstellen.

25 Weiter bevorzugt enthält die Koppeleinrichtung erste kapazitive Koppellemente, die zur Energieversorgung des elektrischen Schaltkreises eingerichtet sind, die also insbesondere einen ersten Kommunikationskanal bereitstellen, sowie zweite kapazitive Koppellemente, die zur Datenkommunikation von dem Schaltkreis zu der externen Schreib-/Leseeinrichtung eingerichtet sind,

die also insbesondere einen zweiten Kommunikationskanal bereitstellen. Die ersten kapazitiven Koppellemente können dabei insbesondere auch zur Datenkommunikation von der externen Schreib-/Leseeinrichtung zu dem Schaltkreis eingerichtet sein. Alternativ sind die zweiten kapazitiven Koppellemente zur Datenkommunikation von der externen Schreib-/Leseeinrichtung zu dem Schaltkreis eingerichtet.

In einer vorteilhaften Ausführungsform sind die ersten und zweiten Koppellemente durch leitfähige kapazitive Koppelflächen gebildet. Insbesondere kann die Koppereinrichtung als erste Koppellemente zwei leitfähige kapazitive Koppelflächen und als zweites Koppellement eine leitfähige kapazitive Koppelfläche enthalten, so dass insgesamt drei Elektroden zur Kopplung zwischen den Banknoten und an die Schreib-/Leseeinrichtung vorgesehen sind. Auch Gestaltungen mit mehr als drei Elektroden liegen im Rahmen der Erfindung.

Nach einer anderen zweckmäßigen Ausgestaltung sind die ersten Koppellemente durch leitfähige kapazitive Koppelflächen zur Kommunikation in einem niedrigen Frequenzbereich, insbesondere unterhalb von 300 MHz ausgebildet, während die zweiten Koppellemente durch Antennen zur Kommunikation in einem höheren Frequenzbereich, insbesondere oberhalb von 300 MHz ausgebildet sind.

Die ersten und zweiten Koppellemente sind vorzugsweise mit dem elektrischen Schaltkreis galvanisch verbunden. Alternativ können die Koppellemente induktiv mit dem Schaltkreis gekoppelt sein, wie weiter unten im Detail beschrieben.

Nach einem zweiten Aspekt der Erfindung ist bei einem gattungsgemäßen Blattdokument, dessen Koppeleinrichtung zumindest zwei leitfähige kapazitive Koppelflächen enthält, ein zwischen die leitfähigen kapazitiven Koppelflächen geschaltetes induktives Kompensationselement vorgesehen.

- 5 Durch das Kompensationselement kann die negative Wirkung des kapazitiven Spannungsteilers, der in einem Stapel durch die kapazitiven Koppelflächen der einzelnen Blattdokumente gebildet wird, kompensiert werden. Insbesondere kann bei geeigneter Auslegung des Kompensationselements eine Übertragungsfunktion mit sehr geringer Dämpfung erreicht werden.

10

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist das Blattdokument einen mit einer leitfähigen, insbesondere einer metallischen Schicht versehenen Streifen, insbesondere Sicherheitsstreifen, oder Patch auf, der die Koppelflächen elektrisch verbindet. Die leitfähige Schicht des Streifens oder Patches ist dabei mit einer Strukturierung versehen, um so ein induktives Kompensationselement zu bilden. Eine solche Gestaltung des Kompensationselements ist vor allem für nicht zu hohe Arbeitsfrequenzen, insbesondere für Arbeitsfrequenzen unterhalb von etwa 50 MHz gut geeignet.

15

- 20 Nach einer andere bevorzugten Ausgestaltung ist ein induktives Kompensationselement durch eine planare Spule gebildet, die galvanisch auf einer den Schaltkreis bedeckenden Isolatorschicht aufgebracht ist. Die elektrische Verbindung der planaren Spule mit der darunter liegenden Schaltung kann beispielsweise durch eine Öffnung in der Isolatorschicht erfolgen. Zur Erhöhung der mechanischen Belastbarkeit kann das gesamte Bauteil (Schaltkreis mit Spule) mit einer Abschlusspassivierung auf Polyamidbasis versehen sein.
- 25

Insbesondere für den Einsatz bei höheren Arbeitsfrequenzen ist ein induktives Kompensationselement gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestal-

- tung durch eine auf dem Halbleitermaterial selbst realisierte Spule gebildet. Alternativ kann ein induktives Kompensationselement durch eine auf das Blattdokumentsubstrat aufgebrachte, insbesondere mit einem leitfähigen Material aufgedruckte Leiterschleife gebildet sein. In einer vorteilhaften
- 5 Ausgestaltung weist die Leiterschleife nur wenige Windungen, insbesondere nur eine halbe Windung auf. Derartige Gestaltungen des Kompensationselements sind vor allem für Arbeitsfrequenzen von einigen hundert MHz bis hin zu einigen GHz geeignet.
- 10 Nach einer weitergehend bevorzugten Ausgestaltung ist ein induktives Kompensationselement, das als Spule auf dem Halbleitermaterial selbst realisiert ist, als planare Spule in der sogenannten „coil-on-chip“ Technologie realisiert. Eine Spule und eine Chipkarte mit einer solchen Spule in „coil-on-chip“ Technologie sind beispielsweise aus DE 40 34 225 C2 bekannt. Bei der
- 15 „coil-on-chip“ Technologie ist eine Spule, die zur elektrischen Kontaktierung mit einem - auf einem Chip, z.B. einem Halbleiterchip, insbesondere Siliziumchip, angeordneten - elektrischen Schaltkreis vorgesehen ist, nicht in Form einer gesondert hergestellten und nachträglich aufgebrachten Spule vorgesehen, sondern die Spule ist direkt auf dem Chip integriert aufgebracht.
- 20 Gefertigt wird die „coil-on-chip“ Spule in einer Prozesstechnologie, die zur Herstellung von z.B. Leiterbahnen oder vergleichbaren Schaltkreisteilen auf dem Chip geeignet ist, z.B. durch galvanische Aufbringung auf den Chip. Gemäß dieser Ausgestaltung wird eine Spule in „coil-on-chip“ Technologie als Kompensationselement eingesetzt.
- 25 Bei der Herstellung des beschriebenen Blattdokuments werden die leitfähigen kapazitiven Koppelflächen und die Leiterschleife mit Vorteil in einem gemeinsamen Arbeitsschritt auf das Blattdokumentsubstrat aufgebracht, insbesondere mit leitfähiger Druckfarbe aufgedruckt.

In einem dritten Aspekt der Erfindung sind bei einem gattungsgemäßen Blattdokument, welches zumindest zwei leitfähige kapazitive Koppelflächen enthält, die leitfähigen kapazitiven Koppelflächen elektrisch mit einer ersten
5 Koppelspule verbunden, und der elektrische Schaltkreis ist mit einer planaren zweiten Koppelspule verbunden, die galvanisch auf einer den Schaltkreis bedeckenden Isolatorschicht aufgebracht ist. Dadurch wird eine kontaktlose induktive Kopplung zwischen den kapazitiven Koppelflächen und dem Schaltkreis ermöglicht. Das nach diesem Erfindungsaspekt geschaffene
10 Blattdokument weist einerseits eine kapazitive Kopplung nach außen auf, kommuniziert also mit einem Schreib-/Lesegerät oder anderen Blattdokumentstücken (Blattdokumenten) über die kapazitiven Koppelflächen, und weist andererseits eine interne induktive Kopplung auf, bei der die Kommunikation zwischen dem elektrischen Schaltkreis und den kapazitiven Koppelflächen über zwei Koppelspulen erfolgt.

Der Schaltkreis und die zweite Koppelspule sind zweckmäßig auf oder innerhalb der ersten Koppelspule angeordnet. Um die magnetische Kopplung weiter zu erhöhen, sind die erste und zweite Koppelspule mit Vorteil mit
20 einer gemeinsamen Mittelachse angeordnet. Insbesondere ist es bevorzugt, dass die geometrischen Abmessungen der ersten und zweiten Koppelspule im Wesentlichen übereinstimmen. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung sind die erste und die zweite Koppelspule in vertikaler Richtung, d.h. in einer Richtung senkrecht zu den beiden parallelen Ebene der beiden
25 Spulen, übereinander gestapelt angeordnet und dabei mit einer gemeinsamen Mittelachse angeordnet, wobei die erste und die zweite Spule weiter vorzugsweise im Wesentlichen die gleiche geometrische Gestalt haben, so dass die erste und die zweite Spule in Aufsicht entlang der vertikalen Richtung im Wesentlichen miteinander deckungsgleich erscheinen.

Die erste Koppelspule ist vorzugsweise ebenfalls planar ausgebildet und weist bevorzugt nur wenige Windungen auf, dabei insbesondere für hohe Frequenzen von über ca. 300 MHz nur eine halbe Windung.

5

In einer zweckmäßigen Weiterbildung weist das Blattdokument in galvanisch getrennter Anordnung von den kapazitiven Koppelflächen - insbesondere auf einer zweiten Oberfläche des Blattdokuments, die zu einer ersten Oberfläche des Blattdokuments, auf der die kapazitiven Koppelflächen angeordnet sind, gegenüberliegend angeordnet ist - einen mit einer leitfähigen, insbesondere einer metallischen Schicht versehenen Streifen oder Patch auf, der die kapazitiven Koppelflächen elektrisch verbindet, um die parasitäre Kapazität zwischen den Koppelflächen auf einen gewünschten Kapazitätswert zu erhöhen. In Aufsicht auf die kapazitiven Koppelflächen deckt sich

10 der Streifen oder Patch vorzugsweise mit zumindest Teilbereichen jeder der beiden Koppelflächen, wobei aber der Streifen oder Patch und die Koppelflächen untereinander sowie die beiden Koppелеlektroden untereinander galvanisch voneinander getrennt sind, so dass der Streifen oder Patch eine erste Elektrode eines Kondensators bildet, der durch die kapazitiven Koppelflä-

15 chen einerseits und den Streifen oder Patch andererseits gebildet ist, und die kapazitiven Koppelflächen eine zweigespaltene zweite Elektrode dieses Kondensators bilden.

Nach einem weiteren Aspekt umfasst die Erfindung ein Verfahren zur Bearbeitung eines Blattdokumentstapels, insbesondere eines Banknotenstapels, bei dem die Blattdokumente einen elektrischen Schaltkreis zur Speicherung von Sicherheitsdaten und eine Koppereinrichtung zur kontaktlosen Kommunikation der Schaltkreise mit einer externen Schreib-/Leseeinrichtung aufweisen, welche eine mit dem Schaltkreis verbundene Koppelspule umfasst.

25

Die Kommunikation der Schreib-/Leseeinrichtung mit dem Blattdokumentstapel wird erfindungsgemäß bei einer Arbeitsfrequenz durchgeführt, die von der Resonanzfrequenz der mit dem Schaltkreis verbundenen Koppelspule unterschiedlich ist. Mit Vorteil wird die Kommunikation bei einer Arbeitsfrequenz durchgeführt, die um mindestens einen Faktor 2, bevorzugt um mindestens einen Faktor 5, insbesondere um etwa einen Faktor 10 über der Resonanzfrequenz der mit dem Schaltkreis verbundenen Koppelspule liegt.

- 10 Bei einem weiteren Verfahren zur Bearbeitung von gattungsgemäßen Blattdokumenten, insbesondere von Banknoten, wird Energie über einen ersten Kommunikationskanal kontaktlos von einer Schreib-/Leseeinrichtung an das Blattdokument übertragen. Die kontaktlose Datenkommunikation (Datenübertragung) von dem Schaltkreis zu der externen Schreib-/Leseeinrichtung
- 15 wird über einen zweiten, vom ersten Kommunikationskanal getrennten (unterschiedlichen) Kommunikationskanal durchgeführt.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird die kontaktlose Datenkommunikation (Datenübertragung) von der externen Schreib-

20 /Leseeinrichtung zu dem Schaltkreis ebenfalls über den ersten Kommunikationskanal durchgeführt. Alternativ kann diese Datenkommunikation über den zweiten Kommunikationskanal durchgeführt werden.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens erfolgt eine kontaktlose Datenkommunikation zwischen den Schaltkreisen verschiedener Blattdokumente über den zweiten oder einen dritten Kommunikationskanal.

Die Kommunikation unterschiedlicher Kommunikationskanäle wird in einer Variante des Verfahrens über räumlich getrennte Koppellemente des Blatt-

dokuments durchgeführt. In einer anderen Variante erfolgt die Kommunikation unterschiedlicher Kommunikationskanäle bei unterschiedlichen Frequenzen. Es versteht sich, dass die beiden Möglichkeiten kombiniert werden können, so dass die Kommunikation unterschiedlicher Kommunikationskanäle sowohl über räumlich getrennte Koppelemente, als auch bei unterschiedlichen Frequenzen erfolgt. Die Koppelemente können dann jeweils für die verwendete Frequenz optimiert sein.

Nach einer zweckmäßigen Ausgestaltung des Verfahrens wird die Übertragung (von Daten und/oder Energie) des ersten Kommunikationskanals in einem niedrigen Frequenzbereich, insbesondere unterhalb von 300 MHz durchgeführt, und die Kommunikation des zweiten Kommunikationskanals in einem höheren Frequenzbereich, insbesondere oberhalb von 300 MHz.

Ein weiteres Verfahren zur Bearbeitung eines Blattdokumentstapels, insbesondere eines Banknotenstapels, dessen Dämpfung als in einem vorgegebenen elektromagnetischen Frequenzbereich zumindest ein lokales Minimum besitzt, ist durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet:

- a) Anordnen des Blattdokumentstapels zwischen einer Sendeeinrichtung und einer Empfangseinrichtung,
- b) Auswählen eines Teilbereichs des vorgegebenen Frequenzbereichs,
- c) Einkoppeln eines elektromagnetischen Wechselfeldes einer Sendefrequenz aus dem ausgewählten Teilbereich in den Blattdokumentstapel mit der Sendeeinrichtung und Bestimmen der Energie des durch den Blatt-

dokumentstapel übertragenen Wechselfelds mit der Empfangseinrichtung,

- 5 d) Variieren der Sendefrequenz innerhalb des ausgewählten Teilbereichs um zumindest ein lokales Minimum der Dämpfung des Blattdokumentstapels aufzufinden, und
- e) Verwenden der aufgefundenen Sendefrequenz minimaler Dämpfung als Arbeitsfrequenz für die weitere Bearbeitung des Banknotenstapels.

10

Auf diese Weise kann leicht eine Arbeitsfrequenz mit besonders geringer Dämpfung ermittelt werden, deren Einsatz die weitere Bearbeitung erleichtert. Bevorzugt wird die Sendefrequenz bei dem geschilderten Verfahren in Schritt d) innerhalb des ausgewählten Teilbereichs variiert, bis mindestens je
15 ein lokales Maximum und ein lokales Minimum der Dämpfung aufgefunden wird. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Sendefrequenz in Schritt d) in kleinen Schritten sukzessive erhöht oder erniedrigt wird. Der Teilbereich des vorgegebenen Frequenzbereichs wird dabei zweckmäßig innerhalb eines Durchlassbereichs des Blattdokumentstapels ausgewählt.

20

Das angesprochene Verfahren ist besonders für die Bearbeitung solcher Blattdokumentstapel geeignet, deren Blattdokumente einen elektrischen Schaltkreis mit leitfähigen kapazitiven Koppelflächen enthalten, zwischen die ein induktives Kompensationselement geschaltet ist, da derartige Stapel
25 typischerweise eine Übertragungsfunktion eines Filters n -ter Ordnung zeigen, wobei n die Anzahl der Blattdokumente im Stapel ist, so dass also die Übertragungsfunktion im Durchlassbereich hinsichtlich der Dämpfung als Funktion der Frequenz zwischen relativ hohen und relativ niedrigen Dämpfungswerten schwankt.

Ein weiteres Verfahren zur Bearbeitung eines Blattdokumentstapels, insbesondere eines Banknotenstapels, dessen Dämpfung als in einem vorgegebenen elektromagnetischen Frequenzbereich mehrere lokale Minima besitzt, ist
5 durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet:

- a) Anordnen des Blattdokumentstapels zwischen einer Sendeeinrichtung und einer mit einem Lastmodulator versehen Empfangseinrichtung,
- 10 b) Auswählen eines Teilbereichs des vorgegebenen Frequenzbereichs,
- c) Einkoppeln eines elektromagnetischen Wechselfeldes einer Sendefrequenz aus dem ausgewählten Teilbereich in den Blattdokumentstapel mit der Sendeeinrichtung und Bestimmen der Energie des durch den Blatt-
15 dokumentstapel übertragenen Wechselfelds mit der Empfangseinrichtung,
- d) Variieren der Sendefrequenz innerhalb des ausgewählten Teilbereichs um zumindest zwei lokale Minima der Dämpfung des Blattdokument-
20 stapels aufzufinden,
- e) Modulieren des Lastmodulators mit einer Prüffrequenz und Bestimmen der verbleibenden Modulationsamplitude am Eingang des Blattdokumentstapels bei den in Schritt d) ermittelten Sendefrequenzen mit lokal
25 minimaler Dämpfung,
- f) Bestimmen und Auswählen derjenigen Sendefrequenz lokal minimaler Dämpfung, bei der die am Eingang bestimmte Modulationsamplitude maximal ist, und

g) Verwenden der ausgewählten Sendefrequenz als Arbeitsfrequenz für die weitere Bearbeitung des Banknotenstapels.

- 5 Durch diese Vorgehensweise wird eine Arbeitsfrequenz mit einer geringen Dämpfung und zugleich einer großen Modulationsamplitude (= Modulationstiefe) bestimmt.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird die Sendefrequenz in Schritt d) innerhalb des ausgewählten Teilbereichs variiert, bis
10 mindestens n lokale Maxima und n lokale Minima der Dämpfung aufgefunden werden, wobei n größer oder gleich 2 ist. Mit Vorteil wird die Sendefrequenz in Schritt d) in kleinen Schritten sukzessive erhöht oder erniedrigt. Der Teilbereich in Schritt b) wird zweckmäßig innerhalb eines Durchlassbereichs
15 des Blattdokumentstapels ausgewählt.

Das beschriebene Verfahren ist besonders für die Bearbeitung solcher Blattdokumentstapel geeignet, deren Blattdokumente einen elektrischen Schaltkreis und eine Koppeleinrichtung mit einer Schaltung zur Lastmodulation
20 enthalten. Dabei wird bei der weiteren Bearbeitung des Blattdokumentstapels eine Datenkommunikation von den Schaltkreisen der einzelnen Blattdokumente zu einem Schreib-/Lesegerät bei der Arbeitsfrequenz durchgeführt.

Ein weiteres Verfahren zur Bearbeitung eines ein oder mehrere Blattdokumente enthaltenden Blattdokumentstapels, insbesondere eines Banknotenstapels, dessen Dämpfung in einem vorgegebenen elektromagnetischen Frequenzbereich mehrere lokale Minima besitzt, ist gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

25

- a) Anordnen des Blattdokumentstapels zwischen einer Sendeeinrichtung und einer mit einem Lastmodulator versehen Empfangseinrichtung,
- b) Auswählen eines Teilbereichs des vorgegebenen Frequenzbereichs,
- 5 c) Einkoppeln eines ersten elektromagnetischen Wechselfeldes einer ersten Sendefrequenz aus dem ausgewählten Teilbereich und eines zweiten elektromagnetischen Wechselfeldes einer zweiten Sendefrequenz, die von der ersten Sendefrequenz verschieden ist, aus dem ausgewählten Teilbereich in den Blattdokumentstapel mit der Sendeeinrichtung und Bestimmen der Energie des durch den Blattdokumentstapel übertragenen Wechselfelds mit der Empfangseinrichtung,
- 10 d) Variieren der ersten Sendefrequenz innerhalb des ausgewählten Teilbereichs und Bestimmen und Auswählen einer ersten Sendefrequenz, bei der die Dämpfung des Blattdokumentstapels ein zumindest lokales Minimum hat,
- 15 e) Modulieren des Lastmodulators mit einer Prüffrequenz,
- 20 f) Variieren der zweiten Sendefrequenz innerhalb des ausgewählten Teilbereichs und Bestimmen und Auswählen einer zweiten Sendefrequenz, bei der die am Eingang bestimmte Modulationsamplitude maximal ist, und
- 25 g) Verwenden der ausgewählten ersten und zweiten Sendefrequenz als Arbeitsfrequenzen für die weitere Bearbeitung des Banknotenstapels.

Die erste Sendefrequenz wird so eingestellt, dass die Dämpfung minimal ist, also die Energieübertragung im Stapel maximal ist. Die zweite Frequenz wird so eingestellt, dass die Modulationsamplitude am Eingang maximal ist. Vorzugsweise wird die erste Sendefrequenz, die auf optimale Energieübertragung (minimale Dämpfung) eingestellt ist, zur Energieübertragung und/oder Datenübertragung zu den Blattdokumenten verwendet, also beispielsweise von einem Schreib-/Lesegerät zu der jeweiligen Banknote. Die zweite Sendefrequenz, die auf optimales Datenübertragungsvermögen (maximale Modulationsamplitude am Eingang) eingestellt ist, wird vorzugsweise zur Datenübertragung aus den Blattdokumenten heraus verwendet, also beispielsweise zur Datenübertragung von einer Banknote zu dem Schreib-/Lesegerät oder zur Datenübertragung zwischen verschiedenen Banknoten.

Vorzugsweise ist die Amplitude des elektromagnetischen Wechselfeldes mit der ersten Sendefrequenz mindestens so groß wie, vorzugsweise größer als die Amplitude des elektromagnetischen Wechselfeldes mit der zweiten Sendefrequenz. Wahlweise ist die Amplitude des elektromagnetischen Wechselfeldes mit der ersten Sendefrequenz wesentlich größer als die Amplitude des elektromagnetischen Wechselfeldes mit der zweiten Sendefrequenz. Dies ist zweckmäßig, da die Energieübertragung, für die eine größere Amplitude empfehlenswert ist als für die Datenübertragung, nur bei der ersten Sendefrequenz durchgeführt wird.

Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens werden in Schritt d) durch das Variieren der ersten Sendefrequenz zumindest zwei lokale Minima der Dämpfung des Blattdokumentstapels ermittelt, wobei weiter die Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- h) nach Schritt e) und wahlweise vor oder nach Schritt f): Bestimmen und Auswählen derjenigen ersten Sendefrequenz lokal minimaler Dämpfung, bei der die am Eingang bestimmte Modulationsamplitude maximal ist, und

5

- i) Verwenden der gemäß Schritt h) ausgewählten ersten Sendefrequenz als Arbeitsfrequenzen für die weitere Bearbeitung des Banknotenstapels.

Gemäß dieser Weiterbildung wird die erste Sendefrequenz nicht nur darauf-
10 hin abgestimmt, dass die Dämpfung minimal ist, sondern auch darauf, dass die Modulationsamplitude in Abhängigkeit vom Wert der ersten Sendefrequenz maximal ist. Hierdurch ist die erste Sendefrequenz, bei der die Energieversorgung erfolgt, zugleich auf eine möglichst gute Datenübertragung eingestellt. Daneben wird immer noch, wie bei der Weiterbildung zu
15 Grunde liegenden Ausführungsform, die zweite Sendefrequenz darauf abgestimmt, dass die Modulationsamplitude in Abhängigkeit vom Wert der zweiten Sendefrequenz maximal ist, so dass also die zweite Sendefrequenz auf möglichst deutliche Datenübertragung eingerichtet ist.

- 20 Die Reihenfolge der Verfahrensschritte kann die angegebene alphabetische sein, kann aber auch anderweitig zweckmäßig gewählt sein.

Wahlweise wird mindestens ein weiteres elektromagnetisches Wechselfeld einer weiteren Sendefrequenz, die von der ersten und zweiten Sendefre-
25 quenz verschieden ist, aus dem ausgewählten Teilbereich in den Blattdokumentstapel eingekoppelt. Vorzugsweise wird nicht nur eine einzelne weitere, sondern eine Mehrzahl von weiteren elektromagnetischen Wechselfeldern mit unterschiedlichen Sendefrequenzen in den Blattdokumentstapel eingekoppelt. Die weitere(n) Sendefrequenz(en) werden vorzugsweise, ebenso wie

die zweite Sendefrequenz, zur Datenübertragung von einer Banknote zu dem Schreib-/ Lesegerät oder zur Datenübertragung zwischen verschiedenen Banknoten verwendet. Eine oder mehrere der weiteren Sendefrequenzen können wahlweise gemäß den Schritten f) und g) ausgewählt werden, d.h.

5 unter Einstellung der jeweiligen Sendefrequenz auf eine maximale Modulationsamplitude am Eingang. Gemäß einer Alternative ist die weitere Sendefrequenz oder sind zumindest einige der weiteren Sendefrequenzen, anders als die zweite Sendefrequenz, absichtlich nicht auf eine maximale Modulationsamplitude am Eingang oder Ausgang eingestellt, so dass Blattdokumente

10 im Innern des Blattdokumentenstapels, für die zweite Sendefrequenz mit am Eingang oder Ausgang des Blattdokumentenstapels maximierter Modulationsamplitude nachteilig ist, dennoch erfolgreich Daten aussenden können.

Gemäß einem weiteren Verfahren zur Bearbeitung eines Blattdokumentstapels, insbesondere eines Banknotenstapels, bei dem die Blattdokumente einen elektrischen Schaltkreis und eine Koppeleinrichtung mit einer Schaltung zur Lastmodulation enthalten, werden folgende Verfahrensschritte durchgeführt:

15

- 20 a) Anordnen des Blattdokumentstapels zwischen einer mit einer Modulationseinrichtung versehenen Sendeeinrichtung und einer Empfangseinrichtung,
- b) Einkoppeln eines elektromagnetischen Wechselfeldes einer Sendefre-
- 25 quenz aus dem ausgewählten Teilbereich in den Blattdokumentstapel mit der Sendeeinrichtung, Bestimmen der Energie des durch den Blattdokumentstapel übertragenen Wechselfelds mit der Empfangseinrichtung, und Ausgeben eines der bestimmten Energie entsprechenden Ausgangssignals,

- 5 c) Erzeugen eines Eingangssignals für die Modulationseinrichtung aus dem Ausgangssignal der Empfangseinrichtung, wobei aus Pegeländerungen des Ausgangssignals Pulse mit einer definierten Pulsdauer erzeugt werden, und
- 10 d) Zuführen des Eingangssignals zu der Modulationseinrichtung und entsprechendes Modulieren des von der Sendeeinrichtung erzeugten Wechselfelds, wodurch ein von dem Schaltkreis eines Blattdokuments an beliebiger Stelle im Stapel erzeugtes Lastmodulationssignal auf den Anfangsbereich des Stapels rückgekoppelt wird.

Die Datenübertragung zwischen den elektronischen Schaltkreisen der Blattdokumente des Stapels kann dadurch optimiert oder sogar erst über die gesamte Stapellänge ermöglicht werden. Mit Vorteil werden die Pulse in Schritt 15 c) mit einer Pulsdauer erzeugt, die geringfügig größer ist, als die für einen Lastmodulator eines Blattdokuments definierte Zeitdauer des Einschaltens des Lastwiderstands. Die Zeitdauer einer Laständerung wird zweckmäßig größer gewählt, als die Laufzeit eines Signals durch den Blattdokumentstapel. 20 pel.

Die Erfindung enthält auch eine Vorrichtung zur Bearbeitung eines Blattdokumentstapels, insbesondere eines Banknotenstapels, bei dem die Blattdokumente einen elektrischen Schaltkreis und eine Koppeleinrichtung mit einer 25 Schaltung zur Lastmodulation enthalten. Die Vorrichtung enthält eine Sendeeinrichtung zur Einkopplung eines elektromagnetischen Wechselfeldes in einen Anfangsbereich des Blattdokumentstapels, eine Empfangseinrichtung zum Bestimmen der durch den Blattdokumentstapel übertragenen Energie des Wechselfeldes und zur Ausgabe eines der bestimmten Energie entspre-

chenden Ausgangssignals, wobei die Sende- und Empfangseinrichtung so angeordnet sind, dass der Blattdokumentstapel zwischen sie einbringbar ist. Die Vorrichtung enthält weiter eine mit der Sendeeinrichtung zusammenwirkende Modulatoreinrichtung, die in Abhängigkeit von einem Eingangssignal das von der Sendeeinrichtung erzeugte Wechselfeld moduliert, und eine mit der Empfangseinrichtung zusammenwirkenden Signalformungsschaltung, die aus dem Ausgangssignal der Empfangseinrichtung das Eingangssignal für die Modulatoreinrichtung erzeugt, so dass ein von dem Schaltkreis eines Blattdokuments an beliebiger Stelle im Stapel erzeugtes Lastmodulationssignal auf den Anfangsbereich des Stapels rückgekoppelt wird.

In einem weiteren Aspekt enthält die Erfindung ein buchartiges Dokument, insbesondere ein Passdokument wie z.B. einen Reisepass, mit einer Mehrzahl miteinander verbundener Sicherheitsblätter, von denen mindestens eines, vorzugsweise jedes, als Blattdokument gemäß der Erfindung gestaltet ist. Ein solches buchartige Dokument ist ein maschinenlesbar und hochsicher und lässt sich überprüfen, ohne dass die Seiten des Dokuments umgeblättert werden müssen. Weitere Ausführungsbeispiele sowie Vorteile der Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren erläutert. Zur besseren Anschaulichkeit wird in den Figuren auf eine maßstabs- und proportionsgetreue Darstellung verzichtet.

Es zeigen:

25

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer kapazitiv gekoppelten Banknote mit Chip nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

- Fig. 2 eine schematische Darstellung einer kapazitiv gekoppelten Banknote mit Chip nach einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- 5 Fig. 3 ein Ersatzschaltbild für einen Stapel kapazitiv gekoppelter Banknoten mit induktivem Kompensationselement,
- Fig. 4 ein Schreib-/Lesegerät zum Auslesen eines Stapels kapazitiv gekoppelter Banknoten,
- 10 Fig. 5 den Verlauf der Dämpfung eines Stapels kapazitiv gekoppelter Banknoten in Abhängigkeit von der eingekoppelten Sendefrequenz,
- 15 Fig. 6 Spannungs-Zeit-Verläufe an vier Stellen eines Stapels kapazitiv gekoppelter Banknoten bei Durchführung einer Lastmodulation durch einen Banknotenchip des Stapels,
- Fig. 7 ein Schreib-/Lesegerät mit Rückkopplung zum Auslesen eines
- 20 Stapels kapazitiv gekoppelter Banknoten nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- Fig. 8 zwei Ausführungsbeispiele für Banknoten mit Chip, die ein induktives Kompensationselement aufweisen, in (a) für den Bereich niedriger Arbeitsfrequenzen < 50 MHz, in (b) für den Bereich höherer Arbeitsfrequenzen, hier für 868 MHz und 2,45 GHz,
- 25

- Fig. 9 in (a) bis (d) vier Ausführungsbeispiele für induktive Kompen-
sationselemente, wobei die in (a), (c) und (d) gezeigten Ele-
mente denen der Figur 8 entsprechen,
- 5 Fig. 10 in (a) eine Teilansicht einer Banknote mit einem über Koppel-
spulen induktiv angekoppeltem Chip, und in (b) eine Detailan-
sicht von (a),
- Fig. 11 ein Prinzipschaltbild für den induktiv angekoppelten Chip der
10 Banknote von Fig. 10,
- Fig. 12 ein Ersatzschaltbild für einen Stapel kapazitiv gekoppelter
Banknoten mit induktiv angekoppeltem Chip,
- 15 Fig. 13 eine Simulation des Dämpfungsverhaltens eines Stapels aus N
kapazitiv gekoppelten Banknoten mit induktiv angekoppeltem
Chip für $N = 30, 100$ und 200 ,
- Fig. 14 eine schematische Darstellung eines Passbuchs mit kapazitiv
20 gekoppelten Sicherheitsseiten nach einem Ausführungsbeispiel
der Erfindung.

Die Erfindung wird nun zunächst am Beispiel der Bearbeitung von Bankno-
ten in einem Banknotenstapel erläutert.

25

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer kapazitiv gekoppelten
Banknote mit Chip. Bei der allgemein mit Bezugszeichen 10 bezeichneten
Banknote ist ein Chip 12 mit einem elektrischen Schaltkreis auf einem Bank-
notensubstrat 14, beispielsweise einem Baumwollpapier aufgebracht. Der

Chip 12 ist über Verbindungsleitungen 16 mit drei großflächigen leitfähigen kapazitiven Koppelelektroden 18 und 20 verbunden, die der Energie- und Datenübertragung zwischen der Banknote 10 und einem Schreib-/Lesegerät 22 dienen. Im Ausführungsbeispiel sind die Koppelelektroden 18, 20 mit leitfähigen Druckfarben auf das Banknotensubstrat 14 aufgedruckt.

Die beiden außen liegenden Koppelelektroden 18 werden im Ausführungsbeispiel zum einen für die Energieversorgung des Chips 12 und zum anderen für die Datenkommunikation 24 von dem Schreib-/Lesegerät 22 zu dem Chip 12 (im folgenden Downlink genannt) eingesetzt. Die in der Mitte liegende Elektrode 20 dient der Datenkommunikation 26 von dem Chip 12 zu dem Schreib-/Lesegerät 22 (im folgenden Uplink genannt). Darüber hinaus wird im Ausführungsbeispiel über diese Elektrode 20 auch die Datenkommunikation zwischen den Chips 12 verschiedener Banknoten 10 (im folgenden Interlink genannt) realisiert. Die Kommunikationskanäle bezüglich Energie und Daten-Downlink auf der einen Seite und Daten-Uplink und Daten-Interlink auf der anderen Seite sind im Ausführungsbeispiel somit räumlich voneinander getrennt.

In einer alternativen Gestaltung kann auch der Daten-Downlink, also die Datenkommunikation 24 von dem Schreib-/Lesegerät 22 zu dem Chip 12, über die mittlere Elektrode 20 erfolgen, so dass nur der Energietransfer über die äußeren Koppelelektroden 18 abgewickelt wird.

Ein anderes Ausführungsbeispiel, bei dem neben einer räumlichen Trennung auch eine Trennung der Kommunikationskanäle im Frequenzraum erfolgt, ist in Figur 2 dargestellt. Dort sind auf das Banknotensubstrat 14 neben dem Chip 12 und einem ersten Paar großflächiger Koppelelektroden 30 zusätzliche Antennen 32 aufgebracht. Die Koppelelektroden 30 und die Antennen 32

sind jeweils mit dem Chip 12 elektrisch verbunden. Die Energieversorgung des Chips 12 erfolgt über eine kapazitive Ankopplung an das Schreib-/ Lesegerät 22, die mittels der Koppелеlektroden 30 realisiert wird. Auch der Daten-Downlink 24 von dem Schreib-/ Lesegerät 22 zu dem Chip 12 wird im
5 Ausführungsbeispiel über die kapazitive Kopplung verwirklicht. Als Frequenzbereich für die kapazitive Kopplung ist dabei der Bereich unterhalb von 300 MHz bevorzugt.

Der Daten-Uplink 26 von dem Chip 12 zu dem Schreib-/ Lesegerät 22 wird in
10 einem höher liegenden Frequenzbereich, bevorzugt im Bereich oberhalb von 300 MHz durchgeführt. Die Antennen 32 sind besonders für die Kommunikation bei diesen höheren Frequenzen eingerichtet. Im gezeigten Ausführungsbeispiel erfolgt die Energieübertragung und die Downlink-Kommunikation 24 bei einer Frequenz von z.B. 30 MHz, die Uplink-
15 Kommunikation dagegen bei einer Frequenz von 868 MHz.

Das Verhalten eines Stapels aus N kapazitiv gekoppelten Banknoten im Betrieb kann durch ein elektrisches Ersatzschaltbild beschrieben werden. Dabei bilden durch das Aufeinanderstapeln der Banknoten jeweils zwei überein-
20 ander liegenden kapazitiven Koppelflächen eine Kapazität C_k . Im Folgenden werden der Einfachheit halber Banknoten mit zwei kapazitiven Koppelflächen betrachtet. Die Behandlung von Banknoten mit mehreren Koppелеlementen verläuft analog.

25 Enthält die Koppereinrichtung zwei kapazitive Koppelflächen, so stehen jeder Banknote zwei Koppelkondensatoren zur Verfügung. Für den Chip 12 auf der Banknote erscheinen die beiden Koppelkondensatoren als Serienschaltung der Einzelkapazitäten, so dass im Ersatzschaltbild nur $C_k/2$ wirksam ist. Bei der Einspeisung von Energie in den Stapel hat es sich nun her-

ausgestellt, dass die zur Verfügung stehende Versorgungsspannung zum Ende des Stapels hin schnell abnimmt. Am Eingang des Stapels müsste somit eine sehr hohe Spannung eingespeist werden, um auch am Ende der Kette noch ausreichend Energie zum Betrieb eines Chips zur Verfügung stellen zu können.

Um die Energieübertragung im Stapel zu verbessern, wird daher der parasitären Kapazität C_p eine Induktivität L_p parallelgeschaltet, wie im Ersatzschaltbild der Fig. 3 gezeigt. Dort sind neben der Banknote 10 weitere Banknoten 10-2, 10-3 und die Fortsetzung des Stapels angedeutet. Der Wert der Induktivität L_p wird erfindungsgemäß so gewählt, dass der durch die parasitäre Kapazität C_p erzeugte Phasenwinkel des Stroms i_2 durch die Induktivität innerhalb des Stapels möglichst kompensiert wird. Dabei ist zu beachten, dass sich die Banknoten 10, 10-2, 10-3 ... im Stapel gegenseitig beeinflussen, so dass die Resonanzfrequenz der Elemente C_p und L_p im Parallelresonanzkreis im Allgemeinen nicht der Betriebsfrequenz des Stapels entspricht. Beispiele für die konkrete Realisierung einer solchen Induktivität L_p sind weiter unten in Zusammenhang mit Figuren 8 und 9 ausführlich beschrieben.

Figur 4 zeigt ein Schreib-/Lesegerät 40 zum Auslesen eines Stapels 42 kapazitiv gekoppelter Banknoten 10. Während bei herkömmlichen RFID-Lesegeräten die Spannungsquelle und das Empfangsgerät an derselben Koppel-einheit (Antenne) betrieben werden, sind bei dem Schreib-/Lesegerät 40 die Spannungs- oder Signalquelle 44 und das Empfangsgerät 48 getrennt und jeweils über eigene Koppel-einheiten, bzw. Antennen 46 und 50 mit dem Banknotenstapel 42 verbunden.

Energie und Daten werden über die Signalquelle 44 an der Oberseite in den Stapel 42 eingekoppelt. Das Auslesen der von den Banknoten 10 gesendeten Daten, beispielsweise eine Seriennummer, erfolgt durch die Ankopplung des Empfangsgeräts 48 an der gegenüberliegenden Unterseite des Stapels 42. Die
5 Signalquelle 44 und das Empfangsgerät 48 können darüber hinaus mit einem Modulator 52 bzw. einem Lastmodulator 56 ausgestattet sein, deren Funktion und Wirkungsweise weiter unten erläutert werden. Neben dem Empfangsgerät 48 am Ende des Stapels kann ein weiteres Empfangsgerät 54 parallel zur Signalquelle 44 vorgesehen sein.

10

Das Ersatzschaltbild der Fig. 3 stellt bei einem Stapel von N Banknoten einen Bandpass N-ter Ordnung dar. Die numerisch simulierte Frequenzabhängigkeit der Dämpfung D für einen Stapel mit N=120 Banknoten ist in Fig. 5 gezeigt. Wie aus dem Verlauf der Dämpfung 60 in Fig. 5 zu erkennen, hat der
15 durch den Banknotenstapel gebildete Bandpass eine breiten Durchlassbereich 62, in dem elektrische Energie mit sehr geringer Dämpfung zu den einzelnen Banknoten 10 übertragen werden kann. Außerhalb des Durchlassbereichs 62 erreicht die Dämpfung sehr schnell sehr große Werte. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Frequenzbereich von 10 MHz bis hin zu 160
20 MHz dargestellt, wobei der Durchlassbereich 62 etwa 100 MHz breit ist.

Wie ebenfalls in der Fig. 5 zu erkennen, zeigt die Dämpfung innerhalb des Durchlassbereichs ein stark variierendes oder schwankendes Verhalten, das heißt, es existieren abwechselnd Einzelfrequenzen, bei denen die Dämpfung
25 ein lokales Maximum 64 oder ein lokales Minimum 66 besitzt. Die genaue Lage der lokalen Extrema hängt von den Werten der beteiligten Kapazitäten, insbesondere von der Koppelkapazität C_k ab. Die Koppelkapazität C_k selbst ist durch die Größe der Koppel Elektroden, der Eigenschaften des sich als Mischung von Banknotenpapier und Luft darstellenden Dielektrikums, sowie

- durch den Abstand der Koppel Elektroden, also insbesondere die Papierdicke, gegeben. Es versteht sich, dass die elektrischen Eigenschaften der Koppelkapazitäten und damit auch die genaue Lage der Einzelfrequenzen mit lokal maximaler oder minimaler Dämpfung von Banknotenstapel zu Banknotenstapel variiert, da die Banknoten in einem Stapel beispielsweise nicht
5 exakt aufeinander liegen, verschmutzt oder verknittert sein können, oder Lufteinschlüsse zwischen den einzelnen Banknoten im Stapel entstehen können.
- 10 Um eine Arbeitsfrequenz mit möglichst geringer Dämpfung zu finden, wird nun vor der eigentlichen Bearbeitung des Banknotenstapels 42 ein Teilbereich 68 des Durchlassbereichs 62 des Bandpassfilters ausgewählt. Innerhalb dieses Teilbereichs wird die Signalfrequenz der Signalquelle 44 ausgehend vom kleinsten Frequenzwert in kleinen Schritten erhöht, und jeweils die von
15 dem Empfangsgerät 48 gelieferte Ausgangsspannung am unteren Ende des Stapels als Maß für die durch den Stapel übertragene Energie gemessen. Die Schrittweite kann dabei bei einer Breite des Teilbereichs von beispielsweise 10 MHz etwa 10 kHz betragen.
- 20 Diese Messung wird solange fortgesetzt, bis zumindest ein lokales Minimum 66 und ein lokales Maximum 64 der Energieübertragungsfunktion eindeutig identifiziert sind. Es versteht sich, dass ein lokales Minimum der Dämpfung D dabei einem lokalen Maximum der vom Empfangsgerät 48 ausgegebenen Ausgangsspannung entspricht und umgekehrt. Anschließend
25 wird für die eigentliche Bearbeitung des Banknotenstapels als Arbeitsfrequenz die dem ermittelten Minimum der Dämpfung zugehörige Sendefrequenz verwendet.

Ein anderes Verfahren zur Bestimmung einer geeigneten Arbeitsfrequenz wird nun mit Bezug auf Fig. 6 erläutert. Dabei wird zur Datenübertragung von den Chips 12 im Banknotenstapel zu einem Schreib-/Lesegerät 40, wie in Fig. 4 gezeigt, bevorzugt eine Anordnung verwendet, bei der die von den
5 einzelnen Chips 12 gesendeten Daten am Ende des Stapels 42 von einem Empfangsgerät 48 ausgelesen werden. Führen die Chips 12 im Stapel zur Datenübertragung eine Lastmodulation durch, so wirkt diese nicht nur in Richtung des Ausgangs des Stapels und das Empfangsgerät 48, sondern auch an den Punkt der Einspeisung, also auf die Signalquelle 44 zurück.

10

Dies ist in der Fig. 6 illustriert, bei der ein Stapel aus $N=120$ kapazitiv gekoppelten Banknoten mit Chip durch die entsprechende Ersatzschaltung simuliert wurde. In der dargestellten Situation führt der Chip der Banknote an der Position $i=80$ im Stapel ($i=1 \dots N$) eine Lastmodulation durch. Die Lastmo-
15 dulation ist am Spannungs-Zeit-Verlauf 74 dieses Chips deutlich zu erkennen. Auch am Ausgang des Stapels (Kurvenzug 76) kann die Lastmodulation problemlos erfasst werden. Wie die beiden ersten Kurvenzüge zeigen, die den Spannungsverlauf an der Signalquelle 44 (Kurvenzug 70) und an einem Chip im ersten Drittel des Stapels (Kurvenzug 72) zeigen, kann das Modulationssignal selbst an der Signalquelle 44 noch detektiert werden.
20

Ein solches Verhalten ist bei der Bearbeitung von Banknotenstapels ausdrücklich erwünscht, da so auch eine Kommunikation zwischen den Chips 12 verschiedener Banknoten (Interlink) erfolgen kann, was beispielsweise die
25 Realisierung effektiver Antikollisionsalgorithmen ermöglicht. So kann etwa durch bitweise Arbitrierung des von den Chips 12 erzeugten seriellen Datenstroms eine eindeutige Seriennummer innerhalb nur einer Iterationsschleife an das Empfangsgerät 48 übertragen werden.

Es hat sich jedoch herausgestellt, dass das Übertragungsverhalten eines Lastmodulationssignals zur Signalquelle 44 stark von der gewählten Arbeitsfrequenz abhängig ist. So konnte etwa bei einer anderen Arbeitsfrequenz, als in Fig. 6 gewählt, die Lastmodulation des oben gezeigten Chips am Eingang
5 nicht mehr detektiert werden.

Um die Übertragung des Lastmodulationssignals zur Signalquelle 44 zu optimieren und damit die Interlink-Kommunikation zu ermöglichen, kann die Arbeitsfrequenz nach der Erfindung vor der eigentlichen Bearbeitung des
10 Banknotenstapels wie folgt bestimmt werden.

Zunächst werden mindestens zwei lokale Minima 66 der Dämpfung der Energieübertragung ermittelt, wie oben in Zusammenhang mit der Fig. 5 beschrieben. Bevorzugt wird dabei allerdings ein größerer Frequenzbereich als
15 in dem bei Fig. 5 beschriebenen Ausführungsbeispiel abgesucht, um eine größere Anzahl lokaler Minima 66 der Dämpfung der Energieübertragung zu ermitteln.

Das Empfangsgerät 48 des Schreib-/Lesegeräts 40 ist für die Durchführung
20 dieses Verfahrens mit einem Lastmodulator 56 ausgestattet, der die Lastmodulation eines Chips 12 an letzter Position im Stapel simuliert. Der Lastmodulator 56 am Ende des Stapels wird nun mit einem Prüfsignal einer Prüffrequenz moduliert und die am Eingang des Stapels verbleibende Modulationsamplitude des Prüfsignals wird bei all den zuvor ermittelten Einzelfrequenzen der lokalen Minima 66 der Dämpfung der Energieübertragung gemes-
25 sen.

Anschließend wird diejenige Sendefrequenz mit lokal minimaler Dämpfung als Arbeitsfrequenz ausgewählt, bei der die an der Signalquelle 44 noch

messbare Modulation durch das Prüfsignal eine maximale Amplitude erreicht. Bei dieser Frequenz wird dann gleichzeitig eine geringe Dämpfung und eine große Modulationsamplitude erzielt.

- 5 Alternativ kann die Arbeitsfrequenz dadurch bestimmt werden, dass am Eingang des Stapels - neben dem Sendesignal mit Frequenz f_1 ein zweites Signal mit einer zweiten Frequenz f_2 , die ungleich f_1 ist, eingespeist wird. Wird der Lastmodulator 56 am Ende des Stapels mit dem Prüfsignal f_3 moduliert, so werden am Eingang des Stapels auch beide Frequenzen f_1 und f_2
- 10 mit dem Prüfsignal f_3 moduliert. Die Frequenz f_2 wird nun in einem größeren Bereich abgestimmt, und dabei der Modulationsgrad am Eingang des Stapels am Signal f_2 gemessen. Anschließend wird für f_2 eine Frequenz gewählt, bei der der Modulationsgrad einen maximalen Wert erreicht. Die Frequenz f_1 wird nach einem beliebigen der weiter oben beschriebenen Verfahren
- 15 eingestellt, d.h. unter Minimierung der Dämpfung und/oder Maximierung der Modulationsamplitude. Zur Datenübertragung von den Chips 12 zum Lesegerät 40 werden mindestens das durch Lastmodulation im Stapel modulierte Signal f_2 , bevorzugt jedoch die Signale f_1 und f_2 demoduliert. Der Kommunikationskanal mit der Frequenz f_1 wird für die Downlink-
- 20 Kommunikation verwendet, d.h. für die Übertragung von Energie und/oder Daten vom Schreib-/Lesegerät zu einer jeweiligen Banknote. Da bei der Frequenz f_1 Energie übertragen wird, wird, um bestmögliche Energieübertragung zu erzielen, die Frequenz auf einen Wert von f_1 eingestellt, dass die Dämpfung des Signals mit der Frequenz f_1 durch den Banknotenstapel minimal ist. Der Kommunikationskanal mit der Frequenz f_2 wird für die
- 25 Uplink-Kommunikation und/oder Interlink-Kommunikation verwendet, d.h. für die Übertragung von Daten von einer Banknote zum Schreib-/Lesegerät oder zwischen Banknoten. Damit die Daten bei der Frequenz f_2

optimal übertragen werden, wird die Frequenz f_2 auf einen Wert von f_2 eingestellt, dass die Modulationsamplitude maximal ist.

Wahlweise werden für den zweiten Kommunikationskanal, d.h. für die Übertragung von Daten Uplink von einer Banknote zum Schreib-/Lesegerät oder Interlink zwischen Banknoten, neben der Frequenz f_2 weitere Frequenzen f_4, f_5, f_6, f_7 etc. verwendet. Für einige der weiteren Frequenzen f_4, f_5, f_6, f_7 etc. wird der Wert der Frequenz analog eingestellt wie der Wert der Frequenz f_2 . Die Frequenz f_2 und die weitere(n) Frequenz(en) können dabei wahlweise nacheinander oder gleichzeitig eingestellt werden. Für andere der weiteren Frequenzen f_4, f_5, f_6, f_7 etc. wird die Frequenz, ganz gegenteilig, nicht auf maximale Modulationsamplitude am Eingang eingestellt, sondern z.B. auf minimale Modulationsamplitude am Eingang eingestellt. Hierdurch wird sichergestellt, dass Banknoten im Innern des Banknotenstapels, an deren Ort die Modulationsamplitude zufällig sehr gering ist, wenn die Modulationsamplitude am Eingang oder Ausgang maximal ist, dennoch eine Frequenz zur Verfügung haben, bei der sie erfolgreich Daten nach außen, z.B. zum Schreib/ Lesegerät und/oder zu anderen Banknoten, senden können. Auf diese Weise bietet der für die Uplink bzw. Interlink Kommunikation bereitgestellte zweite Kommunikationskanal mit seiner Mehrzahl von Frequenzen f_2, f_4, f_5, f_6, f_7 etc. sämtlichen Banknoten des Banknotenstapels die Möglichkeit, Daten zu senden.

Eine Möglichkeit, die Datenkommunikation zwischen den Banknotenchips eines Banknotenstapels (Interlink) weiter zu verbessern, wird nunmehr mit Bezug auf Fig. 7 beschrieben. Wie oben bereits erwähnt, ist es grundsätzlich wünschenswert, wenn die einzelnen Chips in einem Banknotenstapel miteinander kommunizieren können. Insbesondere bei sehr großen Stapeln, beispielsweise bei einem Banknotenstapel mit $N=1000$ Banknoten, ergibt sich

- jedoch das Problem, dass eine Lastmodulation, die von einem Chip am Ende eines Stapels ausgeführt wird, am Anfang des Stapels selbst bei geschickter Wahl der Arbeitsfrequenz nur noch mit einer so kleinen Amplitude wirksam ist, dass die Chips am Anfang des Stapels die Lastmodulation des Chips am
- 5 Ende des Stapels nicht mehr detektieren können. Um diesem Problem zu begegnen, schlägt die Erfindung vor, das Schreib-/Lesegerät 40 aus Fig. 4 wie in Fig. 7 gezeigt zu erweitern. Gleiche Elemente wie in Fig. 4 sind dabei mit denselben Bezugszeichen versehen.
- 10 Die Banknoten des Stapels sind mit Bezugszeichen 80-1, 80-2, ... 80-(N-2), 80-(N-1), 80-N bezeichnet. Ein Chip 12 einer an beliebiger Stelle im Innern des Stapels angeordneten Banknote 82 führt in der dargestellten Situation eine Lastmodulation aus. Um das Lastmodulationssignal 90 diese Chips für alle anderen Chips des Stapels detektierbar zu machen, wird das am Ende des
- 15 Stapels detektierte Lastmodulationssignal 92 auf den Eingang des Stapels rückgekoppelt.

- Dazu enthält das Schreib-/Lesegerät neben der Signalquelle 44 eine Modulationsschaltung 52 am Anfang des Stapels und ein Empfangsgerät 48 am
- 20 Ende des Stapels. Das Empfangsgerät 48 liefert eine Ausgangsspannung 92 proportional zu der durch den Stapel übertragenen Energie. Dies bewirkt, dass eine Lastmodulation eines Banknotenchips 12 im Stapel von dem Empfangsgerät 48 als eine der Laständerung 90 proportionale, modulierte Spannung 92 ausgegeben wird.

- 25 Die modulierte Ausgangsspannung 92 des Empfangsgeräts 48 wird einer Signalformungsschaltung 84 zugeführt, welche aus den Spannungsänderungen des Ausgangssignals 92 Pulse mit einer definierten Pulsdauer erzeugt (Bezugszeichen 94). Diese Pulse werden dabei mit einer geringfügig größe-

- ren Pulsdauer erzeugt, als die für den Lastmodulator einer Banknote 82 definierte Zeitdauer des Einschaltens des Lastwiderstandes. Das so geformte Signal 94 wird zur Ansteuerung des Modulators 52 verwendet, welcher für die Zeitdauer eines Pulses die Ausgangsspannung der Signalquelle 44 so
- 5 verändert, im Ausführungsbeispiel abschwächt, dass das daraus resultierende Signal 96 von allen Chips im Stapel – vor allem auch von den Chips am Anfang des Stapels – als Lastmodulationssignal eines einzelnen Banknotenchips interpretiert wird.
- 10 Es versteht sich, dass die Zeitdauer einer Laständerung größer als die Laufzeit eines Signals durch den Stapel gewählt ist. Ebenso ist es selbstverständlich, dass die zeitliche Anordnung und Abfolge der übertragenen Last- und Spannungsänderungen eine Folge von zu übertragenden Daten repräsentiert.
- 15 Das unter Bezugnahme auf Fig. 7 beschriebene Verfahren ist besonders für Banknoten mit zwei Kommunikationskanälen bei unterschiedlichen Frequenzen f_1 , f_2 geeignet und/oder in Kombination mit dem Verfahren zum Bearbeiten von Banknoten, bei dem zwei unterschiedliche Sendefrequenzen f_1 , f_2 für zwei unterschiedliche Kommunikationskanäle verwendet werden.
- 20 In diesem Fall gibt die Signalquelle 44 zwei Signale mit unterschiedlichen Frequenzen f_1 , f_2 aus, die beide bei Empfangsgerät empfangen werden. Die modulierte Ausgangsspannung 92b mit Frequenz f_2 des Empfangsgeräts 48 wird einer Signalformungsschaltung 84 zugeführt, welche aus den Spannungsänderungen des Ausgangssignals 92 Pulse mit einer definierten Puls-
- 25 dauer erzeugt (Bezugszeichen 94). Diese Pulse werden dabei mit einer geringfügig größeren Pulsdauer erzeugt, als die für den Lastmodulator einer Banknote 82 definierte Zeitdauer des Einschaltens des Lastwiderstandes. Das so geformte Signal 94 wird zur Ansteuerung des Modulators 52 verwendet, welcher für die Zeitdauer eines Pulses die Ausgangsspannung mit der Fre-

quenz f_1 der Signalquelle so verändert, im Ausführungsbeispiel abschwächt, dass das daraus resultierende Signal 96 von allen Chips im Stapel – vor allem auch von den Chips am Anfang des Stapels – als Lastmodulationssignal eines einzelnen Banknoten-chips interpretiert wird.

5

Fig. 8 zeigt zwei Ausführungsbeispiele für Banknoten mit Chip 12, die ein induktives Kompensationselement mit Induktivität L_p aufweisen, wie es oben mit Bezug auf Fig. 3 beschrieben wurde. Dabei zeigt Fig. 8(a) eine Gestaltung einer Banknote für den Bereich niedriger Arbeitsfrequenzen < 50
10 MHz, und Fig. 8(b) eine Gestaltung für den Bereich höherer Arbeitsfrequenzen, hier für 868 MHz und 2,45 GHz. Die Kompensationselemente der Fig. 8 werden nun mit weiterem Bezug auf die Figuren 9(a) bis (d) näher erläutert.

Die Ausgestaltung der Fig. 8(a) und 9(a) sieht einen Streifen 100 oder einen
15 Patch mit einer metallischen Beschichtung vor, der auf die Banknote aufgebracht wird. Die metallische Beschichtung des Streifens 100 ist dabei so strukturiert (Bezugszeichen 102), dass eine Induktivität des gewünschten Wertes L_p gebildet wird. Die Verwendung eines solchen metallisch beschichteten Streifens bietet mehrere Vorteile. Zum einen bietet der Streifen
20 eine komfortable Möglichkeit, die flächigen Elektroden 104 zu kontaktieren. Sind diese nämlich mit einer leitfähigen Druckfarbe aufgedruckt, so können sie mit herkömmlichen Verfahren wie Bonden, Löten oder Flip-Chip-Montage nicht einfach kontaktiert werden. Dagegen kann der Streifen 100 so auf dem Banknotensubstrat 14 aufgebracht werden, dass zwischen den zuvor
25 aufgedruckten Elektroden 104 und dem Streifen eine elektrische Verbindung entsteht. Alternativ können die Elektroden 104 auch nach dem Aufbringen des Streifens 100 auf das Substrat aufgedruckt werden.

Obwohl in der Figur nicht ausdrücklich gezeigt, ist die metallische Beschichtung des Streifens 100 an der Einbauposition des Chips 12 unterbrochen, so dass eine Anschlussstelle des Chips 12 mit einem ersten Beschichtungssegment und eine zweite Anschlussstelle des Chips 12 mit einem
5 zweiten Beschichtungssegment elektrisch verbunden ist.

Eine weitere bevorzugte Realisierung eines induktiven Kompensationselements besteht darin, eine Spule 106 durch einen galvanischen Abscheideprozess auf dem Chip 12 aufzubringen, siehe Figur 9(b). Geeignete Verfahren zu
10 Herstellung einer solchen „coil on chip“ sind bekannt. Beispielsweise wird die Spule als planare Spiralanordnung unmittelbar auf dem Isolator eines Siliziumchips platziert und durch Öffnungen in der Isolatorschicht mit der darunter liegenden Schaltung elektrisch verbunden. Um die mechanische Belastbarkeit des gesamten Bauteils zu gewährleisten, wird beispielsweise
15 eine Abschlusspassivierung auf Polyamidbasis durchgeführt.

Während bei Arbeitsfrequenzen im Frequenzbereich bis zu ca. 100 MHz bevorzugt die „coil on chip“-Strukturen oder Strukturen auf einem metallisierten Streifen oder Patch eingesetzt werden, können bei Arbeitsfrequenzen
20 in höheren Frequenzbereichen, z. B. bei 868 MHz oder 2,45 GHz zwei weitere Möglichkeiten zur Realisierung eines induktiven Kompensationselements verwendet werden.

Eine Möglichkeit besteht darin, wie in Fig. 8(b) und Fig. 9(c) gezeigt, eine
25 Spule 108 auf dem Halbleitermaterial 110 (beispielsweise Silizium, a-Si, p-Si, organische Halbleiter) selbst zu realisieren. Derartige, als MEMS (micro-electro-mechanical components and systems) bezeichnete Bauteile sind an sich bekannt und werden in der Kommunikationstechnik, z. B. bei Satellitenempfängern oder auch in UMTS-Mobiltelefonen eingesetzt.

- Vor allem im Frequenzbereich oberhalb von 500 MHz kann die zur Kompensation benötigte Induktivität L_p sehr kleine Werte annehmen. Aus der Konstruktion von Funkgeräten für diese Frequenzbereiche ist bekannt, dass bereits einfache Leiterschleifen eine Induktivität von einigen zehn nH aufweisen. Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung, wie sie in Fig. 8(b) und 9(d) gezeigt ist, ist daher vorgesehen, zugleich mit den flächigen Elektroden 112 eine Leiterschleife 114 aus einem leitfähigen Material, z. B. einer leitfähigen Druckfarbe, auf das Banknotensubstrat aufzubringen. Ein zusätzlicher Vorteil ergibt sich daraus, dass diese Leiterschleife für Spannungen mit niedriger Frequenz, insbesondere für Gleichspannung, einen wirkungsvollen Kurzschluss darstellt und so den Chip 12 an dessen Eingängen wirkungsvoll vor statischer Elektrizität (Entladungsfunken) schützt.
- Es versteht sich, dass eine Banknote auch mit mehreren induktiven Kompensationselementen ausgestattet sein kann, um einen Betrieb bei verschiedenen Arbeitsfrequenzen zu erlauben. Beispielsweise enthält die in Fig. 8(b) gezeigte Banknote sowohl eine direkt auf dem Halbleitermaterial angeordnete Spule 108 für Kommunikation bei 868 MHz, als auch eine halbe Leiterschleife 114 für die Kommunikation bei 2,45 GHz.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nun mit Bezug auf die Figuren 10 bis 12 erläutert. Bei den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen wurde davon ausgegangen, dass die Chips 12 der Banknoten über eine galvanische Kontaktierung, beispielsweise mittels Flip-Chip-Montage, mit den großflächigen kapazitiven Koppelflächen verbunden sind. Alternativ dazu kann die elektrische Ankoppelung des Chips an die kapazitiven Koppelflächen auch kontaktlos erfolgen. Figur 10 zeigt in (a) eine Teilansicht einer Banknote 10 mit einem Chip 12, der induktiv an die großflächigen kapazitiven Koppelflächen angeschlossen ist.

5 zitiven Koppelflächen 120 angekoppelt ist. Dazu sind die Koppelflächen 120 mit einer Koppelspule 122 mit Induktivität L_1 elektrisch verbunden. Die Koppelspule 122 kann beispielsweise drucktechnisch im selben Arbeitsgang wie die Koppelflächen 120 aufgebracht werden und besteht, abhängig von
10 der gewünschten Arbeitsfrequenz aus mindestens einer halben Windung, wie beispielsweise in Fig. 9 gezeigt. In der Regel kommt allerdings eine Spule mit einer oder mehreren Spulenwindungen zum Einsatz, wie in Fig. 10(b) dargestellt.

- 10 Der Chip 12 ist mit einer zweiten, galvanisch auf dem Chip abgeschiedenen Koppelspule 124 mit Induktivität L_2 („coil on chip“, CoC) versehen. Der Chip 12 mit der zweiten Koppelspule 124 wird dabei so auf das Banknoten-substrat aufgebracht, dass die zweite Koppelspule 124 auf bzw. innerhalb der ersten Koppelspule 122 zu liegen kommt. Eine besonders gute Ankopp-
15 lung wird erreicht, wenn sich die zweite Koppelspule 124 und die erste Koppelspule 122 auf einer gemeinsamen Mittelachse befinden. Bevorzugt werden die geometrischen Abmessungen der Koppelspule 122 so gewählt, dass sie mit den geometrischen Abmessungen der zweiten Koppelspule 124 identisch sind, um so eine möglichst gute magnetische Kopplung zwischen den
20 beiden Spulen zu erreichen.

Figur 11 zeigt ein Prinzipschaltbild für den induktiv angekoppelten Chip der Banknote von Fig. 10. Der Chip 12 ist über die beiden Koppelspule 124 und 122 induktiv an die kapazitiven Koppelflächen 120 angekoppelt. Ebenfalls
25 eingezeichnet ist die Kapazität C_{p1} , die zwischen den Koppelflächen 120 konstruktionsbedingt als parasitäre Kapazität auftritt. Da die parasitäre Kapazität nicht beseitigt werden kann, wird sie nach der Erfindung durch das Parallelschalten weiterer Kapazitäten, beispielsweise unter Verwendung eines metallisierten Streifens oder Patches, bei Bedarf gezielt vergrößert, um

mit einem angepassten Gesamtkapazitätswert das elektrische Übertragungsverhalten im Stapel zu optimieren.

- Ein Ersatzschaltbild für einen Stapel aus N kapazitiv gekoppelten Banknoten mit induktiv angekoppeltem Chip 12 ist in der Fig. 12 gezeigt. Eine mathematische Analyse der gezeigten Ersatzschaltung zeigt ein sehr gutes Übertragungsverhalten bezüglich der Energieübertragung im Frequenzbereich um 100 MHz. Im Bereich der Resonanzfrequenz der zweiten Koppelspulen 124 der Chips, die außerhalb des Stapels zu 13,56 MHz gemessen wird, ist dagegen keine Energieübertragung im Stapel möglich. Diese Situation ist in der Fig. 13 dargestellt, die die Dämpfung eines Stapels mit $N=30$ (Kurve 130), $N=100$ (Kurve 132) und $N=200$ (Kurve 134) als Funktion der Frequenz von 1 MHz bis zu 1 GHz zeigt.
- Es ist daher zweckmäßig, zur Kommunikation mit dem Stapel eine Arbeitsfrequenz einzusetzen, die sich von der Resonanzfrequenz der Koppelspulen (hier 13,56 MHz) unterscheidet. Beispielsweise ist im Ausführungsbeispiel die im Stapel verwendete Arbeitsfrequenz um den Faktor 10 größer als die Resonanzfrequenz der CoC gewählt. Es versteht sich, dass für diese Frequenzen ausgelegte Transponderchips eingesetzt werden.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Blattdokument, insbesondere Banknote, mit einem elektrischen Schaltkreis
5 zur Speicherung von Sicherheitsdaten und mit einer Koppeleinrichtung zur kontaktlosen Kommunikation des Schaltkreises mit einer externen Schreib-/Leseeinrichtung, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koppeleinrichtung mehrere räumlich getrennte Koppелеlemente für verschiedene Kommunikationskanäle enthält.
- 10 2. Blattdokument nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koppeleinrichtung erste kapazitive Koppелеlemente enthält, die zur Energieversorgung des elektrischen Schaltkreises, und dass die Koppeleinrichtung weiter zweite kapazitive Koppелеlemente enthält, die zur Datenkommunikation von dem Schaltkreis zu der externen Schreib-/Leseeinrichtung eingerichtet sind.
- 15 3. Blattdokument nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten kapazitiven Koppелеlemente zur Datenkommunikation von der externen Schreib-/Leseeinrichtung zu dem Schaltkreis eingerichtet sind.
- 20 4. Blattdokument nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweiten kapazitiven Koppелеlemente zur Datenkommunikation von der externen Schreib-/Leseeinrichtung zu dem Schaltkreis eingerichtet sind.
- 25 5. Blattdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten und zweiten Koppелеlemente durch leitfähige kapazitive Koppelflächen gebildet sind, insbesondere dass die Koppeleinrichtung als erste Koppелеlemente zwei leitfähige kapazitive Kopp-

flächen und als zweites Koppellement eine leitfähige kapazitive Koppelfläche enthält.

6. Blattdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Koppellemente durch leitfähige kapazitive Koppelflächen zur Kommunikation in einem niedrigen Frequenzbereich, insbesondere unterhalb von 300 MHz ausgebildet sind, und die zweiten Koppellemente durch Antennen zur Kommunikation in einem höheren Frequenzbereich, insbesondere oberhalb von 300 MHz ausgebildet sind.
7. Blattdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten und zweiten Koppellemente mit dem elektrischen Schaltkreis galvanisch verbunden sind.
8. Blattdokument, insbesondere Banknote, mit einem elektrischen Schaltkreis zur Speicherung von Sicherheitsdaten und mit einer Koppereinrichtung zur kontaktlosen Kommunikation des Schaltkreises mit einer externen Schreib-/Leseeinrichtung, welche zumindest zwei leitfähige kapazitive Koppelflächen enthält, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zwischen die leitfähigen kapazitiven Koppelflächen geschaltetes induktives Kompensationselement vorgesehen ist.
9. Blattdokument nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Blattdokument einen mit einer leitfähigen, insbesondere einer metallischen Schicht versehenen Streifen oder Patch aufweist, der die Koppelflächen elektrisch verbindet und dessen leitfähige Schicht mit einer Strukturierung versehen ist, um so ein induktives Kompensationselement zu bilden.

10. Blattdokument nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein induktives Kompensationselement durch eine planare Spule gebildet ist, die galvanisch auf einer den Schaltkreis bedeckenden Isolatorschicht aufgebracht ist.
- 5
11. Blattdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein induktives Kompensationselement durch eine auf dem Halbleitermaterial selbst realisierte Spule gebildet ist.
- 10 12. Blattdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein induktives Kompensationselement durch eine auf das Blattdokumentsubstrat aufgebrachte, insbesondere mit einem leitfähigen Material aufgedruckte Leiterschleife gebildet ist.
- 15 13. Blattdokument nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leiterschleife nur wenige Windungen, insbesondere nur eine halbe Windung aufweist.
14. Blattdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch**
- 20 **gekennzeichnet, dass** die Koppeleinrichtung mehrere räumlich getrennte Koppellemente für verschiedene Kommunikationskanäle nach einem der Ansprüche 1 bis 7 enthält.
15. Blattdokument, insbesondere Banknote, mit einem elektrischen Schalt-
- 25 kreis zur Speicherung von Sicherheitsdaten und mit einer Koppeleinrichtung zur kontaktlosen Kommunikation des Schaltkreises mit einer externen Schreib-/Leseeinrichtung, welche zumindest zwei leitfähige kapazitive Koppelflächen enthält, **dadurch gekennzeichnet, dass** die leitfähigen kapazitiven Koppelflächen elektrisch mit einer ersten Koppelspule verbunden sind, und

dass der Schaltkreis mit einer planaren zweiten Koppelspule verbunden ist, die galvanisch auf einer den Schaltkreis bedeckenden Isolatorschicht aufgebracht ist, um so eine kontaktlose induktive Kopplung zwischen den kapazitiven Koppelflächen und dem Schaltkreis zu ermöglichen.

5

16. Blattdokument nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das die erste Koppelspule planar ausgebildet ist.

17. Blattdokument nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass**
10 die erste Koppelspule nur wenige Windungen, insbesondere nur eine halbe Windung aufweist.

18. Blattdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schaltkreis und die zweite Koppelspule auf oder
15 innerhalb der ersten Koppelspule angeordnet sind.

19. Blattdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und zweite Koppelspule mit einer gemeinsamen Mittelachse angeordnet sind, bevorzugt, dass die geometrischen Abmessungen der ersten und zweiten Koppelspule im Wesentlichen übereinstimmen.
20

20. Blattdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Blattdokument einen mit einer leitfähigen, insbesondere einer metallischen Schicht versehenen Streifen oder Patch aufweist,
25 der die kapazitiven Koppelflächen elektrisch verbindet, um die parasitäre Kapazität zwischen den Koppelflächen auf einen gewünschten Kapazitätswert zu erhöhen.

21. Blattdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koppereinrichtung mehrere räumlich getrennte Koppелеlemente für verschiedene Kommunikationskanäle nach einem der Ansprüche 1 bis 7 enthält.

5

22. Blattdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 15 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zwischen die leitfähigen kapazitiven Koppelflächen geschaltetes induktives Kompensationselement nach einem der Ansprüche 8 bis 14 vorgesehen ist.

10

23. Verfahren zum Herstellen von Blattdokument nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 22, bei welchem die Koppereinrichtung leitfähige kapazitive Koppelflächen umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die leitfähigen kapazitiven Koppelflächen mit leitfähiger Druckfarbe auf das Blattdokumentsubstrat aufgedruckt werden.

15

24. Verfahren zum Herstellen von Blattdokument nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die leitfähigen kapazitiven Koppelflächen und die Leiterschleife in einem gemeinsamen Arbeitsschritt auf das Blattdokumentsubstrat aufgebracht, insbesondere mit leitfähiger Druckfarbe aufgedruckt werden.

20

25. Verfahren zur Bearbeitung eines Blattdokumentstapels, insbesondere eines Banknotenstapels, bei dem die ein oder mehreren Blattdokumente im Blattdokumentstapel einen elektrischen Schaltkreis zur Speicherung von Sicherheitsdaten und eine Koppereinrichtung zur kontaktlosen Kommunikation der Schaltkreise mit einer externen Schreib-/Leseeinrichtung aufweisen, welche eine mit dem Schaltkreis verbundene Koppelspule umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kommunikation der Schreib-/Leseeinrichtung mit

25

dem Blattdokumentstapel bei einer Arbeitsfrequenz durchgeführt wird, die von der Resonanzfrequenz der mit dem Schaltkreis verbundenen Koppelspule verschieden ist.

- 5 26. Verfahren nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kommunikation bei einer Arbeitsfrequenz durchgeführt wird, die um mindestens einen Faktor 2, bevorzugt um mindestens einen Faktor 5, insbesondere um etwa einen Faktor 10 über der Resonanzfrequenz der mit dem Schaltkreis verbundenen Koppelspule liegt.

10

27. Verfahren nach Anspruch 25 oder 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Blattdokumentstapel aus Blattdokumenten nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 22, oder mit nach Anspruch 23 oder 24 herstellbaren Blattdokumenten gebildet ist.

15

28. Verfahren zur Bearbeitung von ein oder mehreren Blattdokumenten, insbesondere Banknoten, die jeweils einen elektrischen Schaltkreis zur Speicherung von Sicherheitsdaten aufweisen, bei dem Energie über einen ersten Kommunikationskanal kontaktlos von einer Schreib-/Leseeinrichtung an das
20 Blattdokument übertragen wird, und bei der eine kontaktlose Datenkommunikation von dem Schaltkreis zu der externen Schreib-/Leseeinrichtung über einen zweiten, unterschiedlichen Kommunikationskanal durchgeführt wird.

29. Verfahren nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine kontaktlose Datenkommunikation von der externen Schreib-/Leseeinrichtung zu
25 dem Schaltkreis über den ersten Kommunikationskanal durchgeführt wird.

30. Verfahren nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine kontaktlose Datenkommunikation von der externen Schreib-/Leseeinrichtung zu dem Schaltkreis über den zweiten Kommunikationskanal durchgeführt wird.
- 5 31. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 28 bis 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine kontaktlose Datenkommunikation zwischen den Schaltkreisen verschiedener Blattdokumente über den zweiten oder einen dritten Kommunikationskanal erfolgt.
- 10 32. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 28 bis 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kommunikation unterschiedlicher Kommunikationskanäle über räumlich getrennte Koppellemente des Blattdokuments erfolgt.
- 15 33. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 28 bis 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kommunikation unterschiedlicher Kommunikationskanäle bei unterschiedlichen Frequenzen erfolgt.
- 20 34. Verfahren nach Anspruch 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kommunikation des ersten Kommunikationskanals in einem niedrigen Frequenzbereich, insbesondere unterhalb von 300 MHz durchgeführt wird, und die Kommunikation des zweiten Kommunikationskanals in einem höheren Frequenzbereich, insbesondere oberhalb von 300 MHz durchgeführt wird.
- 25 35. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 28 bis 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Blattdokumentstapel aus Blattdokumenten nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 22, oder mit nach Anspruch 23 oder 24 herstellbaren Blattdokumenten gebildet ist.

36. Verfahren zur Bearbeitung eines ein oder mehrere Blattdokumente enthaltenden Blattdokumentstapels, insbesondere eines Banknotenstapels, dessen Dämpfung in einem vorgegebenen elektromagnetischen Frequenzbereich zumindest ein lokales Minimum besitzt, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:
- 5 a) Anordnen des Blattdokumentstapels zwischen einer Sendeeinrichtung und einer Empfangseinrichtung,
- 10 b) Auswählen eines Teilbereichs des vorgegebenen Frequenzbereichs,
- 15 c) Einkoppeln eines elektromagnetischen Wechselfeldes einer Sendefrequenz aus dem ausgewählten Teilbereich in den Blattdokumentstapel mit der Sendeeinrichtung und Bestimmen der Energie des durch den Blattdokumentstapel übertragenen Wechselfelds mit der Empfangseinrichtung,
- 20 d) Variieren der Sendefrequenz innerhalb des ausgewählten Teilbereichs um zumindest ein lokales Minimum der Dämpfung des Blattdokumentstapels aufzufinden, und
- 25 e) Verwenden der aufgefundenen Sendefrequenz minimaler Dämpfung als Arbeitsfrequenz für die weitere Bearbeitung des Banknotenstapels.
37. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendefrequenz in Schritt d) innerhalb des ausgewählten Teilbereichs variiert wird, bis mindestens je ein lokales Maximum und ein lokales Minimum der Dämpfung aufgefunden wird.

38. Verfahren nach Anspruch 36 oder 37, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendefrequenz in Schritt d) in kleinen Schritten sukzessive erhöht oder erniedrigt wird.
- 5 39. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 36 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass der Teilbereich in Schritt b) innerhalb eines Durchlassbereichs des Blattdokumentstapels ausgewählt wird.
40. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 36 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass Blattdokumentstapel bearbeitet werden, deren Blattdokumente einen elektrischen Schaltkreis mit leitfähigen kapazitiven Koppel-
10 flächen enthalten, zwischen die ein induktives Kompensationselement geschaltet ist.
- 15 41. Verfahren zur Bearbeitung eines ein oder mehrere Blattdokumente enthaltenden Blattdokumentstapels, insbesondere eines Banknotenstapels, dessen Dämpfung in einem vorgegebenen elektromagnetischen Frequenzbereich mehrere lokale Minima besitzt, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:
- 20 a) Anordnen des Blattdokumentstapels zwischen einer Sendeeinrichtung und einer mit einem Lastmodulator versehen Empfangseinrichtung,
- b) Auswählen eines Teilbereichs des vorgegebenen Frequenzbereichs,
- 25 c) Einkoppeln eines elektromagnetischen Wechselfeldes einer Sendefrequenz aus dem ausgewählten Teilbereich in den Blattdokumentstapel mit der Sendeeinrichtung und Bestimmen der Energie des durch den Blattdokumentstapel übertragenen Wechselfelds mit der Empfangseinrichtung,

- d) Variieren der Sendefrequenz innerhalb des ausgewählten Teilbereichs um zumindest zwei lokale Minima der Dämpfung des Blattdokumentstapels aufzufinden,
- 5
- e) Modulieren des Lastmodulators mit einer Prüffrequenz und Bestimmen der verbleibenden Modulationsamplitude am Eingang des Blattdokumentstapels bei den in Schritt d) ermittelten Sendefrequenzen mit lokal minimaler Dämpfung,
- 10
- f) Bestimmen und Auswählen derjenigen Sendefrequenz lokal minimaler Dämpfung, bei der die am Eingang bestimmte Modulationsamplitude maximal ist, und
- 15 g) Verwenden der ausgewählten Sendefrequenz als Arbeitsfrequenz für die weitere Bearbeitung des Banknotenstapels.

42. Verfahren nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendefrequenz in Schritt d) innerhalb des ausgewählten Teilbereichs variiert wird,

20 bis mindestens n lokale Maxima und n lokale Minima der Dämpfung aufgefunden werden, mit n größer oder gleich 2.

43. Verfahren nach Anspruch 41 oder 42, dadurch gekennzeichnet, dass die Sendefrequenz in Schritt d) in kleinen Schritten sukzessive erhöht oder erniedrigt wird.

25

44. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 41 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass der Teilbereich in Schritt b) innerhalb eines Durchlassbereichs des Blattdokumentstapels ausgewählt wird.

45. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 41 bis 44, dadurch gekennzeichnet, dass Blattdokumentstapel bearbeitet werden, deren Blattdokumente einen elektrischen Schaltkreis und eine Koppeleinrichtung mit einer
5 Schaltung zur Lastmodulation enthalten.

46. Verfahren nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass bei der weiteren Bearbeitung des Blattdokumentstapels eine Datenkommunikation von den Schaltkreisen der einzelnen Blattdokumente zu einem Schreib-
10 /Lesegerät bei der Arbeitsfrequenz durchgeführt wird.

47. Verfahren zur Bearbeitung eines ein oder mehrere Blattdokumente enthaltenden Blattdokumentstapels, insbesondere eines Banknotenstapels, dessen Dämpfung in einem vorgegebenen elektromagnetischen Frequenzbereich
15 mehrere lokale Minima besitzt, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

- a) Anordnen des Blattdokumentstapels zwischen einer Sendeeinrichtung und einer mit einem Lastmodulator versehen Empfangseinrichtung,
- 20 b) Auswählen eines Teilbereichs des vorgegebenen Frequenzbereichs,
- c) Einkoppeln eines ersten elektromagnetischen Wechselfeldes einer ersten Sendefrequenz aus dem ausgewählten Teilbereich und eines zweiten elektromagnetischen Wechselfeldes einer zweiten Sendefrequenz, die von
25 der ersten Sendefrequenz verschieden ist, aus dem ausgewählten Teilbereich in den Blattdokumentstapel mit der Sendeeinrichtung und Bestimmen der Energie des durch den Blattdokumentstapel übertragenen Wechselfelds mit der Empfangseinrichtung,

- d) Variieren der ersten Sendefrequenz innerhalb des ausgewählten Teilbereichs und Bestimmen und Auswählen einer ersten Sendefrequenz, bei der die Dämpfung des Blattdokumentstapels ein zumindest lokales Minimum hat,
- 5
- e) Modulieren des Lastmodulators mit einer Prüffrequenz,
- f) Variieren der zweiten Sendefrequenz innerhalb des ausgewählten Teilbereichs und Bestimmen und Auswählen einer zweiten Sendefrequenz, bei
- 10 der die am Eingang bestimmte Modulationsamplitude maximal ist, und
- g) Verwenden der ausgewählten ersten und zweiten Sendefrequenz als Arbeitsfrequenzen für die weitere Bearbeitung des Banknotenstapels.
- 15 48. Verfahren nach Anspruch 47, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein weiteres elektromagnetisches Wechselfeld einer weiteren Sendefrequenz, die von der ersten und zweiten Sendefrequenz verschieden ist, aus dem ausgewählten Teilbereich, vorzugsweise eine Mehrzahl von weiteren elektromagnetischen Wechselfeldern mit unterschiedlichen Sendefrequenzen, in
- 20 den Blattdokumentstapel eingekoppelt wird.
49. Verfahren nach Anspruch 48, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine weitere Sendefrequenz gemäß den Schritten f) und g) ausgewählt wird.
- 25 50. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 47 bis 49, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Sendefrequenz zur Energieübertragung und/oder Datenübertragung zu den Blattdokumenten verwendet wird.

51. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 47 bis 50, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Sendefrequenz, und ggf. die weitere Sendefrequenz oder weiteren Sendefrequenzen, zur Datenübertragung aus den Blattdokumenten heraus verwendet wird.

5

52. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 47 bis 51, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt d) durch das Variieren der ersten Sendefrequenz zumindest zwei lokale Minima der Dämpfung des Blattdokumentstapels ermittelt werden, und dass weiter die Verfahrensschritte durchgeführt werden:

10

h) nach Schritt e) und wahlweise vor oder nach Schritt f): Bestimmen und Auswählen derjenigen ersten Sendefrequenz lokal minimaler Dämpfung, bei der die am Eingang bestimmte Modulationsamplitude maximal ist, und

15

i) Verwenden der gemäß Schritt h) ausgewählten ersten Sendefrequenz als Arbeitsfrequenzen für die weitere Bearbeitung des Banknotenstapels.

20 53. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 36 bis 53, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Blattdokumentstapel aus Blattdokumenten nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 22, oder mit nach Anspruch 23 oder 24 herstellbaren Blattdokumenten gebildet ist.

25 54. Verfahren zur Bearbeitung eines ein oder mehrere Blattdokumente enthaltenden Blattdokumentstapels, insbesondere eines Banknotenstapels, bei dem die Blattdokumente einen elektrischen Schaltkreis und eine Koppereinrichtung mit einer Schaltung zur Lastmodulation enthalten, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

- a) Anordnen des Blattdokumentstapels zwischen einer mit einer Modulationseinrichtung versehenen Sendeeinrichtung und einer Empfangseinrichtung,
- 5
- b) Einkoppeln eines elektromagnetischen Wechselfeldes einer Sendefrequenz aus dem ausgewählten Teilbereich in den Blattdokumentstapel mit der Sendeeinrichtung, Bestimmen der Energie des durch den Blattdokumentstapel übertragenen Wechselfelds mit der Empfangseinrichtung,
- 10
- und Ausgeben eines der bestimmten Energie entsprechenden Ausgangssignals,
- c) Erzeugen eines Eingangssignals für die Modulationseinrichtung aus dem Ausgangssignal der Empfangseinrichtung, wobei aus Pegeländerungen
- 15
- des Ausgangssignals Pulse mit einer definierten Pulsdauer erzeugt werden, und
- d) Zuführen des Eingangssignals zu der Modulationseinrichtung und entsprechendes Modulieren des von der Sendeeinrichtung erzeugten Wechselfelds, wodurch ein von dem Schaltkreis eines Blattdokuments an beliebiger Stelle im Stapel erzeugtes Lastmodulationssignal auf den Anfangsbereich des Stapels rückgekoppelt wird.
- 20
55. Verfahren nach Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet, dass die Pulse in Schritt c) mit einer Pulsdauer erzeugt werden, die geringfügig größer ist, als die für einen Lastmodulator eines Blattdokuments definierte Zeitdauer des Einschaltens des Lastwiderstands.
- 25

56. Verfahren nach Anspruch 54 oder 55, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer einer Laständerung größer gewählt wird als die Laufzeit eines Signals durch den Blattdokumentstapel.
- 5 57. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 54 bis 56, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Blattdokumentstapel aus Blattdokumenten nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 22, oder mit nach Anspruch 23 oder 24 herstellbaren Blattdokumenten gebildet ist.
- 10 58. Vorrichtung zur Bearbeitung eines ein oder mehrere Blattdokumente enthaltenden Blattdokumentstapels, insbesondere eines Banknotenstapels, bei dem die Blattdokumente einen elektrischen Schaltkreis und eine Koppeleinrichtung mit einer Schaltung zur Lastmodulation enthalten, mit
- einer Sendeeinrichtung zur Einkopplung eines elektromagnetischen Wechselfeldes in einen Anfangsbereich des Blattdokumentstapels,
 - 15 - einer Empfangseinrichtung zum Bestimmen der durch den Blattdokumentstapel übertragenen Energie des Wechselfeldes und zur Ausgabe eines der bestimmten Energie entsprechenden Ausgangssignals,
- wobei die Sende- und Empfangseinrichtung so angeordnet sind, dass der
- 20 Blattdokumentstapel zwischen sie einbringbar ist,
- einer mit der Sendeeinrichtung zusammenwirkende Modulatoreinrichtung, die in Abhängigkeit von einem Eingangssignal das von der Sendeeinrichtung erzeugte Wechselfeld moduliert, und
 - einer mit der Empfangseinrichtung zusammenwirkenden Signalformungs-
 - 25 schaltung, die aus dem Ausgangssignal der Empfangseinrichtung das Eingangssignal für die Modulatoreinrichtung erzeugt, so dass ein von dem Schaltkreis eines Blattdokuments an beliebiger Stelle im Stapel erzeugtes Lastmodulationssignal auf den Anfangsbereich des Stapels rückgekoppelt wird.

59. Vorrichtung nach Anspruch 58, dadurch gekennzeichnet, dass die Signalformungsschaltung aus Pegeländerungen des Ausgangssignals der Empfangseinrichtung ein Signal mit Pulsen definierter Pulsdauer erzeugt, welche
5 geringfügig größer ist, als die für einen Lastmodulator eines Blattdokuments definierte Zeitdauer des Einschaltens des Lastwiderstands.

60. Vorrichtung nach Anspruch 58 oder 59, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitdauer einer Laständerung größer gewählt wird als die Laufzeit eines
10 Signals durch den Blattdokumentstapel.

61. Buchartiges Dokument, insbesondere Passdokument, mit einer Mehrzahl miteinander verbundener Sicherheitsblätter, bei dem mindestens ein Sicherheitsblatt und vorzugsweise jedes Sicherheitsblatt als Blattdokument nach
15 wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 22, oder aus nach Anspruch 23 oder 24 herstellbaren Blattdokumenten gebildet ist.

1/8

Fig. 1

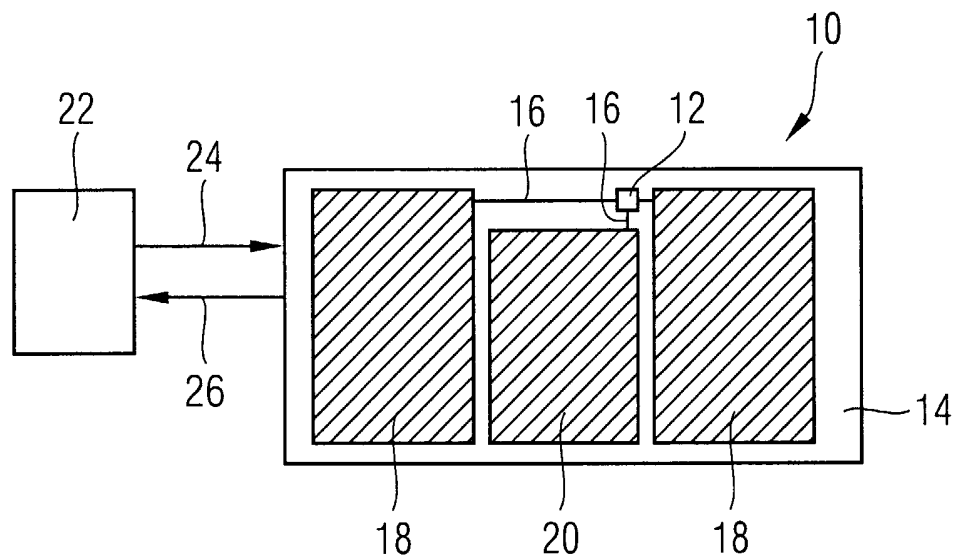
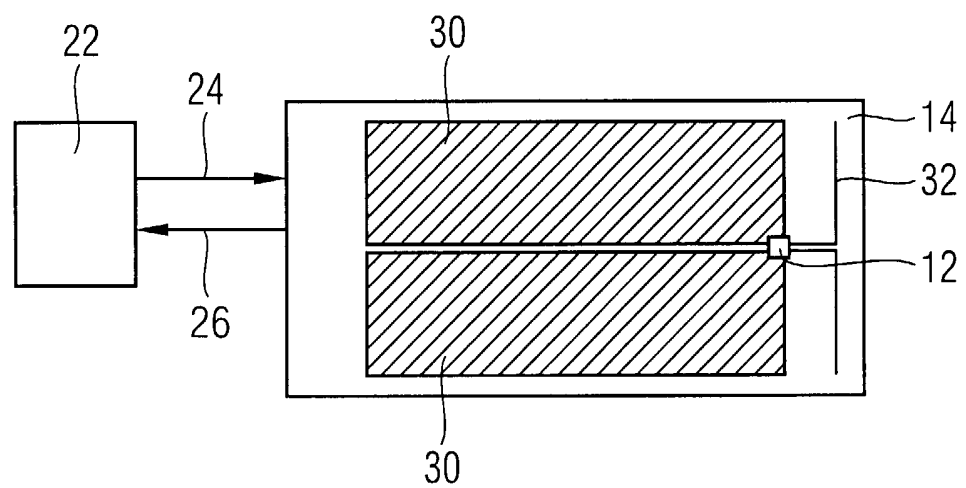


Fig. 2



2/8

Fig. 3

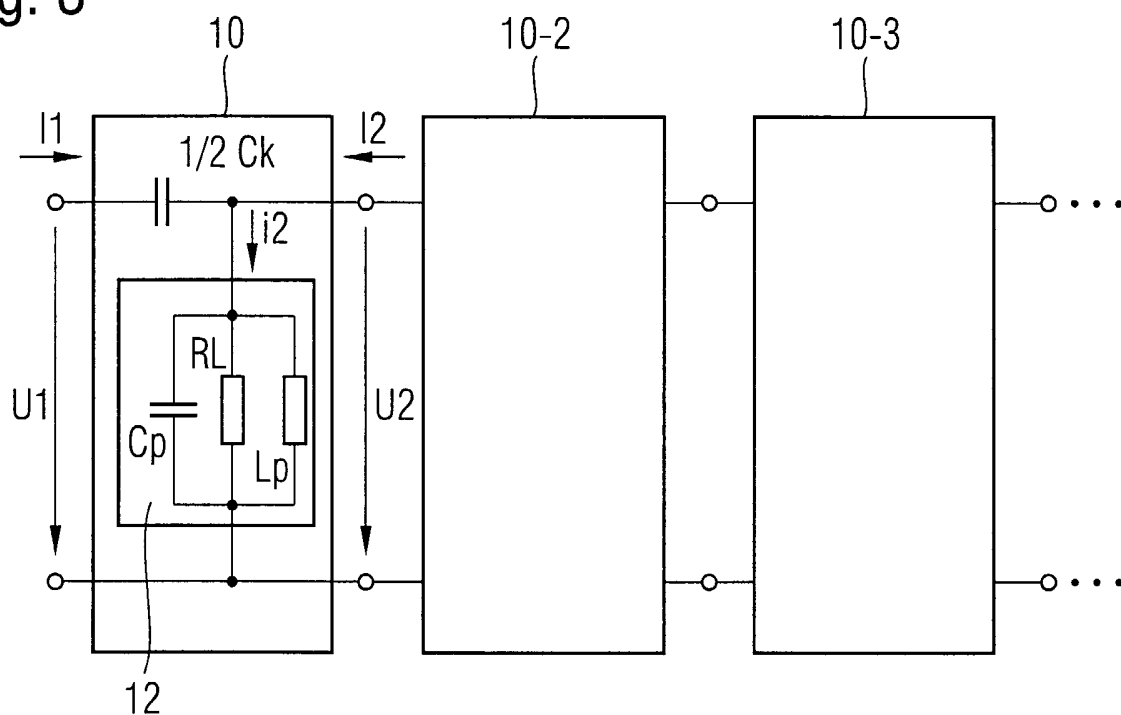


Fig. 4

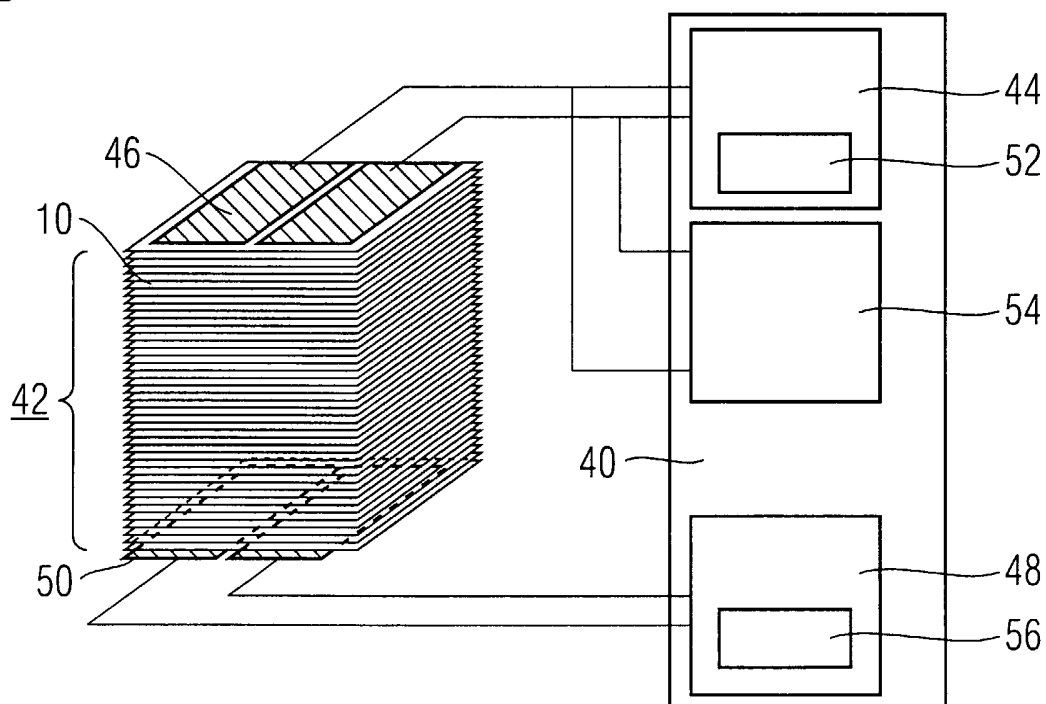


Fig. 5

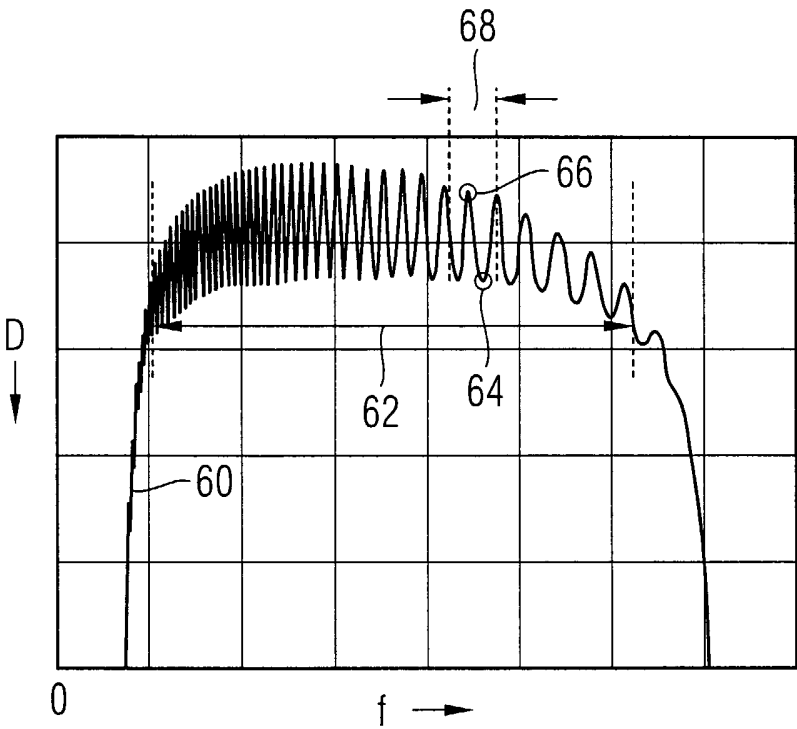
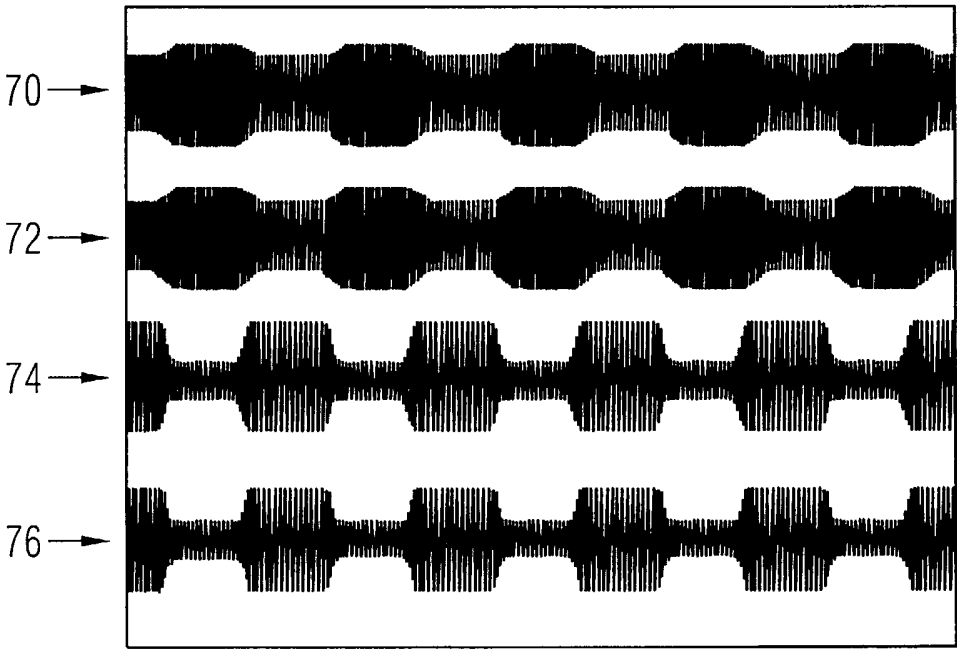


Fig. 6



5/8

Fig. 8a

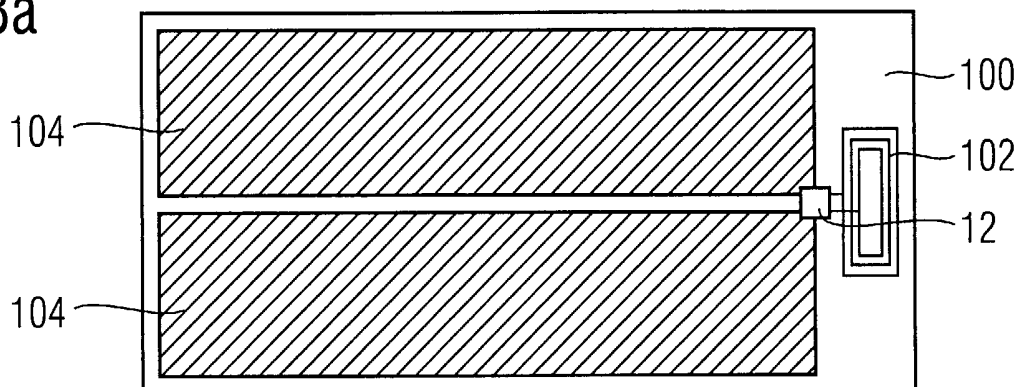


Fig. 8b

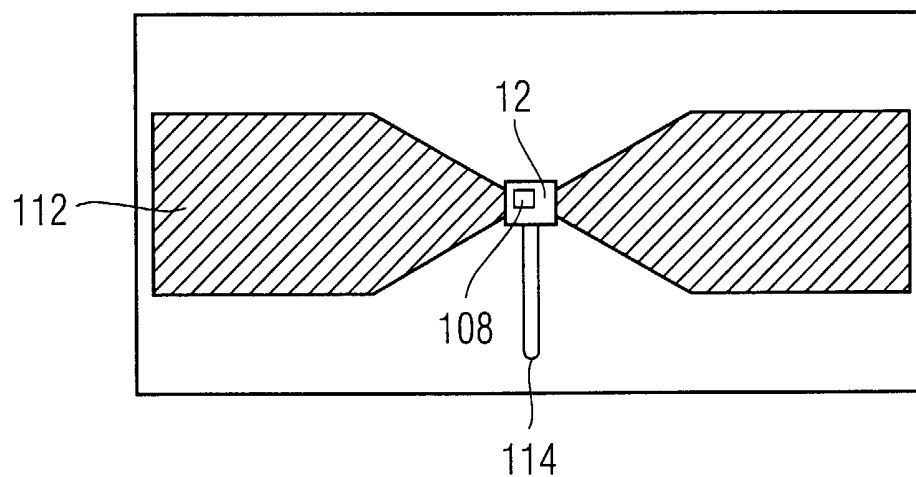


Fig. 9a

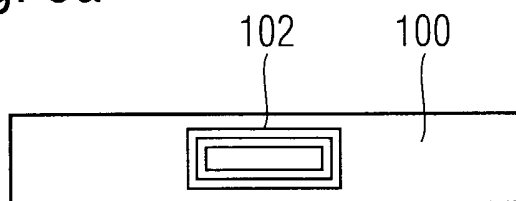


Fig. 9b

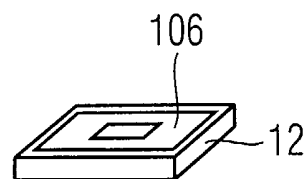


Fig. 9c

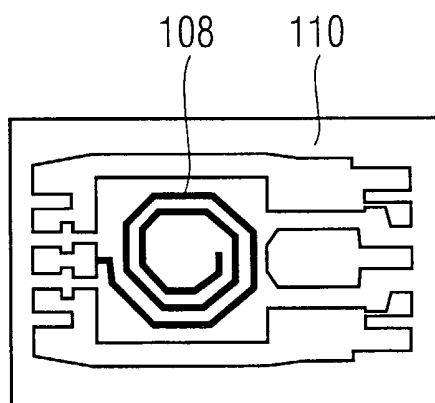
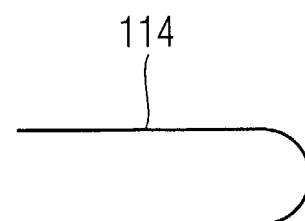


Fig. 9d



6/8

Fig. 10a

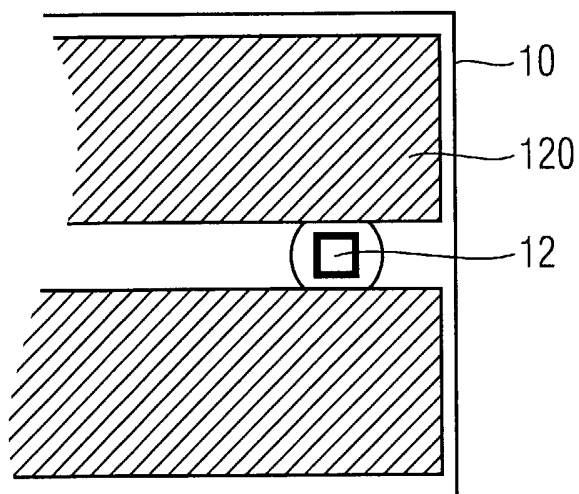


Fig. 10b

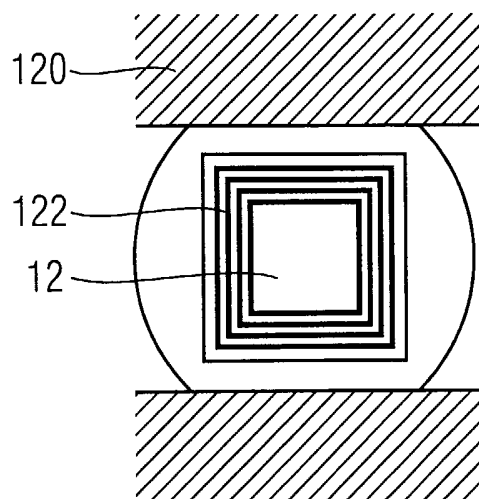
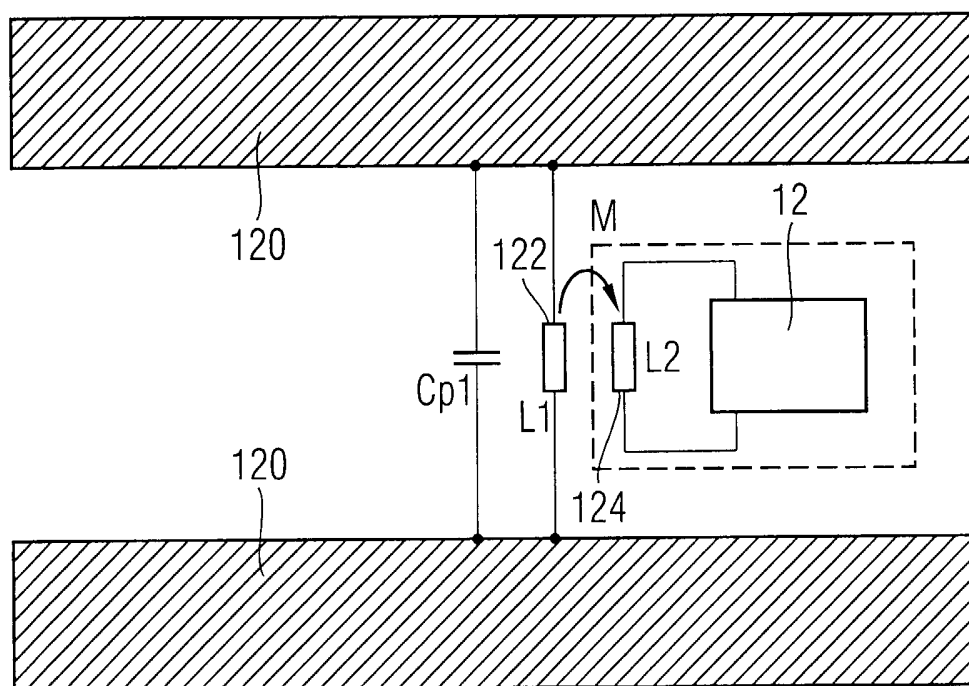


Fig. 11



7/8

Fig. 12

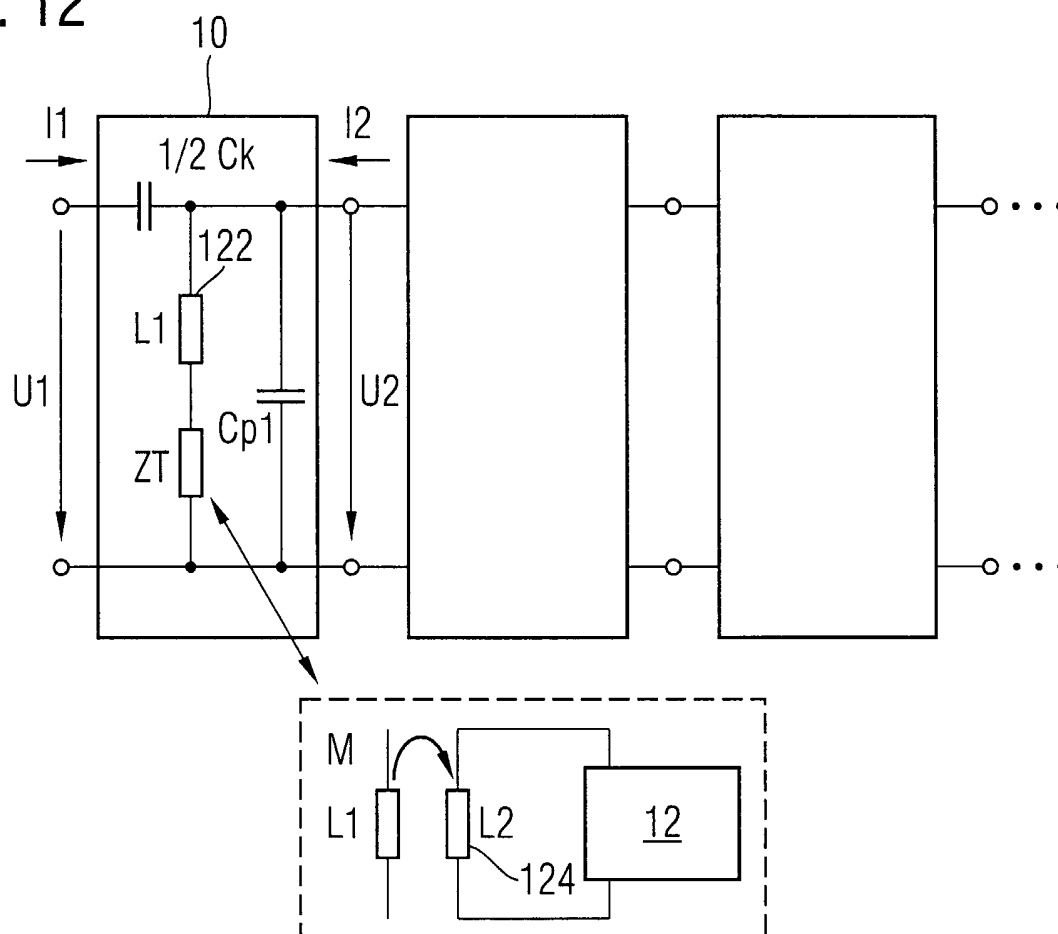


Fig. 13

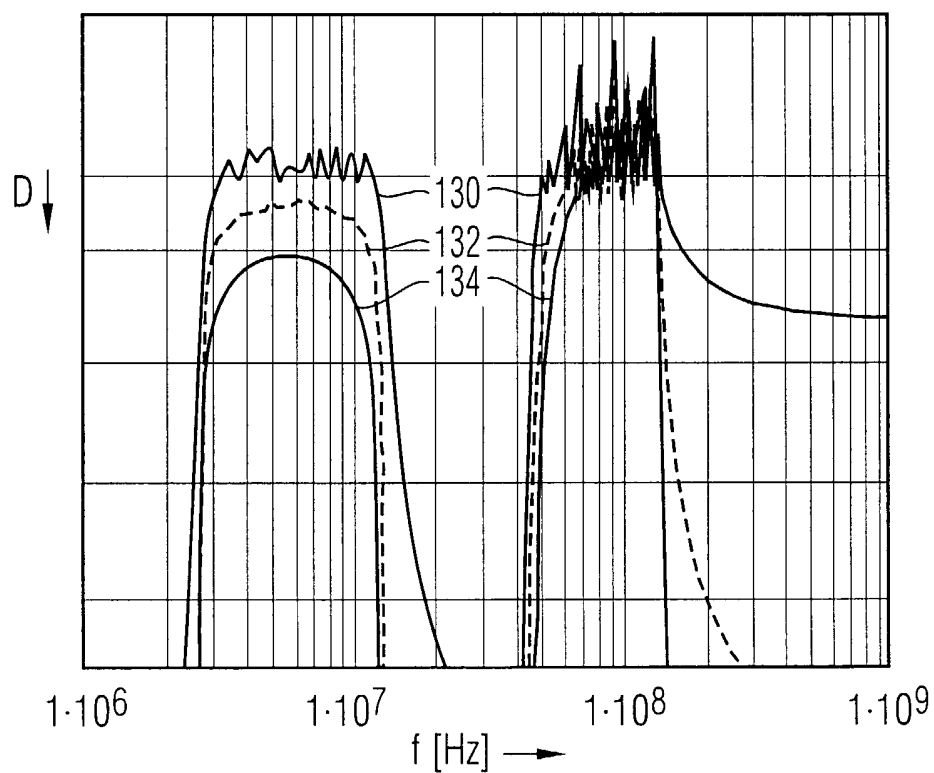


Fig. 14

