



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 25 963 T2 2007.10.18

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 326 681 B1

(51) Int Cl.⁸: A61N 2/02 (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 601 25 963.7

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US01/50737

(96) Europäisches Aktenzeichen: 01 987 684.6

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2002/032504

(86) PCT-Anmeldetag: 19.10.2001

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 25.04.2002

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 16.07.2003

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 10.01.2007

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 18.10.2007

(30) Unionspriorität:

242297 P 20.10.2000 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(73) Patentinhaber:

The Government of the United States of America
as represented by the Secretary, Department of
Health and Human Services, Rockville, Md., US

(72) Erfinder:

ZANGEN, Abraham, Baltimore, MD 21215, US;
WISE, A., Roy, Baltimore, MD 21218-1107, US;
HALLETT, Mark, Bethesda, MD 20816-1413, US;
MIRANDA, C., Pedro, P-1600-581 Lisbon, PT;
ROTH, Yiftach, 52376 Ramat-Gan, IL

(74) Vertreter:

Freischem und Kollegen, 50667 Köln

(54) Bezeichnung: SPULE ZUR MAGNETISCHEN STIMULATION

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

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

Beschreibung**GEBIET**

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf Spulen zur transkraniellen Magnetstimulation durch den Schädel, und insbesondere auf transkranielle magnetische Stimulation, die im Stande ist, tiefe Bereiche des Gehirns zu stimulieren.

HINTERGRUND

[0002] Elektromagnete sind im Stande, elektrische Felder in die meisten biologischen Gewebe zu induzieren. Transkranielle magnetische Stimulation (TMS) wird als ein Forschungsmittel weit verwendet, um Aspekte des menschlichen Gehirns zu untersuchen, einschließlich der Motorik, dem Sehvermögen, der Sprache und Hirnleistungsstörungen. Zusätzlich werden zur Zeit therapeutische Verwendungen von Vorrichtungen zur magnetischen Stimulation untersucht, insbesondere in der Psychiatrie.

[0003] Magnetische Stimulation von biologischem Gewebe kann durch Hindurchführung eines kurzen elektrischen Pulses von hohem Strom durch eine Spule aus einem elektrischen leitenden Material, wie ein Draht, durchgeführt werden, der nahe an dem zu stimulierenden Gewebe angeordnet ist. Ein magnetisches Feld wird durch den elektrischen Puls mit Feldlinien erzeugt, die senkrecht zu der Ebene der magnetischen Spule verlaufen. Dieses magnetische Feld wiederum kann ein elektrisches Feld in einem leitenden Medium induzieren. Ein Gehirn eines Lebewesens ist ein leitendes Medium, und bei der TMS stimuliert das induzierte elektrische Feld die Neuronen des Gehirns. Eine elektromagnetische Spule kann jedoch über anderen Teilen des Körpers angeordnet werden, um andere elektrisch leitende Gewebe zu stimulieren, wie einen Muskel.

[0004] Zweckmäßige magnetische Spulen können in einer Vielzahl von Formen erzeugt werden, einschließlich Kreise, in Form einer 8, Quadrate, in einer Blütenform, Spiralen und "verführerischen" Spulen (vergleiche z.B. Caldwell J. Optimizing Magnetic Stimulator Design. Magnetic Motor Stimulation: Basic Principles and Clinical Experience [Optimierung des Aufbaus eines magnetischen Stimulators. Magnetische Motorstimulation: Basisprinzipien und klinische Erfahrung], 1991, 238-48 (Herausgeber Levy, W.J. et al.); Zimmermann, K.P. und Simpson, R.K. Electroencephal. Clin. Neurophysiol. 101:145-52 (1996); US Patent Nr. 6,066,084 (Edrich et al.)). Diese Spulen können andere Merkmale als eine Spule aus einem signalgebenden Material aufweisen. Beispielsweise offenbaren US Patent Nr. 6,068,525 (Davey et al.) und WO 98/06342 (Epstein et al.) magnetische Stimulatoren, die aus Spulenwindungen um einen Kern aus einem ferromagnetischen Materials vorzugsweise Vanadium Permendur, gebildet sind. Solche Spulen können jedoch ziemlich schwer und teuer in der Herstellung sein.

[0005] Der Artikel von Zimmermann et al. "Slinky' coils for neuromagnetic stimulation" [Verführerische Spulen für neuromagnetische Stimulation], Electroencephalography and clinical Neurophysiology [Elektroenzephalographie und klinische Neurophysiologie] 101 (1996), Seiten 145-152 offenbart einen magnetischen Stimulator mit einer elektrisch leitenden Spule vom verführerischen Typ umfassend einen Basisabschnitt und einen Ansatzausbau, der sich nach Außen von dem Basisabschnitt erstreckt, wobei die Spule in dem Basisabschnitt Elemente umfaßt, in welchen der Fluß des Stromes im wesentlichen in derselben Richtung verläuft.

[0006] Bekannte Spulen enthalten eine Spule geformt nach einer Schädeldecke, die in US 5 116 304 (Cadwell) beschrieben ist. Auch sind Spulen mit hohen Konzentrationen von Windungen und/oder einer Ecke oder mehreren Ecken in den Spulen bekannt, wobei andere Bereiche der Spule ausgebreitet sind, um die Spuleneffizienz zu verbessern. Solche Spulen sind in US 4994015 (Cadwell) offenbart.

[0007] TMS, welches bekannte Spulen verwendet, wurde als in der Lage dargestellt, Bereiche des Gehirns zu stimulieren, die nahe der Oberfläche des Schädels sind, aber magnetische Felder, die durch diese bekannten Spulen erzeugt werden, dringen im allgemeinen nicht tief in das Gehirn ein, es sei denn, daß die Intensität des magnetischen Feldes sehr erhöht wird. Eine Erhöhung der Stärke oder der Intensität des magnetischen Feldes birgt jedoch das Risiko einer Verursachung von physiologischen Schäden und Anfällen.

[0008] Die tiefen Bereiche des Gehirns beinhalten den Nucleus Accumbens, einen Teil des Gehirns, der eine große Rolle bei belohnenden Schaltkreisen spielt und bekannt ist, in Reaktion auf Dosen von Kokain aktiviert zu werden. Zusätzlich weisen neuronale Fasern, die den medialen, präfrontalen oder cingulären Cortex mit dem Nucleus Accumbens verbinden, eine Rolle in der Belohnung und Motivation auf, und die Aktivierung des Nucleus Accumbens kann auch Lusteffekte erzeugen.

[0009] Für TMS verwendete bekannte Spulen (beispielsweise eine Spule in Form einer 8), beeinflussen die kortikalen Bereiche des Gehirns, hauptsächlich den kortikalen Bereich unter dem Mittelpunkt der Spule. Die Intensitäten der elektrischen Felder, die durch diese bekannten Spulen erzeugt werden, erniedrigen sich jedoch mit ansteigendem Abstand von der Spule sehr schnell. Daher würde ein Stimulieren von tiefen Bereichen des Gehirns unter Verwendung von bekannten Spulen entweder ein Eindringen in den Schädel (und oft in das Gehirn) mit der Spule oder eine Verwendung eines elektrischen Felds mit hoher Intensität erfordern. Invasive Methoden verursachen oft, daß das Subjekt oder der Patient Schmerzen oder Beschwerden erfährt, und würden gewöhnlich von dem Patienten vermieden werden. Elektrische Felder von hoher Intensität verursachen epileptische Anfälle oder andere neurologische Probleme. Darüber hinaus können elektrische Felder von hoher Intensität verallgemeinerte Effekte überall in dem Gehirn des Subjektes verursachen, eher als ein Stimulieren eines bestimmten tiefen Bereiches des Gehirns, und können andere schädliche Nebeneffekte verursachen. Zusätzlich kann die maximale Feldintensität durch bekannte Spulenausbildungen begrenzt werden.

[0010] Daher besteht ein Bedarf an einer magnetischen Spule, die im Stande ist, tiefe Bereiche des Gehirns zu stimulieren, wenn sie Außen an dem Schädel während einer nichtinvasiven TMS angeordnet wird.

ZUSAMMENFASSUNG

[0011] Die vorliegende Erfindung ist so wie in Anspruch 1 beschrieben. Bevorzugte Ausführungsbeispiele sind so, wie in den abhängigen Ansprüchen beschrieben. Die Spule kann Außen an einem Körperteil eines Subjektes angeordnet werden und ist, wenn sie so angeordnet wird, betriebsbereit, elektrische Ströme in den Körper dieses Subjektes zu induzieren. Die magnetische Spule kann als eine Vorrichtung zur transkraniellen magnetischen Stimulation (TMS) verwendet werden und ist im Stande, tiefe Bereiche des Gehirns zu stimulieren, so wie den Nucleus Accumbens.

[0012] Die Vorrichtung kann einen Rahmen und eine elektrisch leitende Spule umfassen, die eine teilweise torusförmige oder eiförmige Basis und einen nach Außen gerichteten Ansatzabschnitt aufweist. Der Ansatzabschnitt erstreckt sich von der zweiten Seite der Basis (das heißt weg von der konkaven ersten Seite). Der Rahmen kann ein flexibles oder verformbares Material sein, und die elektrisch leitende Spule kann eine oder mehrere Windungen eines elektrisch leitenden Materials (wie einen Draht) aufweisen, der an den Rahmen gekoppelt ist. Die Spule kann elektrisch mit einer Spannungsversorgung verbunden sein.

[0013] Bestimmte Ausführungsbeispiele verwenden eine Spannungsversorgung, die im Stande ist, eine Rate von Stromänderungen in dem Bereich von ungefähr 10.000 Ampere pro 100 Mikrosekunden oder höher zu erzeugen, um ein elektrisches Feld innerhalb des biologischen Gewebes wie das Gehirn in einem Bereich von ungefähr 10 bis ungefähr 100 Volt pro Meter oder höher zu erzeugen. Die Spule kann durch einen Puls oder mehrere Pulse von elektrischem Strom aktiviert werden, wobei ein Puls im allgemeinen ungefähr 1.000 Mikrosekunden andauert.

[0014] Die Vorrichtung kann in der Nähe oder in Kontakt mit dem Schädel eines Subjektes (wie ein Lebewesen) angeordnet werden. Bei besonderen Ausführungsformen ist die Vorrichtung oben auf dem Kopf eines menschlichen Subjektes angeordnet. Die Vorrichtung kann in zahlreichen Orientierungen um den Schädel angeordnet sein.

[0015] Die Gesamtlänge der Basis (gemessen entlang der Längsachse) kann an ein bestimmtes Subjekt oder eine Klasse von Subjekten angepaßt sein, abhängig von der Größe des Subjekts, wo die Vorrichtung angeordnet wird. Eine Vorrichtung mit einer Bogenlänge entlang der Längsachse der Basis von ungefähr 26 cm wurde als geeignet für die Verwendung für die meisten erwachsenen Menschen ermittelt, wenn sie Außen an dem Schädel des Subjektes angeordnet wird. Zusätzlich kann die Gesamtbreite einer teilweise torusförmigen oder eiförmigen Basis (gemessen entlang der Breitenachse) an ein bestimmtes Subjekt oder an eine Klasse von Subjekten angepaßt sein, abhängig von der Größe des Subjekts. Für erwachsene menschliche Subjekte kann die Vorrichtung eine Bogenlänge entlang der Breitenachse im Bereich von ungefähr 5 cm aufweisen, wenn die Vorrichtung Außen an dem Schädel des Subjektes angeordnet wird.

[0016] Der Ansatzabschnitt stellt eine Rückleitung für den Fluß von Elektrizität durch die teilweise torusförmige oder eiförmige Basis bereit. Bei einigen Ausführungsbeispielen weist der Ansatz eine minimale Anzahl von Bestandteilen auf, die sich radial von der Basis erstrecken, um einen Widerstand oder eine Beeinflussung der magnetischen Feldern zu reduzieren, die durch die Spulenabschnitte in der Basis erzeugt werden. Ein besonderes Ausführungsbeispiel erfüllt diesen Gegenstand unter Verwendung eines dreieckigen oder nach oben zusammenlaufenden Ansatzes. Der Ansatz kann jedoch andere Formen als eine dreieckige Form annehmen, so

wie eine bogenförmige oder halbkugelförmige Form, solange der Ansatz reduzierte radiale Bestandteile bereitstellt und die Beeinflussung der magnetischen Felder, die durch die Spule in der Basis erzeugt werden, reduziert.

[0017] Bei alternativen Ausführungsbeispielen umfaßt der Ansatz eine Ansammlung von individuellen Rückleitungen in der Form von verlängerten Elementen, die radial nach Außen von dem Basisabschnitt hervorstehten. Beispielsweise kann der Ansatz eine Anzahl von Rückleitungen (entsprechend den einzelnen Drähten), die fächerförmig angeordnet sind, aufweisen. Bei solchen Ausführungsbeispielen können einzelne Rückleitungen in einer Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung wahlweise versetzt sein.

[0018] Die Spule kann eine Windung oder mehrere Windungen eines elektrisch leitenden Materials umfassen, so wie ein Metallband oder Drähte, die als elektrische Wandler arbeiten. Bei einigen Ausführungsbeispielen stehen die Windungen in Zusammenhang mit einem Rahmen. Beispielsweise kann ein Draht entlang des Rahmens verlaufen, an dem Rahmen montiert sein, um den Rahmen gewickelt sein oder innerhalb des Rahmens angeordnet sein, solange der Rahmen nicht elektrisch leitend ist. Bei anderen Ausführungsbeispielen ist der Rahmen selbst die Spule. Die Vorrichtungsspule kann auch andere elektrische Bestandteile wie Widerstände und Kondensatoren aufweisen.

[0019] Der magnetische Stimulator kann auch ein Polster aufweisen, das angrenzend an der ersten Seite der Basis angeordnet ist, welche zum Subjekt gerichtet ist. Die Vorrichtung kann auch einiges nichtleitendes Material aufweisen, so wie Kunststoff oder Gummi, das den Rahmen und die Spule umfaßt, und einen Rahmen verwenden, der aus einem flexiblen oder verformbaren Material gebildet ist. Einige Ausführungsbeispiele verwenden eine flexible oder verformbare Basis, um zu erlauben, daß der Anwender die Spule besser ausrichtet und einigen Abschnitten der Spule ermöglicht, tangential an der Körperoberfläche des Subjektes anzuliegen.

[0020] Die Vorrichtung kann bei Menschen zur Behandlung gewisser physiologischer Zustände verwendet werden, so wie neurophysiologische Zustände, oder zur Untersuchung der Physiologie des Körpers. Beispielsweise kann die Vorrichtung verwendet werden, um neurophysiologische Zustände zu untersuchen oder zu behandeln, die mit tiefen Bereichen des Gehirns in Zusammenhang stehen, so wie Drogenabhängigkeit und Depression.

[0021] Ein Verfahren zur Anwendung der Vorrichtung umfaßt eine Identifizierung eines Subjekts, das an einem neurophysiologischen Zustand leidet; ein Bereitstellen einer elektrisch leitenden Spule, wie oben beschrieben (das heißt mit einer teilweise torusförmigen oder eiförmigen Basis mit einer konkaven ersten Seite, die in Richtung des Schädels des Subjektes gerichtet werden soll); äußeres Anordnen der Spule an dem Schädel des Subjektes; elektrisches Verbinden einer Spannungsversorgung mit der Spule; und Aktivieren der Spule, um den tiefen Bereich des Gehirns des Subjektes zu stimulieren. Die Vorrichtung kann in Verbindung mit Gehirnbildgebung verwendet werden, so wie magnetische Resonanzbildgebung (MRI) oder Positronemissionstomographie (PET), um den Effekt der Stimulation des tiefen Gehirns auf andere Bereiche des Gehirns zu untersuchen. Verfahren können nichtinvasive Stimulation eines Gehirns eines Subjektes umfassen.

[0022] Eine Serie elektromagnetischer Pulse kann dem Subjekt zugeführt werden. Die Pulsserie kann eine geeignete Anzahl von individuellen Pulsen aufweisen, die über einen bestimmten Zeitraum zugeführt werden. Die Anzahl und Frequenz der Pulse kann variieren. Ein Frequenzbereich von ungefähr 20 bis ungefähr 30 Hz kann verwendet werden. Die Serie der Pulse kann während eines bestimmten Zeitraumes zugeführt werden, so wie von ungefähr 20 bis ungefähr 30 Sekunden. Viele Serien von magnetischen Pulsen können auch bei einer einzelnen Sitzung zugeführt werden. Wenn das Subjekt an einem bestimmten Zustand leidet, können vielfache Behandlungssitzungen durchgeführt werden, bis eine klinische Verbesserung auftritt.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0023] [Fig. 1](#) stellt eine perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels der Vorrichtung dar, die an dem Kopf eines Menschen angeordnet ist.

[0024] [Fig. 2](#) stellt ein elektrisches Schaubild für eine magnetische Spule dar, die in der Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#) aufgenommen ist.

[0025] [Fig. 3](#) stellt eine Vorderansicht der Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#) dar.

- [0026] [Fig. 4](#) stellt eine Seitenansicht der Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#) dar.
- [0027] [Fig. 5](#) stellt eine vergrößerte Schnittansicht durch die Vorrichtung nach [Fig. 1](#) dar, entlang der Linie 5-5.
- [0028] [Fig. 6](#) ist eine Grafik, die Feldstärken einer bekannten Spule mit einer einzelnen Windung der Spule in dem Ausführungsbeispiel, das in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellt ist, vergleicht.
- [0029] [Fig. 7](#) ist eine Grafik, welche die Feldstärken einer einzelnen Windung und der Gesamtgruppe von Windungen der Spule in dem Ausführungsbeispiel, das in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellt ist, vergleicht.
- [0030] [Fig. 8](#) ist eine perspektivische Ansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels der Vorrichtung, die an dem Kopf eines Menschen angeordnet ist.
- [0031] [Fig. 9](#) ist eine Vorderansicht der Vorrichtung nach [Fig. 8](#).
- [0032] [Fig. 10](#) ist eine Seitenansicht der Vorrichtung nach [Fig. 8](#).
- [0033] [Fig. 11](#) ist eine teilweise schematische Darstellung des Elektrizitätsflusses durch die Windungen der Vorrichtungen, die in den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) dargestellt ist. Diese schematische Darstellung ist kein Schaltplan für einen elektrischen Schaltkreis. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nur einige wenige der sich radial erstreckenden Elemente dargestellt.
- [0034] [Fig. 12](#) ist eine Grafik, die theoretische Berechnungen und tatsächliche Messungen der elektrischen Feldstärke für das Ausführungsbeispiel, das in den [Fig. 8](#)-[Fig. 10](#) dargestellt ist, vergleicht.
- [0035] [Fig. 13](#) ist eine Grafik, die theoretische Berechnungen und tatsächliche Messungen der elektrischen Feldstärke relativ zu den maximalen Feldstärken in dem Gehirnkortex für das Ausführungsbeispiel, das in den [Fig. 8](#)-[Fig. 10](#) dargestellt ist, vergleicht.
- #### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG
- [0036] Wie hierin verwendet beziehen sich die Singularformen von „ein/eine“, „ein/eine“ und „der/die/das“ sowohl auf singulare Formen als auch auf Pluralformen, solange der Kontext nicht etwas anderes klar besagt. Beispielsweise umfaßt der Begriff „eine Spule“ eine einzelne Spule oder mehrere Spulen und kann äquivalent zu dem Ausdruck „mindestens eine Spule“ betrachtet werden.
- [0037] Wie hierin verwendet, umfaßt der Begriff „umfassen“ „enthalten“.
- [0038] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Spule für magnetische Stimulation, die, wenn sie Außen an einem Körperteil eines Subjektes angeordnet wird, bereit ist, elektrische Ströme in dem Körper dieses Subjektes zu induzieren. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen kann die magnetische Spule für transkranielle magnetische Stimulation (TMS) verwendet werden. Wenn sie Außen an dem Schädel eines Subjektes angeordnet wird, ist die Vorrichtung im Stande, das Gehirn des Subjektes zu stimulieren, einschließlich der tiefen Bereiche des Gehirns, so wie den Nucleus Accumbens. Verfahren zur Verwendung dieser Vorrichtung enthalten die Behandlung von neurophysiologischen Zuständen, so wie klinischer oder nichtklinischer Depression, Drogenmißbrauch und Drogenabhängigkeit.
- [0039] [Fig. 1](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel der Vorrichtung. Die Vorrichtung 11 umfaßt einen Rahmen und eine elektrisch leitende Spule mit einer teilweisen torusförmigen oder eiförmigen Basis 12 und einen sich nach Außen erstreckenden Ansatzabschnitt 14. Bei einigen Ausführungsbeispielen ist der Rahmen selbst die elektrisch leitende Spule, so wie ein Rahmen aus einem elektrisch leitenden Material. Bei anderen Ausführungsbeispielen ist der Rahmen jedoch aus einem flexiblen oder verformbaren Material gebildet, der zu einer gewünschten Form für eine bestimmte Anwendung ausgebildet sein kann, und die elektrisch leitende Spule umfaßt eine Windung oder mehrere Windungen aus elektrisch leitendem Material, das mit dem Rahmen zusammenhängt, so wie entlang dessen angeordnet sein, an dem Rahmen montiert sein, um den Rahmen herum gewunden sein oder in dem Rahmen angeordnet sein.
- [0040] Die Spule ist elektrisch mit einer Spannungsversorgung (nicht dargestellt) verbunden, so wie durch elektrische Leitungen 16, 18 in [Fig. 1](#). Andere Ausführungsbeispiele können eine ähnliche Verbindung mit ei-

ner Spannungsversorgung über ähnliche elektrische Leitungen verwenden.

[0041] Die Spule kann aus jedem elektrisch leitenden Material gebildet sein, wie Metall. Besondere Ausführungsbeispiele haben Spulen, die Drähte umfassen, die aus Kupfer, Aluminium oder anderen elektrisch leitenden Material gebildet sind. Die Spannungsversorgung kann jede geeignete kommerziell erhältliche Spannungsversorgung sein, wie die Spannungsversorgungen, die zur Verwendung mit anderen magnetischen Spulen erhältlich sind. Beispiele für derartige Spannungsversorgungen enthalten solche, die mit zahlreichen Modellen von magnetischen Stimulatoren verkauft werden, die durch Medtronic, Inc. von Minneapolis, MN, USA hergestellt werden (beispielsweise MagPro, MagLite Compact), oder Spannungsversorgungen, die mit zahlreichen Modellen von magnetischen Stimulatoren verkauft werden, die durch Magstim Company US, LLC von New York, NY, USA erzeugt werden (beispielsweise Magstim Model 200, Magstim Model 220, Magstim Model 250, BiStim, Magstim Rapid, Magstim QuadroPulse).

[0042] Besondere Ausführungsbeispiele verwenden eine Spannungsversorgung, die im Stande ist, eine Rate von Stromänderungen in dem Bereich von ungefähr 10.000 Ampere pro 100 Mikrosekunden oder höher zu erzeugen, abhängig von einer Spuleninduktivität, um ein elektrisches Feld in einem Bereich von ungefähr 10 bis ungefähr einigen 100 Volt pro Meter zu erzeugen. Die Spule kann durch einen Puls oder mehrere Pulse von elektrischem Strom aktiviert werden, wobei jeder Puls bis zu ungefähr 2.000 Mikrosekunden anhält. Bei besonderen Ausführungsbeispielen liegt die Pulslänge bei ungefähr 1.000 Mikrosekunden Dauer.

[0043] Zur Stimulation von Nervengewebe, so wie Gehirngewebe, bestimmen der maximale Strom und der Anstieg der Zeit des Stromes bei dem Beginn des Pulses die Pulslänge sehr. Diese Parameter hängen sehr von der Spannungsversorgung, die verwendet wird, um elektrischen Puls zu erzeugen, und der Induktivität der Spule ab. Bei einigen Ausführungsbeispielen weist ein Umlauf der Spule eine Induktivität von ungefähr 10 Mikrohenry auf. Eine kommerziell erhältliche Spannungsversorgung (wie oben beschrieben) kann einen elektrischen Puls in der Spule mit einer Pulslänge von ungefähr 1.000 Mikrosekunden erzeugen. Die Pulslänge kann jedoch durch Änderung der Kapazität und/oder Widerstands in dem Schaltkreis und/oder der Induktivität oder des Widerstands der Spule geändert werden.

[0044] Die teilweise torusförmige oder eiförmige Basis **12** weist eine konkave erste oder äußere Seite **19**, die zu dem Körperteil des Subjektes gerichtet ist, und eine zweite oder innere Seite **20** auf, die gegenüberliegend der ersten Seite **19** angeordnet ist. Der Ansatzabschnitt **14** erstreckt sich nach Außen von dieser zweiten Seite **20** und weg von der Basis.

[0045] Die Vorrichtung kann angrenzend an den oder in Kontakt mit dem Körper eines Subjektes angeordnet werden. [Fig. 1](#) stellt ein Anordnen der Vorrichtung **11** oben auf dem Kopf **100** eines Menschen dar. Die Vorrichtung könnte auch irgendwo an dem Körper eines Subjektes angeordnet und verwendet werden, um Gewebe des Körpers des Subjektes magnetisch zu stimulieren, so wie durch Induzieren von elektrischen Feldern innerhalb des Gewebes. Zusätzlich kann das Subjekt jedes Lebewesen sein, so wie ein Säugetier einschließlich eines Menschen.

[0046] Wenn die Vorrichtung Außen an dem Schädel des Subjektes angeordnet wird, kann die Vorrichtung in zahlreichen Ausrichtungen um den Schädel angeordnet werden. Beispielsweise zeigt [Fig. 1](#), daß die Vorrichtung **11** oben auf dem Schädel angeordnet wird. Die Vorrichtung **11** könnte an der Rückseite des Schädels, entlang der Stirn des Subjektes oder anderswo an dem Schädel angeordnet werden. Jedoch induziert die Vorrichtung **11** effektiv elektrische Felder in den Körper eines Subjektes, wenn die Vorrichtung **11** mit der konkaven Seite **19** der Basis **12** zu dem Körper des Subjektes gerichtet angeordnet ist.

[0047] Die in [Fig. 1](#) dargestellte Vorrichtung **11** weist eine teilweise torusförmige oder eiförmige Basis **12** mit einem ersten Ende **22** und einem zweiten Ende **24** auf. Eine sich zwischen diesen zwei Enden **22, 24** erstreckende Linie definiert eine Längsachse entlang der Länge der Basis **12**. Die Basis **12** weist eine im wesentlichen bogenförmige, halbkreisförmige oder halbeiförmige Form entlang deren Längsachse auf, wie desweiteren in [Fig. 3](#) dargestellt ist. Die Basis **12** weist auch eine Breitenachse auf, die sich senkrecht zu deren Längsachse erstreckt, und diese Breitenachse weist eine im wesentlichen bogenförmige, halbkreisförmige oder halbeiförmige Form auf, wie desweiteren in [Fig. 4](#) dargestellt ist. Somit umfaßt die in [Fig. 1](#) dargestellte Basis einen Bogen, der sich entlang deren Längsachse erstreckt, und einen Bogen, der sich entlang deren Breitenachse erstreckt.

[0048] Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Bogenkonfigurationen entlang sowohl der Längsachse als auch der Breitenachse komplementär zu der äußeren Form des Körperteils, mit dem die Vorrichtung

verwendet werden soll. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel stimmt die Vorrichtung mit der Bogenform eines Schädels eines Subjektes von Seite-zu-Seite und Vorderseite-zur-Rückseite überein.

[0049] Die Ausdehnung der Basis **12** kann in Form von Gradzahlen der Drehung oder des Abstandes in der Länge beschrieben werden. Die Längsachse der Basis **12** erstreckt sich weniger als ungefähr 360° , so wie weniger als 270° . Beispielsweise erstreckt sich die Längsachse der Basis **12** der in den [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) dargestellten Vorrichtung ungefähr 180° in der Drehung. Die Gesamtlänge der Basis (wenn sie entlang der Längsachse gemessen wird), kann auf ein bestimmtes Subjekt oder eine Klasse von Subjekten angepaßt sein, abhängig von der Größe des Subjekts und wo an dem Körper die Vorrichtung angeordnet werden wird. Einige Ausführungsbeispiele der Vorrichtung weisen eine Bogenlänge entlang der Längsachse der Basis im Bereich von ungefähr 10 bis ungefähr 50 cm auf. Für erwachsene menschliche Subjekte kann die Vorrichtung eine Bogenlänge entlang der Längsachse der Basis in einem Bereich von ungefähr 20 bis 30 cm aufweisen. Eine Vorrichtung mit einer Bogenlänge entlang der Längsachse der Basis von ungefähr 26 cm wurde als ausreichend für die Verwendung bei den meisten erwachsenen Menschen befunden, wenn die Vorrichtung Außen an dem Schädel des Subjektes anzutragen ist.

[0050] Ähnlich zu der Längsachse erstreckt sich die Breitenachse der Basis **12** weniger als 360° , wie ein Entstrecken weniger als ungefähr 270° , weniger als ungefähr 180° oder auch weniger als ungefähr 90° . Beispielsweise erstreckt sich die Breitenachse der Basis **12** der in den [Fig. 1](#) und [Fig. 4](#) dargestellten Vorrichtung ungefähr 45° in der Drehung.

[0051] Zusätzlich kann die Gesamtbreite der Basis (wenn entlang der Breitenachse gemessen) an ein bestimmtes Subjekt oder eine Klasse von Subjekten angepaßt werden, abhängig von der Größe des Subjekts und wo an dem Körper die Vorrichtung anzutragen ist. Einige Ausführungsbeispiele der Vorrichtung weisen eine Bogenlänge entlang der Breitenachse in einem Bereich von ungefähr 2 bis ungefähr 15 cm auf. Für erwachsene menschliche Subjekte kann die Vorrichtung eine Bogenlänge entlang der Breitenachse in dem Bereich von ungefähr 5 cm aufweisen, wenn die Vorrichtung Außen an dem Schädel des Subjektes anzutragen ist.

[0052] Egal ob die Ausdehnung der Basis in Grad der Drehung um oder im Abstand in der Länge entlang entweder der Längsachse oder der Breitenachse gemessen wird, die Ausdehnung der Basis kann angepaßt werden, um an ein bestimmtes Subjekt oder zu einem Verwendungsverfahren zu passen, solange die Basis im wesentlichen torusförmig oder eiförmig verbleibt. Beispielsweise kann die konkave erste Seite **19** der Basis **12** auf den Schädel eines Subjektes abgestimmt ausgebildet sein.

[0053] Der Ansatz **14** stellt einen Weg für den Fluß der Elektrizität zu und von der Basis **12** bereit. Bei dem in den [Fig. 1](#)-[Fig. 4](#) dargestellten Ausführungsbeispiel weist der Ansatz zwei Bestandteile auf, die sich radial von der Basis erstrecken, um eine Erzeugung einer Oberflächenaufladung in dem Gewebe des Subjektes zu verringern, so wie eine Oberflächenaufladung an dem Gehirn des Subjektes. Diese Oberflächenaufladung kann die Stärke des elektrischen Feldes beeinflussen und reduzieren, welches durch die Spulenabschnitte in der Basis erzeugt wird. Das Ausführungsbeispiel nach [Fig. 1](#) erreicht diesen Gegenstand durch Verwendung eines dreieckigen oder nach oben zulaufenden Ansatzes **14**. Der Ansatz **14** umfaßt erste und zweite verlängerte Elemente **26**, **28**. Diese Elemente weisen einen ersten Satz von inneren Enden **30**, **32** auf, die mit der Basis **12** an Positionen verbunden sind, die entlang der Längsachse der Basis **12** beabstandet sind. In [Fig. 1](#) weist das erste verlängerte Element **26** ein erstes inneres Ende **30** auf, das mit der Basis **12** angrenzend an dem ersten Ende **22** der Basis **12** verbunden ist, und das zweite verlängerte Element **28** weist ein erstes inneres Ende **32** auf, das mit der Basis **12** angrenzend an dem zweiten Ende **24** der Basis **12** verbunden ist. Die verbleibenden Abschnitte **34**, **36** dieser Elemente **26**, **28** erstrecken sich von der Basis **12** weg und laufen jeweils zueinander.

[0054] Bei dem Ausführungsbeispiel nach [Fig. 1](#) sind das erste innere Ende **30** und das zweite innere Ende **32** durch einen Mittelabschnitt der Basis **12** verbunden, um einen dreieckigen Form zu bilden. Diese dreieckige Form ist des Weiteren in [Fig. 3](#) dargestellt. Der Ansatz kann jedoch andere Formen als eine dreieckige Form annehmen, so wie eine bogenförmige oder halbkugelförmige Form, solange der Ansatz reduzierte radiale Bestandteile bereitstellt und die Beeinflussung des elektrischen Felds, das durch die Spule in der Basis **12** erzeugt wird, reduziert. Beispielsweise ermöglicht der dreieckförmige Ansatzabschnitt **14** den Stromfluß durch elektrische Leitungen in dem Ansatzabschnitt **14**, um die Basis **12** an eine Ausrichtung zu erreichen, die im wesentlichen tangential zu dem Körperteil des Subjektes ist, so wie der Schädel des Menschen, der in den [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) dargestellt ist. Eine ähnliche im wesentlichen tangentiale Beziehung zwischen dem Ansatzabschnitt und dem Körperteil des Subjektes kann durch Ansatzabschnitte erzielt werden, die ebenso andere Formen aufweisen.

[0055] Der Ansatzabschnitt kann auch ein einteiliges Element anstatt von separaten Elementen umfassen. Beispielsweise könnte eine Vorrichtung ähnlich zu dem Ausführungsbeispiel, das in den [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) dargestellt ist, unter Verwendung eines einteiligen Ansatzelements gebildet werden, anstatt der zwei separaten verlängerten Elemente **26, 28**. Der Ansatzabschnitt kann auch drei oder mehr Elemente umfassen. Zusätzlich kann der Ansatz mittig über der Basis oder außermittig relativ zu der Basis angeordnet sein.

[0056] Wenn ein dreieckförmiger Ansatzabschnitt verwendet wird (egal, ob ein einteiliges Element oder bestehend aus vielen Elementen), wird dieser dreieckförmige Abschnitt drei innere Winkel umfassen. Der Ansatzabschnitt, der in [Fig. 1](#) dargestellt ist (oben beschrieben), weist beispielsweise einen ersten Winkel, der durch das innere Ende **30** des ersten Elements **26** und die Basis **12** gebildet ist, einen zweiten inneren Winkel, der durch das innere Ende **32** des zweiten Elementes **28** und die Basis **12** gebildet ist, und einen dritten Winkel auf, der durch die übrigen Abschnitte **34, 36** der zwei Elemente **26, 28** gebildet ist. Diese drei Winkel können gleiche oder unterschiedliche Grade bei einer Messung aufweisen. Bei vielen Ausführungsbeispielen sind die Winkel alle geringer als ungefähr 90° , und in einigen Ausführungsbeispielen sind die Winkel alle geringer als ungefähr 75° . Bei besonderen Ausführungsbeispielen nähert sich die dreieckige Form einem gleichschenkligen Dreieck mit den drei Winkeln, wobei jeder ungefähr 60° beträgt. Jedoch können der erste Winkel und der zweite Winkel geringer als 60° sein, da die teilweise torusförmige Basis etwas Bogen bereitstellt. Beispielsweise weist der dreieckförmige Ansatzabschnitt **14**, der in [Fig. 3](#) dargestellt ist, drei innere Winkel auf, wobei jeder ungefähr 60° beträgt. Wenn der dritte Winkel nach [Fig. 3](#) 60° beträgt, würden der erste innere Winkel und der zweite innere Winkel immer noch geringer als 60° wegen des nach oben gerichteten Bogens des Basis **12** sein.

[0057] Der Ansatzabschnitt kann auch Streben umfassen. Die Streben können einige bauliche Stabilität sowie Unterstützung für den Ansatzabschnitt bereitstellen und können einige alternative Leitungswege für den Elektrizitätsfluß durch die Spule bereitstellen. Beispielsweise weist der Ansatzabschnitt **14** der Vorrichtung **11**, die in [Fig. 1](#) dargestellt ist, eine erste verlängerte Strebe **38** und eine zweite verlängerte Strebe **40** auf, wobei jede Strebe erste Enden **42, 46** und zweite Enden **44, 48** aufweist. Das erste Ende **42** der ersten Strebe **38** ist angrenzend an dem inneren Ende **30** des ersten verlängerten Elements **26** gekoppelt, und das zweite Ende **44** der ersten Strebe **38** ist an die Basis **12** gekoppelt. Das erste Ende **46** der zweiten Strebe **40** ist angrenzend an das innere Ende **32** des zweiten verlängerten Elements **28** gekoppelt, und das zweite Ende **48** der zweiten Strebe **40** ist an die Basis **12** gekoppelt. Bei diesem besonderen Ausführungsbeispiel sind die Streben **38, 40** an die Basis **12** zwischen jedem inneren Ende **30, 32** der verlängerten Elemente **26, 28** gekoppelt. Bei diesem besonderen Ausführungsbeispiel definieren die Streben **38, 40**, die verlängerten Elemente **26, 28** und die Basis **12** dreieckige Formen. Jedoch können andere Ausführungsbeispiele Streben aufweisen, die an unterschiedlichen Abschnitten der verlängerten Elemente und/oder der Basis gekoppelt sind, oder können solche Streben gar nicht umfassen.

[0058] Bei dem in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsbeispiel enthält die Basis ein paar von im wesentlichen parallelen, bogenförmigen, verlängerten, sich longitudinal erstreckenden und seitlich beabstandeten Rahmenelementen **21** und **23**. Diese haben die in [Fig. 3](#) dargestellte bogenförmige Ausbildung. Zehn verlängerte, bogenförmige, querlaufende Rahmenelemente **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10** erstrecken sich und verbinden longitudinale Rahmenelemente **21** und **23**. Wie aus [Fig. 1](#) ersichtlich ist, sind die Elemente **1-10** beabstandet entlang der Längen der longitudinalen Rahmenelemente **21** und **23** angeordnet und sind an deren gegenüberliegenden Enden an den longitudinalen Rahmenelementen **21** und **23** gekoppelt und erstrecken sich im allgemeinen mit rechtem Winkel zu den longitudinalen Rahmenelementen **21** und **23**.

[0059] Bogenförmig querlaufende Rahmenelemente **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10** sind mit einem geeigneten Abstand voneinander beabstandet, so wie von ungefähr 1mm bis ungefähr 5cm, abhängig von der Gesamtlänge der Basis **12** und der Anzahl der bogenförmig querlaufenden Rahmenelemente. Der Abstand zwischen zwei angrenzenden bogenförmig querlaufenden Rahmenelementen **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10** kann derselbe wie der Abstand zwischen zwei anderen bogenförmig querlaufenden Rahmenelementen **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10** oder unterschiedlich zu dem Abstand zwischen zwei anderen bogenförmig querlaufenden Rahmenelementen **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10** sein. Bei besonderen Ausführungsbeispielen sind die bogenförmig querlaufenden Rahmenelemente **1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10** voneinander durch einen Abstand von ungefähr 1 cm getrennt.

[0060] Bei alternativen Ausführungsbeispielen sind die sich longitudinal erstreckenden und seitlich beabstandeten Rahmenelemente **21** und **23** nicht im allgemeinen parallel entlang der gesamter Länge. Diese nicht parallele Ausrichtung kann durch Änderung der Längen der querlaufenden Elemente entlang der Basis erreicht werden. Beispielsweise (aber ohne Einschränkung) können die querlaufenden Elemente nahe dem ersten Ende der Basis kürzer sein als die querlaufenden Elemente nahe dem zweiten Ende der Basis.

[0061] Das Ansatzelement **26** enthält ein Paar von verlängerten, im wesentlichen parallelen beabstandeten Ansatzrahmenelementen **50** und **51**. Das Ansatzelement **28** enthält ein Paar von verlängerten, im wesentlichen parallelen beabstandeten Ansatzrahmenelementen **52** und **53**. Die unteren Enden der Elemente **51** und **53** sind an beabstandeten Orten an dem longitudinalen Rahmenelement **23** gekoppelt und die unteren Sätze von Enden der Elemente **50** und **52** sind an beabstandete Orte an dem longitudinalen Rahmenelement **21** gekoppelt. Drei Abstandselemente **58**, **60** und **62** erstrecken sich zwischen den Rahmenelementen **50**, **51**, **52**, **53**, um einen ausgewählten Abstand hierzwischen aufrecht zu erhalten.

[0062] Die Strebe **38** enthält ein Paar von verlängerten, seitlich beabstandeten Elementen **54** und **55**, welche an deren oberen Enden an den Rahmenelementen **50** und **51** sowie an deren unteren Enden an den longitudinalen Rahmenelmenten **21** und **23** gekoppelt sind. In ähnlicher Weise enthält die Strebe **40** ein Paar von verlängerten, seitlich beabstandeten Elementen **56** und **57**, die an deren oberen Sätzen von Enden an den Ansatzrahmenelementen **52** und **53** sowie an deren unteren Enden an dem longitudinalen Rahmenelementen **21** und **23** gekoppelt sind.

[0063] Das in den [Fig. 1-Fig. 4](#) dargestellte Ausführungsbeispiel enthält eine minimale Anzahl von Bestandteilen, die sich radial von der Basis erstrecken, um den Ansatz **14** zu bilden. Bei alternativen Ausführungsbeispielen enthält der Ansatz **14** eine größere Anzahl von sich radial erstreckenden Bestandteilen, so wie in dem Ausführungsbeispiel, das in den [Fig. 8-Fig. 11](#) dargestellt ist und unten detaillierter beschrieben wird.

[0064] Wie oben genannt ist, umfaßt die Vorrichtung einen Rahmen und eine elektrisch leitende Spule. Bei einigen Ausführungsbeispielen kann der Rahmen selbst die Funktion einer Spule einnehmen. Jedoch umfaßt bei anderen Ausführungsbeispielen die Spule eine separate Struktur als Teil der Vorrichtung, und kann auch mehrere Spulen enthalten. [Fig. 2](#), die unten detaillierter diskutiert wird, ist ein Schaltplan eines elektrischen Schaltkreises für eine mögliche Spulenausbildung für das in [Fig. 1](#) dargestellte Ausführungsbeispiel.

[0065] Bei besonderen Ausführungsbeispielen umfaßt die Spule eine Windung oder mehrere Windungen eines elektrisch leitenden Materials, so wie ein Metalldraht. Diese Windungen umfassen elektrische Wandler. Bei diesen Ausführungsbeispielen sind die Windungen mit dem Rahmen zusammenhängend; beispielsweise kann ein Draht entlang des Rahmens verlaufen, an dem Rahmen montiert oder in dem Rahmen angeordnet sein, solange der Draht, der die Windungen bildet, nicht in Kontakt mit jeglichem elektrisch leitenden Abschnitt des Rahmens ist. Solch eine Ausbildung ist in [Fig. 5](#) dargestellt, die einen Schnitt durch die in [Fig. 1](#) dargestellte Basis **12** zeigt.

[0066] In [Fig. 5](#) ist ein exemplarisches Rahmenelement **64** und ein Leitungsdraht **66** dargestellt, die durch ein isolierendes Material **68** umgeben sind, so wie Kunststoff oder Gummi. Wenn der Rahmen aus einem elektrisch leitenden Material gebildet ist, würde der Draht **66** von dem Rahmenelement **64** beabstandet sein müssen, und kann von dem Rahmenelement **64** durch eine Schicht des isolierenden Materials **68** beabstandet werden. Zusätzlich kann ein Querschnitt durch andere Teile der Basis **12** oder des Ansatzabschnittes **14** des in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsbeispiels zahlreiche Drähte zeigen, abhängig von der Anordnung der Windungen an dem Rahmen. Bei einigen Ausführungsbeispielen ist eine Windung einem verlängerten Element, einem Strebenelement oder beidem zugehörig. Bei besonderen Ausführungsbeispielen ist eine Windung jedem verlängerten Element und jedem Strebenelement zugehörig.

[0067] [Fig. 2](#) ist eine schematische elektrische Darstellung, die Leitungsdrähte und Stromfluß bei dem in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsbeispiele zeigt. In [Fig. 2](#) sind die mit A-J und AA-JJ gekennzeichneten Punkte der Basis zugehörig, und Punkte Q-V sind dem Ansatzabschnitt zugehörig. Die Punkte U und V entsprechen dem elektrischen Eingang für den Strom, der durch die Spannungsversorgung (nicht dargestellt) erzeugt wird. Unter Verwendung des Schaltplans für den Schaltkreis gemäß [Fig. 2](#) als ein Vorbild, kann man verstehen, wie eine Spule für das Ausführungsbeispiel nach [Fig. 1](#) aufgebaut sein kann. Beispielsweise könnte die in [Fig. 1](#) dargestellte Vorrichtung **11** eine Spule mit zehn Windungen umfassen, die mit **1-10** nummeriert sind, die sich in der Bogenbreitenrichtung der Basis entlang der zehn verlängerten, bogenförmig querverlaufenden Rahmen-elemente **1-10** erstrecken. Tabelle 1 faßt eine solche Anordnung von Windungen zusammen.

Tabelle 1

Windungsnr.	Leitungsweg
1	V-R-H-1-J-JJ-11-HH-Q-U
2	V-R-H-I-II-HH-Q-U
3	V-R-H-HH-Q-U
4	V-K-F-G-GG-FF-Q-U
5	V-R-F-FF-Q-U
6	V-T-E-EE-S-U
7	V-T-E-D-DD-EE-S-U
8	V-T-C-CC-S-U
9	V-T-C-B-BB-CC-S-U
10	V-T-C-B-A-AA-BB-CC-S-U

[0068] Alternative Ausführungsbeispiele der Vorrichtung könnten jedoch eine Spule mit mehr oder weniger als zehn Windungen umfassen. Des Weiteren könnten die Windungen einen einzelnen Draht oder eine Vielzahl von Drähten umfassen, wie separate Drähte für jede Windung. Bei einigen Ausführungsbeispielen können unterschiedliche Windungen verschiedene Zahlen von Drähten aufweisen. Bei einigen Ausführungsbeispielen sind die unterschiedlichen Drähte der Spule in Serie geschaltet. Jedoch sind bei alternativen Ausführungsbeispielen die Windungen parallel geschaltet. Alternativ könnte die in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellte Vorrichtung durch eine Spule erzeugt werden, die eine einzelne Windung umfaßt, so wie eine Spule mit einem elektrisch leitenden Rahmen, solange die Spule einen entsprechenden Schaltkreis aufweist.

[0069] Die Vorrichtungsspule, die durch [Fig. 2](#) mit dem Schaltplan des Schaltkreises dargestellt ist, setzt sich zusammen aus Wählern. Die Vorrichtung kann jedoch auch andere elektrische Bestandteile so wie Widerstände, Induktoren oder Kondensatoren aufweisen, um einen geeigneten Schaltkreis zu erzeugen, so wie der in [Fig. 2](#) dargestellten Schaltkreis. Andere elektrische Bestandteile sind notwendig für ein bestimmtes Ausführungsbeispiel und hängen von zahlreichen Faktoren ab, einschließlich (aber nicht eingeschränkt auf): die Art des verwendeten Generators, die Frequenz, die Amperzahl und Spannung des Stromes durch den Schaltkreis, den Widerstand des Wählers bzw. der Wandler und die Zeit der Aktivierung des Schaltkreises.

[0070] Das in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellte besondere Ausführungsbeispiel weist eine Spule mit zwei bedeutenden Abschnitten auf: einen Abschnitt, welcher der teilweise torusförmigen oder eiförmigen Basis zugehörig ist, und einem Abschnitt, welcher dem Ansatzabschnitt **14** zugehörig ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Länge des Abschnitts der Spule, welche die Basis umfaßt, im wesentlichen parallel zu der Breitenachse der Basis ausgerichtet, durch Zuordnen der Spule zu zahlreichen querlaufenden Rahmenelementen **1-10**. Diese querlaufenden Streifen der Spule entsprechen den Abschnitten **1-10** des Schaltplans des Schaltkreises in [Fig. 2](#) (das heißt Leitungsweg A-AA, B-BB, C-CC....H-HH, I-II und J-JJ). Bei solch einem Ausführungsbeispiel fließt ein signifikanter Teil des Stromes, der durch die Basis fließt, durch diese Streifen und ist daher im wesentlichen entlang der Referenz-z-Achse, die in [Fig. 1](#) dargestellt ist, ausgerichtet. Wie des Weiteren durch die [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dargestellt ist, sind zusätzlich die Spulenabschnitte, die der Basis zugehörig sind, komplementär und tangential an der Fläche des Schädels des Subjektes angeordnet. Bei besonderen Ausführungsbeispielen übersteigt die gesamte Länge der Spule, die den querlaufenden Rahmenelementen **1-10** zugehörig ist (das heißt im wesentlichen parallel zu der Breitenachse der Basis) die übrige Länge der Spule, die der Basis zugehörig ist (das heißt die verbleibende Länge, im wesentlichen parallel zu der Längenachse der Basis). Bei diesen Ausführungsbeispielen wird die Mehrheit des Stromes, die durch die Basis fließt, im wesentlichen entlang der mit z versehenen Achse, die in [Fig. 1](#) dargestellt ist, ausgerichtet.

[0071] Die Vorrichtung kann auch ein Polster umfassen, das angrenzend an der ersten Seite oder Unterseite **19** der Basis **12** angeordnet ist, die zum Subjekt gerichtet ist. Ein aus einem geeigneten Material wie Stoff, Schaum oder Gummi gebildetes Polster kann ein zusätzliches Maß an Komfort für ein Subjekt bereitstellen,

wenn die Vorrichtung an dem Subjekt verwendet wird. Wie in [Fig. 5](#) dargestellt, kann die Vorrichtung zusätzlich auch etwas nichtleitendes Material umfassen, so wie Kunststoff oder Gummi, die den Rahmen und die Spule umfassen.

[0072] Die Vorrichtung kann auch ein Schild oder eine Abschirmung (aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt) umfassen, die um ein Element oder mehrere Elemente des Ansatzabschnittes **14** angeordnet sind. Dieses Schild oder diese Abschirmung kann magnetische Felder sperren oder blockieren, die erzeugt werden, wenn Elektrizität durch die Abschnitte der Spule in dem Ansatzabschnitt **14** läuft. Da die magnetischen Felder, die durch den Ansatz erzeugt werden, die magnetischen Felder beeinflussen können, die durch die Abschnitte der Spule in der Basis **12** erzeugt werden, kann eine Abschirmung der magnetischen Felder, die durch die Basis **12** erzeugt werden, reduzieren und daher die Stärke der elektrischen Felder, die in einem leitenden Medium durch die magnetischen Felder der Basis **12** induziert werden, erhöhen. Als ein nichtlimitierendes Beispiel zeigt Beispiel 3 unten und die [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) die Effekte der Abschirmung der Rückleitungen des Ansatzes **14**. Jede geeignete Abschirmung oder jedes geeignete Schild, das im Stande ist, magnetische Felder zu sperren, kann verwendet werden, obwohl in einigen Ausführungsbeispielen ein Metall als eine Abschirmung verwendet wird, so wie Mu-Metall, was zur effektiven Abschirmung magnetischer Felder bekannt ist. Die Abschirmung kann jegliche geeignete Größe oder Form aufweisen, einschließlich (aber nicht eingeschränkt auf): Elemente aus Mu-Metall, die eine, mehrere oder alle der Elemente des Ansatzes **14** umfassen; eine flache Scheibe aus Metall, die intermittierend in dem Ansatz **14** angeordnet ist und welche die magnetischen und elektrischen Felder, die durch den Ansatz **14** erzeugt werden davon sperrt, diejenigen, die durch die Basis **12** erzeugt werden, zu beeinflussen; oder ein Gehäuse, das im wesentlichen den Ansatz **14** einschließt. Diese Abschirmung leitet den magnetischen Fluß, der durch den Ansatzabschnitt erzeugt wird, zu der Abschirmung, so daß die Beeinflussung der durch den Basisabschnitt erzeugten Felder reduziert wird.

[0073] Ein alternatives Ausführungsbeispiel der Vorrichtung ist mit **11A** in den [Fig. 8](#)-[Fig. 10](#) gekennzeichnet, das an einem menschlichen Kopf **100** angeordnet ist. Ähnlich zu dem ersten Ausführungsbeispiel ([Fig. 1](#)-[Fig. 4](#)) in zahlreichen Wegen weist dieses alternative Ausführungsbeispiel eine Basis **12A** und einen Ansatzabschnitt **14A** auf, wobei die Basis **12A** ein erstes Ende **22A** und ein zweites Ende **24A** aufweist, und eine im wesentlichen bogenförmige, halbkreisförmige oder halbeiförmige Form entlang deren Längsachse und Breitenachse. Bei diesem Ausführungsbeispiel enthält jedoch der Ansatz **14A** eine Vielzahl von radial verlängerten Ansatzelementen **110, 112, 114...158, 160**, anstatt eine minimale Anzahl von radial sich erstreckenden verlängerten Elementen **26, 28** ([Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#)). Dieses Ausführungsbeispiel enthält 26 sich radial erstreckende verlängerte Ansatzelemente **110, 112, 114...158, 160**, obwohl alternative Ausführungsbeispiele eine unterschiedliche Zahl von solch verlängerten Ansatzelementen verwenden. Wie dargestellt sind die radial sich erstreckenden verlängerten Elemente **110, 112, 114...158, 160** in vier fächerförmige Gruppen **170, 172, 174, 176** zusammengefaßt und die verlängerten Elemente **134** und **136** sind durch seitliche Elemente **180** und **182** verbunden.

[0074] Wie in [Fig. 9](#) dargestellt, können die verlängerten Elemente **110, 112, 114...158, 160** im wesentlichen sich orthogonal von der Basis **12A** erstrecken oder, wie durch die gestrichelten Linien dargestellt, können von dieser orthogonalen Ausrichtung mit einem Winkel θ versetzt sein. Der Grad der Versetzung (θ) kann bis zu 60° zu einer der beiden Seiten der Basis sein, sowie weniger als ungefähr 45° , oder weniger als 30° . Bei besonderen Ausführungsbeispielen beträgt der Grad der Versetzung ungefähr 20° . Entweder alle, einige oder keine der verlängerten Elemente kann versetzt sein. Bei einigen Ausführungsbeispielen sind alternierende verlängerte Elemente versetzt. Beispielsweise können die verlängerten Elemente **112, 116, 120...156, 160** um 20° versetzt sein, während die verlängerten Elemente **110, 114, 118...154, 158** im wesentlichen orthogonal zu der Basis **12A** ausgerichtet sein können.

[0075] Ähnlich zu dem Ansatzabschnitt, der in den [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dargestellt ist, kann der in den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) dargestellte Ansatz ein einteiliges Element oder eine Konstruktion von vielen Elementen sein.

[0076] Ähnlich zu der Basis **12**, die in den [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dargestellt ist, enthält die in den [Fig. 8](#)-[Fig. 9](#) dargestellte Basis **12A** ein Paar von im wesentlichen parallelen, bogenförmigen, verlängerten, sich longitudinal erstreckenden, lateral beabstandeten Rahmenelementen **21A** und **23A**. 26 verlängerte, bogenförmig querlaufende Rahmenelemente **210, 212, 214...258, 260** erstrecken sich zwischen und verbinden die longitudinalen Rahmenelemente **21A** und **23A**.

[0077] Die Menge an Oberflächenladung und der Einfluß dieser Oberflächenladung auf die stimulierten tiefen Gewebe des Körpers des Subjektes hängt von den Gesamtlängen und den Orten der elektrischen Be-

standteile ab, welche radiale Bestandteile aufweisen. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird die Gesamtlänge derartiger radialer Elemente reduziert und deren Abstände von dem Körper des Subjektes werden relativ zu dem Ausführungsbeispiel, das in [Fig. 1-Fig. 4](#) dargestellt ist, erhöht. Mit anderen Worten wird das Verhältnis der Gesamtlänge der Spule, die sich radial von der Basis erstreckt, zu der Gesamtlänge der Spule, die zu der Basis gehörig ist, geringer als das entsprechende Verhältnis bei anderen Ausführungsbeispielen, wie das des Ausführungsbeispiel, das in den [Fig. 1-Fig. 4](#) dargestellt ist.

[0078] Unter Bezug auf das Ansatzelement, das in [Fig. 9](#) dargestellt ist und welches exemplarisch für die anderen Ansatzelemente ist, enthält es ein Paar von verlängerten, im wesentlichen parallel beabstandeten verlängerte Ansatzrahmenelemente **310** und **312**, wobei jedes Rahmenelement mit einem der seitlich beabstandeten Rahmenelemente **21A** und **23A** verbunden ist. Die ersten Enden der Ansatzrahmenelemente, so wie **310**, sind an beabstandeten Orten am Rahmenelement **21A** verbunden, während die ersten Enden der Ansatzrahmenelemente, so wie **312**, mit beabstandeten Orten am Rahmenelement **23A** verbunden sind. Die zweiten oder äußeren Enden der Ansatzrahmenelemente, so wie **310** und **312** sind durch querlaufende Abstandsrahmenelemente verbunden, sowie **314**.

[0079] Bei diesem zweiten Ausführungsbeispiel enthält die Basis **12A** 26 querlaufende Elemente **210**, **212**, **214...258**, **260** (welche als "Streifen" bezeichnet werden können), im Vergleich zu den 10 querlaufenden Elementen **1-10** des ersten Ausführungsbeispiels (vergleiche [Fig. 1](#)). Ansatz **14A** dieses zweiten Ausführungsbeispiels enthält 26 verlängerte Elemente **110**, **112**, **114...158**, **160**, die in vier fächerförmige Ansammelungen **170**, **172**, **174**, **176** gruppiert sind. Diese verlängerten Elemente **110**, **112**, **114...158**, **160** sind mit der Basis **12** an Orten angrenzend an bestimmte querlaufende Elemente **210**, **212**, **214...258**, **260** gekoppelt. Beispielsweise sind die verlängerten Elemente **110**, **112**, **114**, **116**, **118** und **120**, wie in [Fig. 1](#) dargestellt, mit der Basis **12A** angrenzend an dem querlaufenden Element **222** gekoppelt; verlängerte Elemente **122**, **124**, **126**, **128**, **130**, **132** und **134** sind mit der Basis **12A** angrenzend an dem querlaufenden Element **226** gekoppelt; die verlängerten Elemente **136**, **138**, **140**, **142**, **144**, **146** und **148** sind mit der Basis **12A** angrenzend an dem querlaufenden Element **244** gekoppelt; und verlängerte Elemente **150**, **152**, **154**, **156**, **158**, **160** sind an der Basis **12A** angrenzend an dem querlaufenden Element **248** gekoppelt. Bei alternativen Ausführungsbeispielen kann jedoch jedes verlängerte Element mit der Basis in einer unterschiedlichen Gestaltung gekoppelt werden. Jedes verlängerte Element kann separat mit der Basis angrenzend an einem einzelnen querlaufenden Element gekoppelt werden, oder unterschiedliche Zahlen von verlängerten Elementen können zusammen gruppiert und mit der Basis angrenzend an bestimmte querlaufende Elemente gekoppelt werden. Beispielsweise (aber ohne Einschränkung hierauf) können Paare von verlängerten Elementen an die Basis angrenzend an jedem anderen querlaufenden Element gekoppelt werden, oder Gruppen von mehreren verlängerten Elementen können an der Basis angrenzend an 6 individuellen querlaufenden Elementen gekoppelt werden.

[0080] Die verlängerten Elemente **110**, **112**, **114...158**, **160** innerhalb eines individuellen Fächers **170**, **172**, **174** und **176** können regelmäßig beabstandet voneinander oder winklig relativ zueinander angeordnet sein. Beispielsweise (aber ohne Einschränkung hierauf) sind, wie in [Fig. 8](#) dargestellt, die verlängerten Elemente der Fächer **170** und **176** voneinander beabstandet oder zueinander unter einem Winkel von um ungefähr 8° angeordnet, während die verlängerten Elemente der Fächer **172** und **174** voneinander um ungefähr 6° beabstandet sind.

[0081] Wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel können die sich longitudinal erstreckenden seitlich beabstandeten Rahmenelemente **21A** und **23A** im wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sein oder sie können in einer nichtparallelen Ausrichtung angeordnet sein.

[0082] [Fig. 11](#) ist eine schematische Darstellung des Stromflusses durch die Windungen des Ausführungsbeispiels, das in [Fig. 8](#) dargestellt ist, mit Bezugszeichen, die diese Windungen zu bestimmten in den [Fig. 8-Fig. 10](#) dargestellten Strukturen in Bezug bringen. [Fig. 11](#) ist kein Schaltplan für einen Schaltkreis im wahren Sinn, diese Darstellung zeigt einfach, wie eine Spule für die Vorrichtung aus individuellen Windungen der Spule gebildet sein kann, wobei jede individuelle Windung einen Schaltkreis umfaßt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist nur ein Teil der gesamten Vorrichtung dargestellt. Zusätzlich zeigt [Fig. 11](#) nur ein exemplarisches, nicht einschränkendes Muster eines Stromflusses. Andere Ausführungsbeispiele können andere Muster von Stromfluß aufgrund einer unterschiedlichen Anordnung von Windungen aufweisen, und bei besonderen Ausführungsbeispielen sind die Windungen in Serie geschaltet und Strom, der durch die Streifen der Basis tritt (das heißt ein Fließen durch die Windungen, die zu den querlaufenden Elementen der Basis zwischen den seitlichen Rahmenelementen zugehörig sind) fließt in dieselbe Richtung.

[0083] Wie in [Fig. 11](#) dargestellt ist, ist die Richtung des elektrischen Stromflusses dieselbe in allen der 26 Streifen der Basis **12A** (dargestellt in [Fig. 8](#)-[Fig. 10](#)), wobei sie in eine Richtung von dem seitlichen Rahmenelement **23A** zu dem seitlichen Rahmenelement **21A** fließt. Im allgemeinen kommt ein Strom an diesen Abschnitt der Spule bei Z an, fließt nach unten zu I_2 und fließt durch die Streifen J_2-J_1 , K_2-K_1 , L_2-L_1 und M_2-M_1 . Jeder Streifen (A_2-A_1 , $B_2-B_1\dots M_2-M_1$) weist eine Rückleitung durch ein verlängertes Element **110**, **112**, **114\dots 158**, **160** von einem der fächerartigen Gruppierungen **170**, **172**, **174**, **176** auf. Beispielsweise kann die Rückleitung für den Streifen J_2-J_1 das verlängerte Element **140** (nicht dargestellt in [Fig. 11](#)) sein. Der Stromfluß zu I_2 fließt dann durch Streifen H_2-H_1 und zu I_1 . Von hier fließt der Strom hinauf zum Ansatz zu W, dann zu X (die Linie W-X stellt die Verbindung der zwei verlängerten Elemente **148** und **150** dar), dann zu G_2 , dann durch Streifen F_2-F_1 , E_2-E_1 , D_2-D_1 , C_2-C_1 , B_2-B_1 , A_2-A_1 und kehrt zu G_2 zurück. Jeder der Streifen F_2-F_1 , E_2-E_1 , D_2-D_1 , C_2-C_1 , B_2-B_1 , A_2-A_1 weist eine Rückleitung durch ein verlängertes Element der fächerartigen Ansammlung **176** auf, die aus den verlängerten Elementen **150-160** besteht. Beispielsweise ist die Rückleitung für den Streifen F_2-F_1 durch den Weg $G_1-U-V-G_2$ dargestellt, der dem verlängerten Element **260** in den [Fig. 8](#)-[Fig. 9](#) entspricht. Andere Streifen (beispielsweise $E2-E1$, $D2-D1$, $C2-C1$) weisen Rückleitungen durch andere verlängerte Elemente (nicht dargestellt in [Fig. 11](#)) auf, die an dem $G2-G1$ Streifen verankert sind (das heißt, verlängerte Elemente, die ein Teil der fächerartigen Ansammlung **176** sind, die in [Fig. 8](#)-[Fig. 9](#) dargestellt ist). Nach Fluß durch die Streifen und die Rückleitungen fließt der Strom zu G_1 , dann zu W (durch eine andere Windung, gegen den dargestellten Pfeil), weiter zu X, zurück zu I_2 , dann zu I_1 und kehrt dann zu dem anderen Ende der Vorrichtung (nicht dargestellt) über Y zurück.

[0084] Die Rückleitung des Stromflusses ist in die entgegengesetzte Richtung der Streifen, obwohl diese Rückleitungen der Spule, die der Basis **12A** zugehörig ist (das heißt entlang der querverlaufenden Elemente **210**, **212**, **214\dots 258**, **260**), physikalisch von der Basis **12A** abstandet sind durch Zuordnen von querverlaufenden Abstandsrahmenelementen des Ansatzes **14A** zu den Rückleitungen, so wie **314** in [Fig. 9](#). Der physikalische Abstand zwischen den Streifen und Rückleitungen kann jeder geeignete Abstand sein, so wie ungefähr 1cm, 5cm, 10cm oder mehr. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen sind die Rückleitungen von den Streifen durch einen Abstand von mindestens ungefähr 5cm getrennt; beispielsweise ist der physikalische Abstand, wie in [Fig. 9](#) dargestellt, zwischen dem Abschnitt der Spule in der Basis **12A** an dem querverlaufenden Element **210** und der Rückleitung der Spule entlang dem querverlaufenden Abstandsrahmenelement **314** mindestens ungefähr 5cm.

[0085] Ähnlich zu dem in den [Fig. 1](#)-[Fig. 4](#) dargestellten ersten Ausführungsbeispiel kann das zweite Ausführungsbeispiel einen Rahmen enthalten, der aus flexiblen oder verformbaren Material gebildet ist, beispielsweise um die Basis **12A** an die Form des Schädels eines Subjektes anzupassen, und kann ein Polster enthalten, das angrenzend an der Unterseite der Basis **12A** angeordnet ist, um ein zusätzliches Maß an Komfort für ein Subjekt zu erzielen. Zusätzlich kann die Vorrichtung ein Schild oder eine Abschirmung enthalten, welche die magnetischen Felder des Ansatzes **14A** sperrt oder blockiert.

[0086] Wie bei dem in den [Fig. 1](#)-[Fig. 4](#) und [Fig. 8](#)-[Fig. 10](#) dargestellten Ausführungsbeispiel können die Bestandteile der Basis **12A** und des Ansatzes **14A** eine elektrische Spule bilden, entweder durch Verwendung von Rahmenelementen, die als elektrische Wandler gebildet sind, oder durch Zuordnen eines Wandlers (wie einen Draht) an den Rahmen (beispielsweise wie in [Fig. 5](#) dargestellt und oben beschrieben). Der Ansatzabschnitt **14A** stellt eine Rückleitung für die Elektrizität zur Verfügung, die durch die Basis **12A** fließt. Wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel ([Fig. 1](#)-[Fig. 4](#)) führt der Ansatzabschnitt **14A** dieses zweiten Ausführungsbeispiels elektrische Ströme, die durch die Rückleitungen weg von dem Subjekt fließen, um deren elektrischen Effekt auf die Körpergewebe des Subjektes zu reduzieren. Bei Ausführungsbeispielen, wo die Spule eine Windung oder mehrere Windungen eines elektrisch leitenden Materials umfaßt (beispielsweise Metallband oder Drähte), können der Draht und die Rahmenelemente die in [Fig. 5](#) dargestellte Ausbildung darstellen.

[0087] Die oben beschriebene Vorrichtung kann auf unterschiedlichen Wegen verwendet werden. Die Vorrichtung erzeugt ein zeitvarierendes magnetisches Feld, das im Stande ist, in den Schädel eines Objektes einzudringen und das wiederum ein elektrisches Feld innerhalb des Gehirns induzieren kann. Diese induzierten elektrischen Felder können solche leitenden Gewebe stimulieren.

[0088] Beispielsweise ist die Vorrichtung im Stande, ein Neuron innerhalb des Gehirns zu depolarisieren.

[0089] Die Vorrichtung kann bei jedem geeigneten Subjekt verwendet werden. Beispielsweise kann die Vorrichtung bei Menschen zur Behandlung oder zur Untersuchung von bestimmten physiologischen Zuständen wie neurophysiologische oder kardiovaskulare Zustände verwendet werden oder für die Untersuchung der Physiologie des Körpers. Die Vorrichtung kann auch in ähnlichen Arten bei anderen Arten von Lebewesen, ein-

schließlich Säugetieren, so wie Hunden, Katzen, Nagern oder Primaten verwendet werden.

[0090] Da magnetische Stimulation den Blutfluß ändert, kann die Vorrichtung zur Untersuchung oder Behandlung kardiovaskularer Zustände in verschiedenen Geweben eines Körpers eines Subjektes verwendet werden. Beispielsweise kann die in [Fig. 1](#) dargestellte Vorrichtung bei TMS-Anwendungen verwendet werden, um den Blutfluß durch das Gehirn eines Subjektes zu überwachen oder zu regulieren, so wie ein Subjekt, das gefährdet ist, einen Schlaganfall zu erleiden. Zusätzlich kann die Vorrichtung verwendet werden, um den Blutfluß während einer Reperfusion, die einem kardiovaskulären Vorfall, so wie ein Schlaganfall oder eine andere Blockade eines Blutgefäßes, folgt, zu überwachen oder regulieren.

[0091] Diese Vorrichtung kann verwendet werden, um einen neurophysiologischen Zustand zu untersuchen oder zu behandeln, der mit den tiefen Bereichen des Gehirns verbunden ist. Ein "neurophysiologischer Zustand" kann ein pathologischer neurophysiologischer Zustand oder eine neurophysiologische Funktionsstörung sein, so wie (aber nicht eingeschränkt auf): klinische Depression, nichtklinische Depression, Dysthymie, bipolare Funktionsstörung, Drogenabhängigkeit, Drogenmißbrauch, Angstfunktionsstörungen, Zwangsnerven oder Parkinsonsche Krankheit. Die Vorrichtung ist auch nützlich zur Behandlung von Abhängigkeiten, so wie Drogenabhängigkeit, oder Substanzmißbrauch, so wie Alkoholismus.

[0092] Der tiefe Bereich des Gehirns enthält den Nucleus Accumbens und kann andere Strukturen sowie das ventrale Tegmentum, den Mandelkern und den medialen, präfrontalen und eingulären Kortex aufweisen. Der präfrontale und der einguläre Kortex sind mit dem Nucleus Accumbens durch dichte neuronale Fasern verbunden, und diese Fasern sind bekannt, eine wichtige neurophysiologische Rolle bei Substanzmißbrauch und Drogenabhängigkeit zu spielen. Daher ist die Stimulation dieser dichten neuronalen Fasern ein Weg, um die Vorrichtung zu verwenden, um solche neurophysiologischen Zustände zu behandeln.

[0093] Der Fokus des durch die Vorrichtungsspule erzeugten magnetischen Feldes kann durch Änderung der Basis geändert werden. Beispielsweise wird das magnetische Feld, wenn die Breite der Basis verengt wird, enger, so daß ein engerer Bereich des Gewebes stimuliert wird. Zusätzlich wird eine Verengung der Breite der Basis die Tiefe des durch die Spule erzeugten Feldes verringern. Daher kann eine ausreichend fokussierte Spule ausgewählte Bereiche des Körpers stimulieren. Beispielsweise ist die in den [Fig. 1-Fig. 5](#) aufgenommene und entsprechend angeordnete Spule im Stande, tiefe Bereiche des Gehirns und den koronalen Abschnitt unter der Basis zu stimulieren, aber sie würde nicht die vorderen oder Hinterhauptslappen des Gehirns stimulieren. Wenn die Spule jedoch an einen unterschiedlichen Abschnitt eines Schädels eines Subjekts angeordnet wurde (beispielsweise an der Basis des Schädels, hinter dem Kopf des Subjektes gewickelt), dann kann ein unterschiedlicher Teil des Gehirns stimuliert werden (beispielsweise der Hinterhauptslappen).

[0094] Die Vorrichtung kann auch verwendet werden, um zu identifizieren, daß ein Subjekt an einem neurophysiologischen Zustand leidet oder riskiert zu leiden durch Bereitstellen einer elektrisch leitenden Spule wie oben beschrieben (das heißt mit einer teilweise torusförmigen oder eiförmigen Basis mit einer konkaven ersten Seite, die zu dem Schädel des Subjektes zu richten ist); Anordnen der Spule Außen an dem Schädel des Subjektes; elektrisches Verbinden einer Versorgungsspannung mit der Spule; und Aktivieren der Spule, um den tiefen Bereich des Gehirns des Subjektes zu stimulieren.

[0095] Die Vorrichtung kann auch verwendet werden zur Behandlung eines neurophysiologischen Zustandes durch Identifizieren eines Subjektes, das an einem neurophysiologischen Zustand leidet und Bereitstellen einer elektrisch leitenden Spule (wie oben beschrieben). Die Spule wird außen an dem Schädel des Subjektes angeordnet und aktiviert, um die tiefen Bereiche des Gehirns des Subjektes zu stimulieren. Bei besonderen Ausführungsbeispielen weist die Spule einen teilweise torusförmigen oder eiförmigen Basisabschnitt mit einer konkaven ersten Seite auf, die zu einem Körperteil eines Subjektes zu richten ist, und weist einen Ansatzabschnitt auf, der nach Außen von einer zweiten Seite hervorsteht, die der ersten Seite gegenüberliegt. Bei alternativen Ausführungsbeispielen weist die Spule einen Basisabschnitt und einen Ansatzabschnitt auf, wobei der Ansatzabschnitt ein radial verlängertes Ansatzelement aufweist.

[0096] Ein anderes Verfahren zur Verwendung umfaßt eine Identifizierung eines Subjektes; Bereitstellen einer elektrisch leitenden Spule wie oben beschrieben; Anordnen der Spule Außen an dem Schädel des Subjektes; elektrisches Verbinden einer Versorgungsspannung mit der Spule; Aktivieren der Spule, um den tiefen Bereich des Gehirns des Subjektes zu stimulieren; und Lokalisieren sowie Charakterisieren einer Gehirnfunktion. Beispielsweise könnte die Spule in Kombination mit Gehirnbildgebung verwendet werden, so wie magnetische Resonanzbildgebung (MRI) oder Positronemissionstomographie (PET), um den Effekt der Stimulation des tiefen Gehirns auf andere Bereiche des Gehirns zu untersuchen. Zusätzlich kann das Subjekt dazu ange-

führt werden, einige Aufgaben auszuführen, einschließlich (aber nicht begrenzt auf) Sprechen, Lesen, Schreiben oder Schlafen. Beispielsweise kann das Subjekt angeleitet werden, ein bestimmtes Körperteil zu bewegen, so wie einen Arm oder ein Bein, um die relevanten neuronalen Schaltkreise in dem Gehirn zu untersuchen. Bei einem anderen Beispiel kann das Subjekt dazu angeleitet werden, auf unterschiedliche Intensitäten von Licht oder unterschiedliche Schatten zu schauen, um die neuronalen Schaltkreise des Gehirns, die der Sehkraft zugeordnet sind, zu untersuchen. Zusätzlich kann das Subjekt angewiesen werden, einige mathematische Aufgaben auszuführen, um höhere Gehirnfunktionen zu untersuchen. Als ein anderes Beispiel kann die Spule in Verbindung mit Gehirnbildgebung verwendet werden, um die Effekte von persönlichen spirituellen Praktiken, so wie Yoga, Meditation oder Gebet zu untersuchen.

[0097] Ein weiteres Verfahren zur Verwendung umfaßt eine nichtinvasive Stimulation eines Gehirns eines Subjektes. "Nichtinvasiv" bedeutet, daß das Gehirn des Subjektes, einschließlich der tiefen Bereiche des Gehirns, mit der Vorrichtungsspule stimuliert werden kann, die Außen auf dem Schädel des Subjektes angeordnet wird. Mit anderen Worten kann das Gehirn des Subjekts, einschließlich der tiefen Bereiche des Gehirns, stimuliert werden, ohne ein Anordnen der Spule in eine Öffnung des Kopfes des Subjektes, so wie den Mund, oder Einführen der Spule in den Schädel eines Subjektes über ein chirurgisches Verfahren.

[0098] Bei einigen Verfahren der Anwendung wird dem Subjekt eine Serie von elektromagnetischen Pulsen zugeführt. Individuelle Pulse, die von ungefähr 50 bis ungefähr 2.000 Mikrosekunden dauern, werden durch die Spule erzeugt, und die Pulslänge kann gemäß den verschiedenen Faktoren, einschließlich (aber nicht eingeschränkt auf) des bestimmten Spulenaufbaus oder der Form oder des physiologischen Zustands des Objektes, geändert werden.

[0099] Ein Dauer von ungefähr 1.000 Mikrosekunden ist im Stande, Nervengewebe zu stimulieren.

[0100] Die Serie kann eine geeignete Anzahl von individuellen Pulsen umfassen, die über einen bestimmten Zeitraum zugeführt werden. Bei einigen Verfahren wird eine Serie von ungefähr 1 bis ungefähr 100 Pulsen zugeführt. Bestimmte Verfahren verwenden eine Anzahl von Pulsen in einem bestimmten Bereich, so wie geringer als 100, geringer als 75, geringer 25, oder 25 bis 50, 10 bis 75, 5 bis 100, 5 bis 25, 25 bis 75, oder 75 bis 100. Alternative Verfahren verwenden eine bestimmte Anzahl von Pulsen, so wie 75, 60, 50, 40, 25, 10, 5, 1 oder jede von 1 bis 100.

[0101] Die Pulse können in der Frequenz sowie in ihrer Anzahl variieren. Bestimmte Verfahren verwenden einen Frequenzbereich von ungefähr 1 bis ungefähr 100 Hz, während andere Verfahren Pulse von ungefähr 5 bis ungefähr 60 Hz verwenden, oder ganz besonders von ungefähr 20 bis ungefähr 30 Hz. Zusätzlich können Pulse innerhalb der Pulsserie mit verschiedenen Frequenzen zugeführt werden.

[0102] Bei einigen Verwendungsverfahren können zwei oder mehrere Stimulatorkanäle mit der Spule verbunden werden, die Pulse mit kurzen Intervallen erzeugen. Bei solchen Verfahren kann das Zwischenpulsintervall eine Millisekunde oder länger in Dauer sein. Die Verwendung von Mehrfachstimulatorkanälen kann auch unterschiedliche Stimulation des Gehirns unter Verwendung von unterschiedlichen Intensitäten oder Frequenzen zur Stimulierung von unterschiedlichen Bereichen des Gehirns ermöglichen.

[0103] Die Pulsserie kann während eines bestimmten Zeitraums zugeführt werden, so wie von ungefähr 1 bis ungefähr 120 Sekunden. Bestimmte Verfahren umfassen ein Zuführen der Serie von elektromagnetischen Pulsen während eines Zeitraums von ungefähr 2 bis ungefähr 60 Sekunden, oder ganz besonders eines Zeitraums von ungefähr 20 bis ungefähr 30 Sekunden. Die Verzögerung zwischen den Pulsen kann variieren, aber bestimmte Verfahren verwenden Verzögerungen von ähnlicher Dauer.

[0104] Verfahren zur Behandlung oder Untersuchung eines bestimmten Zustands eines Subjektes können auch eine Zuführung einer Serie (oder einer Mehrfachserie) von elektromagnetischen Pulsen während einer Sitzung umfassen. Die gesamte Behandlung oder Untersuchung kann über einen unbestimmten Zeitraum durchgeführt werden, oder kann eine bestimmte Anzahl von Sitzungen umfassen, so wie von ungefähr 1 Sitzung bis ungefähr 30 Sitzungen, über einen bestimmten Zeitraum, so wie von 1 Woche bis 8 Wochen, 2 bis 7 Wochen, 3 bis 6 Wochen, 4 bis 5 Wochen, oder weniger als eine Woche oder länger als 8 Wochen. Alternative Verfahren verwenden eine einzelne Sitzung.

[0105] Eine Vielzahl von Serien kann eine Pause zwischen den einzelnen Serien aufweisen. Bestimmte Verfahren weisen eine Pause von ungefähr 5 bis ungefähr 240 Sekunden, von ungefähr 20 bis ungefähr 180 Sekunden oder von ungefähr 60 bis 120 Sekunden auf. Bei einem nichteinschränkenden Beispiel kann eine Viel-

zahl von Serien elektromagnetischer Pulse in der folgenden Weise zugeführt werden: eine Serie von 50 Pulsen über 60 Sekunden; eine Pause von 40 Sekunden; eine Serie von 20 Pulsen über 120 Sekunden; eine Pause von 30 Sekunden; eine Serie von 30 Pulsen über 60 Sekunden; eine Pause von 10 Sekunden; eine Serie von 30 Pulsen über 90 Sekunden.

[0106] Wenn das Subjekt an einem bestimmten Zustand leidet, wie einem neurophysiologischen Zustand, dann können die Sitzungen andauern, bis eine klinische Verbesserung auftritt. Beispielsweise kann das Subjekt ein Mensch sein, der an klinischer Depression leidet, und die Behandlung kann andauern, bis das Subjekt nicht länger an klinischer Depression leidet. Bei einem anderen Beispiel kann das Subjekt ein Mensch sein, der an Drogenabhängigkeit leidet, und die Behandlung kann für eine bestimmte Anzahl von Sitzungen andauern, bis die Person ihr Verlangen nach Drogen bewältigen kann.

[0107] Die Anzahl von Pulsen, Serienlängen und Pausen kann gemäß den verschiedenen Faktoren einschließlich (aber nicht eingeschränkt auf) des physiologischen Zustands des Subjekts, der Charakteristika des Subjekts, des Zustands, der behandelt oder untersucht wird, des Aufbaus der Spule, der Art des Generators oder der Spannungsversorgung, die verwendet wird, um die elektromagnetischen Pulse zu erzeugen, oder der Anzahl der verwendeten Generatoren oder Versorgungsspannungen, variiert werden.

BEISPIELE

[0108] Die folgenden Beispiele werden bereitgestellt, um bestimmte Merkmale der vorliegenden Erfindung darzustellen. Der Bereich der vorliegenden Erfindung ist aber nicht auf die durch diese Beispiele dargestellten Merkmale eingeschränkt.

Beispiel 1 – Betrachtungen für eine Spule für transkranielle magnetische Stimulation

[0109] Um eine TMS-Spule für eine Stimulation von tiefen Gehirnbereichen zu entwickeln, wurden mehrere Faktoren betrachtet. Für eine TMS-Stimulation sollte ein kurzer, aber starker Strom durch eine Spule aus Draht geleitet werden, wobei ein zeitabhängiges magnetisches Feld (B) erzeugt wird. Ein elektrisches Feld (E) wird an jedem Punkt innerhalb des magnetischen Feldes (B) erzeugt, wobei das elektrische Feld (E) eine Richtung senkrecht zu dem magnetischen Feld (B) aufweist und proportional zu der Zeitraten der Änderung des Vektorpotentials ($A(r)$) ist. Das durch das magnetische Feld (B) induzierte elektrische Feld (E) induziert ein Aktionspotential in erregbaren neuronalen Zellen, welches wiederum in einer Aktivierung der neuronalen Schaltkreise resultiert, wenn ein elektrisches Feld (E) über einer bestimmten Schwelle erzeugt wird. Die resultierenden induzierten elektrischen Ströme sind proportional zu der Amplitude des elektrischen Feldes (E).

[0110] Das Vektorpotential $A(r)$ an der Position r steht in Beziehung zum Strom I in einem Draht (1) durch den Ausdruck:

$$A(r) = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{dl'}{|r-r'|} \quad (1)$$

wobei $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Tm/A die Permeabilität des freien Raumes ist, T Tesla ist, m Meter ist und A Ampere ist. Das Integral von dl' ist über den Drahtweg, wobei dl' ein Element des Drahtes ist und r' ein Vektor ist, der die Position des Drahtelements anzeigt.

[0111] Das magnetische Feld und das elektrische Feld, die von dem Strom in dem Draht (B_A bzw. E_A) resultieren, hängen mit dem Vektorpotential (A) durch die Ausdrücke zusammen:

$$B_A = \nabla \times A(r) \quad (2)$$

wobei $\nabla \times$ die Rotation ist und:

$$E_A = - \frac{\partial A(r)}{\partial t} \quad (3)$$

wobei t die Zeit ist.

[0112] Mit diesen Gleichungen ist der Strom (I) nur eine Variable, die sich über die Zeit ändert. Somit kann das elektrische Feld E_A beschrieben werden als:

$$\mathbf{E}_A = \frac{\mu_0}{4\pi\partial t} \int \frac{d\mathbf{l}'}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|} = C \int \frac{d\mathbf{l}'}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}'|} . \quad (4)$$

mit

$$C = \frac{\mu_0 \partial I}{4\pi \partial t}$$

[0113] Da das Gewebe des Gehirns Leitungseigenschaften aufweist, während die Luft und der Schädel nahezu vollständige Isolatoren sind, wird das Vektorpotential eine Anhäufung von elektrischer Ladung an der Gehirnoberfläche induzieren. Diese Oberflächenladung (E_ϕ) ist eine andere Quelle für das elektrische Feld (E) und kann ausgedrückt werden als:

$$E_\phi = -\nabla\Phi$$

wobei ∇ die Divergenz und ϕ das Skalarpotential ist, das durch die elektrostatische Aufladung der Oberfläche erzeugt wird.

[0114] Das gesamte elektrische Feld in dem Gehirngewebe (E) ist eine Vektorsumme dieser zwei Felder:

$$E = E_A + E_\phi \quad (6)$$

[0115] Das elektrostatische Feld der Oberfläche (E_ϕ) ist im allgemeinen entgegengesetzt zu dem induzierten Feld (E_A). Da die Stärke des elektrostatischen Feldes (E_ϕ) ansteigt, fällt demnach die Stärke des gesamten Feldes (E). Die Menge der erzeugten Oberflächenladung (und somit der Betrag von E_ϕ) steht jedoch in Beziehung zu der Spulenausrichtung.

[0116] Wenn ein elektrisches Feld (E) durch eine Spule, die an dem Äußeren des Schädels angeordnet ist, erzeugt wird, werden bestimmte Teile des Feldes parallel oder tangential an dem Schädel des Subjektes anliegen, während andere Teile des elektrischen Feldes (E) senkrecht zu dem Schädel des Subjektes liegen werden. Die senkrechten Bestandteile werden eine Oberflächenladung (E_ϕ) an der Oberfläche des Gehirns induzieren. Wenn der Betrag der Oberflächenladung (E_ϕ) ansteigt, verringern sich die Beträge der senkrechten Teile des elektrischen Feldes (E). Eine ausreichend große Oberflächenladung (E_ϕ) würde die senkrechten Teile des Feldes vollständig auslöschen, so daß nur die parallelen Teile des gesamten Feldes (E) verbleiben würden (vergleiche Tofts, P.S., Phys. Med Biol., 35:1119-28 (1990); Tofts, P.S. und Branston, N.M., Electroencephal. Clin. Neurophysiol., 81:238-9 (1991)). Diese Auslösung der senkrechten Teile des Feldes ist eine direkte Konsequenz der Maxwell-Gleichungen mit den geeigneten Randbedingungen.

[0117] Wenn eine Oberflächenladung (E_ϕ) existiert, werden die parallelen Bestandteile des gesamten elektrischen Feldes (E), die durch eine Spule erzeugt werden, die Außen an dem Schädel angeordnet wird, innerhalb des Gewebes in der Stärke verringert. Beispielsweise wurde es berichtet, daß für ein einfaches Modell eines Gehirns als ein flacher homogener Volumenleiter das Oberflächenfeld die Stärke des gesamten Feldes um 42% entlang einer Linie senkrecht zu der Oberfläche und den Mittelpunkt der Spule durchlaufend reduzieren kann, was von einer kreisförmigen Spule, die senkrecht zu dem Gewebe angeordnet ist, resultiert (das heißt, die Spule ist an deren Kante gegen das Gewebe angeordnet) (vergleiche Roth, B.J., et al., Muscle Nerve [Muskelnerv], 13:734-41 (1990); Tofts, P.S. und Branston, N.M., Electroencephal. Clin. Neurophysiol., 81:238-9 (1991)).

[0118] Wenn somit das durch eine Spule erzeugte senkrechte Feld ansteigt, wird mehr Oberflächenladung induziert, so daß das gesamte elektrische Feld in dem Gewebe vermindert wird. Daher erzeugen Spulen, die im Stande sind, tiefe Bereiche des Gehirns zu stimulieren, signifikante Feldstärken in Richtungen parallel zu der Oberfläche mit reduzierten senkrechten Bestandteilen des induzierten Feldes. Das in den [Fig. 1-Fig. 5](#) dargestellte Ausführungsbeispiel leistet diese Gegenstände durch Verwendung einer im wesentlichen torusförmigen oder eiförmigen Basis, wobei die Spulenabschnitte entlang der Längsachse und der Breitenachse der Basis parallel zu dem Schädel des menschlichen Subjektes liegen.

Beispiel 2 – Vergleich mit bekannten Spulenausbildung

[0119] Eine nach der vorliegenden Erfindung und unter den Betrachtungen nach Beispiel 1 erzeugte Spule

wird mit erhältlichen bekannten Spulen hinsichtlich deren Eignung für die Aktivierung von tiefen Bereichen des Gehirns verglichen.

[0120] Bekannte Spulen können kortikale oder periphere Nerven stimulieren, aber die durch solche bekannten Spulen induzierten elektrischen Felder verringern sich sehr schnell, wenn der Abstand von der Spule ansteigt. Beispielsweise wurde das durch eine bekannte kreisförmige Spule mit 9,2cm Durchmesser induzierte elektrische Feld unter Verwendung eines mit Salz gefüllten Volumenleiters gemessen. Die Spule wurde parallel zu der Oberfläche des Volumens angeordnet (das heißt, daß die Spule so flach wie möglich gegen das Volumen angeordnet wurde, anstatt ein Anordnen auf Kante gegen das Volumen). Vergleiche Maccabbe, P.J., et al., *Electroencephal. Clin. Neurophysiol.*, 76:131-41 (1990). Das bei einem Abstand von 2,5cm von der Spule induzierte Feld war geringer als 60% des Feldes, das bei einem Abstand von 0,5cm von der Spule induziert wurde. Darüber hinaus war das bei einem Abstand von 4,0cm von der Spule induzierte Feld geringer als 40% des Feldes, das bei einem Abstand von 0,5cm von der Spule induziert wurde (vergleiche siehe oben).

[0121] Für eine Spule in Form einer 8 fällt die Feldstärke schneller. Beispielsweise induzierte eine Spule in Form einer 8 mit zwei Ringen, jeder 4,8cm im Durchmesser und parallel zu der Leiteroberfläche (das heißt flach gegen die Leiteroberfläche) ausgerichtet, ein Feld bei 2,5cm von dem Spulenmittelpunkt, das ungefähr 30% des Feldes bei 0,5cm von dem Spulenmittelpunkt war (vergleiche siehe oben). Ähnliche Ergebnisse wurden bei mathematischen Berechnungen des induzierten elektrischen Feldes erhalten (vergleiche Cohen, L.G., et al., *Electroencephal. Clin. Neurophysiol.*, 75:350-7 (1990)). Während die Verwendung eines Feldes von kreisförmigen Spulen oder von Spulen in Form einer 8, die parallel zu dem Schädel angeordnet sind, in einigen Fällen die Fokalität des Feldes an dem Kortex verbessern kann, werden mehrfache Spulen diese Rate der Verringerung der Feldstärke mit ansteigendem Abstand von der Spule nicht entgegenwirken (vergleiche Ruhonen, J., und Ilmoniemi, R.J., *Med. Biol. Eng. Comput.*, 38:297-301 (1998)).

[0122] Ein Anordnen einer kreisförmigen Spule senkrecht zu einer Schädeloberfläche (das heißt Anordnen einer Spule auf Kante gegen den Schädel) kann einen erhöhten Prozentsatz an Feldstärke bei einer Tiefe ermöglichen, relativ zu der Feldstärke an der Oberfläche, im Vergleich zu einem Anordnen der Spule parallel zu der Schädeloberfläche (das heißt flach gegen die Schädeloberfläche) (Tofts, P.S., *Phys. Med. Biol.*, 35:1119-28 (1990); Tofts, P.S. und Branston, N.M., *Eletroencephal. Clin. Neurophysiol.*, 81:238-9 (1991)). Jedoch wird der absolute Betrag des Feldes, sowohl an der Oberfläche als auch in den tiefen Bereichen des Gehirns, wegen der Anhäufung der Ladung an der Oberfläche (wie in Beispiel 1 beschrieben) reduziert, da eine Spule, die senkrecht an der Schädeloberfläche angeordnet wird, ein Feld erzeugen wird, das größtenteils senkrecht zu der Schädeloberfläche ist, und somit eine größere Oberflächenladung (E_ϕ) erzeugt.

[0123] Eine andere Spule, die "verführerische Spule" [slinky coil] genannt wird, wird aus mehreren Windungen in einer Zwischenausrichtung zwischen einer Spule in Form einer 8 und einer kreisförmigen Spule ausgebildet (vergleiche Ren, C., et al., *IEEE Trans. Biomed. Engineering*, 42:918-25 (1995); Zimmermann, K.P., und Simpson, R.K., *Electroencephal. Clin. Neurophysiol.*, 101:145-52 (1996)). Wenn sie an der Oberfläche eines Schädels eines Subjektes angeordnet wird, kann die Slinky Spule einen größeren Feldbetrag und eine bessere Fokalität an der Gehirnoberfläche nahe dem Spulenmittelpunkt erzielen, aber wie die kreisförmige Spule und die Spule in Form einer 8 induziert die Slinky Spule im allgemeinen kein elektrisches Feld bei einem Abstand, das ausreichend ist, um tiefe Bereiche des Gehirns zu stimulieren.

[0124] Die Spule der vorliegenden Erfindung wurde mit anderen Spulen unter Verwendung von Computersimulationen der Verteilung des elektrischen Feldes in einem sphärischen Leiter verglichen. Diese Computersimulationen wurden unter Verwendung des Programms Mathematica (Wolfram, 1999) durchgeführt. Bei diesen Simulationen wurde der Schädel eines Subjektes als ein sphärischer homogener Volumenleiter mit einem Radius von 7cm modelliert. Das induzierte elektrische Feld (E_A) und das elektrostatische Oberflächenfeld (E_ϕ) an bestimmten Punkten innerhalb des sphärischen Volumens wurde für verschiedene Spulenausbildungen unter Verwendung des Verfahrens berechnet, das durch Eaton präsentiert wurde (Eaton, H., *Med. Biol. Engineering and Computing* [Med. Biol. Engineering und Berechnung], 30:433-40, (1992)).

[0125] Die Simulationen erbrachten, daß bei Spulenausbildungen mit senkrechten Strombestandteilen eine Anhäufung von Oberflächenladungen die gesamte Feldstärke verringert. Die Präsenz eines elektrostatischen Feldes der Oberfläche reduziert nicht die Gesamtfeldstärke an jedem Punkt, aber führt zu einer signifikanten Reduktion in der relativen Stärke des gesamten Feldes (relativ zu der Gesamtfeldstärke an der Oberfläche) mit ansteigendem Abstand.

[0126] [Fig. 6](#) ist eine grafische Darstellung der Feldstärken E (gemessen in V/m) für die z-Bestandteile des

induzierten elektrischen Feldes (Rechtecke) und des gesamten elektrischen Feldes (Dreiecke) für eine kreisförmige Spule mit einer Windung mit einem Durchmesser von $D = 5,5\text{cm}$, die senkrecht an dem Kopf angeordnet ist. Die z-Bestandteile des induzierten Feldes und des gesamten elektrischen Feldes sind die Bestandteile, die in einer Richtung tangential zu der Spule an deren Mittelpunkt liegen. Das elektrische Feld wurde in Volt/Meter gemessen, und die Rate der Stromänderungen bei allen Berechnungen wurde genommen als als $\partial I / \partial t = 10.000\text{Ampere}/100\text{ Mikrosekunden}$. Diese Bestandteile wurden als eine Funktion des Abstandes von der Spule entlang einer mittigen Linie senkrecht zu der Oberfläche aufgetragen, die durch den Mittelpunkt der Spule dringt.

[0127] Aus Vergleichszwecken stellt der Graph nach [Fig. 6](#) auch die z-Komponente des gesamten elektrischen Feldes dar, das durch eine einzelne Windung (Windung Nr. 5) der Spule erzeugt wird, die in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellt ist, bezeichnet als "Einstreifen"-Spule. Wie oben beschrieben, bezieht sich die z-Komponente auf die Bestandteile des elektrischen Feldes, die in einer Richtung tangential zu dem Streifen an dessen Mittelpunkt anliegen. Die Abschnitte der Einstreifenspule nahe der Oberfläche des Schädelns liegen im wesentlichen parallel zu der Oberfläche des Schädelns und somit wird eine geringe Oberflächenladung oder keine Oberflächenladung induziert. Somit stellt die gesamte Feldstärke die Stärke des induzierten Feldes größtenteils dar.

[0128] [Fig. 7](#) ist ein Graph, der die Feldstärke der Einstreifenspule mit der gesamten Spule, die in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellt ist, (das heißt alle 10 Windungen) vergleicht, und als "Hesed-Spule" bezeichnet ist, wobei jede Windung nur einen Draht aufweist. Wie durch diesen Graph dargestellt ist, kann diese Version der Hesed-Spule ein induziertes elektrisches Feld von ungefähr 60 V/m bei einem Abstand von 6cm von der Spule erzeugen, was die Schwelle des Aktivierungspotentials für Neuronen bei diesen Tiefen in dem Gehirn übertrifft. Ausführungsbeispiele der Hesed-Spule mit mehr Drähten in mehreren oder allen der Windungen können stärkere elektrische Felder bei solchen Abständen erzeugen.

Beispiel 3 – Analyse eines zweiten Ausführungsbeispiels

[0129] Ähnlich zu den Beispielen 1 und 2 wurde das in den [Fig. 8](#)-[Fig. 10](#) dargestellte zweite Ausführungsbeispiele der Spule auf dessen Leistungsfähigkeit analysiert, tiefe Bereiche des Gehirns zu stimulieren.

[0130] Theoretische Computerberechnungen wurden unter Verwendung des Programms Mathematica wie oben beschrieben ausgeführt, unter der Annahme einer leitenden Sphäre mit einem Radius von 7cm . Zusätzlich wurden Messungen eines Modells des menschlichen Schädelns (Durchschnittsdurchmesser: $15\text{cm} \times 18\text{cm} \times 23\text{cm}$), der aus Glas gebildet und mit einer Salzlösung gefüllt war, unter Verwendung eines Sensors zur Messung des elektrischen Felds in der Z-Richtung an unterschiedlichen Orten innerhalb des Schädelmodells ausgeführt. Für alle Messungen und Berechnungen wurde die Rate der Stromänderung mit $10.000\text{ Ampere}/100\text{ Mikrosekunden}$ genommen (was annähernd der maximale Leistungsausgang eines kommerziell erhältlichen elektrischen Standard-Stimulators ist). Das Feld ist in V/m beschrieben.

[0131] Nach den theoretischen Berechnungen wurde das maximale elektrische Feld innerhalb des Gehirns angrenzend an dem mittleren der querverlaufenden Elemente **260**, wie in [Fig. 8](#) dargestellt, gefunden. Diese theoretische Berechnung wurde durch Messungen an dem Gehirnmodell bestätigt. Da dieser Bereich das maximale elektrische Feld darstellt, wurde der Prozentsatz der Feldstärke bei verschiedenen Tiefen des Gehirns relativ zu diesem Ort gemessen. Unter Verwendung des Gehirnmodells wurde ein Sensor entlang einer Linie zwischen zwei Mittelpunkten der querverlaufenden Elemente **260** und **210** bewegt, und ähnliche Messungen wurden unter Verwendung des theoretischen Models genommen.

[0132] Wie in den [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) dargestellt ist, war das tatsächliche elektrische Feld, das in dem Gehirnmodell induziert wurde (bezeichnet als das "Phantomgehirn" in den [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) sowie dargestellt durch offene Kreisdarstellungen in den Graphen), leicht geringer im Vergleich zu den theoretischen Berechnungen (dargestellt als gefüllte Kreisdarstellungen in den Graphen). [Fig. 11](#) ist ein Graph, der die tatsächliche Feldstärke zeigt, während [Fig. 12](#) die Feldstärke zeigt, die als ein Prozentsatz des maximalen Feldes in dem Gehirnkortex ausgedrückt ist. Das maximale Feld in dem Gehirnkortex wurde bei 1 cm von dem querverlaufenden Element **260** gemessen, was als "Streifen 26" in [Fig. 12](#) identifiziert ist.

[0133] Die sehr leichten Abweichungen zwischen den theoretisch erwarteten Feldstärken bei bestimmten Abständen von der Spule und den tatsächlich gemessenen Feldstärken können von der Tatsache resultieren, daß die tatsächliche Spule, die verwendet wurde, keinen vollständig flexiblen Rahmen aufwies, und daher würden nicht alle der querverlaufenden Elemente **210**, **212**, **214...258**, **260** streng parallel an der Oberfläche des Mo-

delschädel angeordnet sein. Zusätzlich unterschied sich der verwendete Ansatzabschnitt der Vorrichtung von dem in den [Fig. 8–Fig. 10](#) dargestellten Ausführungsbeispiel durch engere Abstände zwischen angrenzenden verlängerten Elementen **110, 112, 114...158, 160**.

[0134] Theoretische Berechnungen des Effektes der Abschirmung der Rückleitungen des Ansatzabschnittes mit Metallstücken wurden ebenfalls ausgeführt (obwohl diese Messungen nicht mit dem bestehenden Modell gemacht wurden). Wie in den [Fig. 11–Fig. 12](#) dargestellt ist, kann ein Anordnen einer Metallabschirmung um die Rückleitung (das heißt um einige oder alle der Rahmenelemente, die den Ansatzabschnitt bilden) die magnetischen Felder eingrenzen, die durch diese Abschnitte der Spule induziert werden, und daher die Beeinflussung des elektrischen Feldes verringern, das durch den Basisabschnitt der Spule induziert wird. Des Weiteren zeigen diese Berechnungen, daß diese Abschirmung nicht nur das gesamte Feld, das irgendwo in dem Gehirn induziert wird, erhöht, sondern auch die Stärke des Feldes an bestimmten Tiefen relativ zu den Oberflächenfeldstärken in dem Kortex des Gehirns erhöht.

[0135] Während die Erfindung in Verbindung mit mindestens zwei Ausführungsbeispielen beschrieben wurde, ist der Bereich der vorliegenden Erfindung durch die Ansprüche definiert.

Patentansprüche

1. Ein magnetischer Stimulator (**11; 11a**) zum externen Anordnen auf dem Schädel eines Subjekts und betriebsbereit, um Ströme in dem Körper zu induzieren, mit:
einer elektrisch leitenden Spule umfassend einen Basisabschnitt (**12; 12a**) und einem Ansatzabschnitt (**14; 14a**), wobei der Basisabschnitt eine Breitenachse und eine Längsnachse aufweist und eine konkave erste Seite (**19**), die komplementär zu dem Schädel eines Subjekts ausgebildet ist, wobei der Ansatzabschnitt von der gegenüberliegenden Seite der konkaven ersten Seite des Basisabschnitts nach außen hervorragt, wobei die Spule in dem Basisabschnitt Elemente (**1, 2...10; 210, 212...258, 260**) umfaßt, die beabstandet und quer zu der Längsnachse verlaufen, so daß ein Stromfluß in diesen Elementen im wesentlichen in derselben Richtung ist.
2. Magnetischer Stimulator nach Anspruch 1, wobei die Basis eine teilweise toroidale oder eiförmige Basis ist, und im wesentlichen entlang derer Längsnachse bogenförmig ausgebildet ist und im wesentlichen entlang derer Breitenachse bogenförmig ausgebildet ist.
3. Magnetischer Stimulator nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Basis vielfache sich longitudinal erstreckende und seitlich beabstandete Rahmenelemente umfaßt.
4. Magnetischer Stimulator nach Anspruch 3, wobei mindestens zwei der sich longitudinal erstreckenden und seitlich beabstandeten Rahmenelemente im wesentlichen nicht parallel ausgerichtet sind.
5. Magnetischer Stimulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Ansatzabschnitt relativ zu der Basis außermittig angeordnet ist.
6. Magnetischer Stimulator nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die Basis eine Bogenlänge entlang der Längsnachse von 10 bis 50cm, vorzugsweise von 20 bis 30cm aufweist.
7. Magnetischer Stimulator nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei die Basis eine Bogenlänge entlang der Breitenachse in einem Bereich von 2 bis 15cm aufweist, vorzugsweise weist die Basis eine Bogenlänge entlang der Breitenachse von 5cm auf.
8. Magnetischer Stimulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, des Weiteren enthaltend eine Abschirmung, die zumindest teilweise den Ansatzabschnitt einschließt.
9. Magnetischer Stimulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, des Weiteren enthaltend eine Spannungsversorgung, die elektrisch mit der Spule verbunden ist.
10. Magnetischer Stimulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Spule eine Vielzahl von Windungen umfaßt.
11. Magnetischer Stimulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, des Weiteren umfassend ein Polster, das mit dem Basisabschnitt gekoppelt ist.

DE 601 25 963 T2 2007.10.18

12. Magnetischer Stimulator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die quer verlaufenden Elemente bogenförmig und beabstandet sind, beispielsweise von 1mm bis 5cm.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

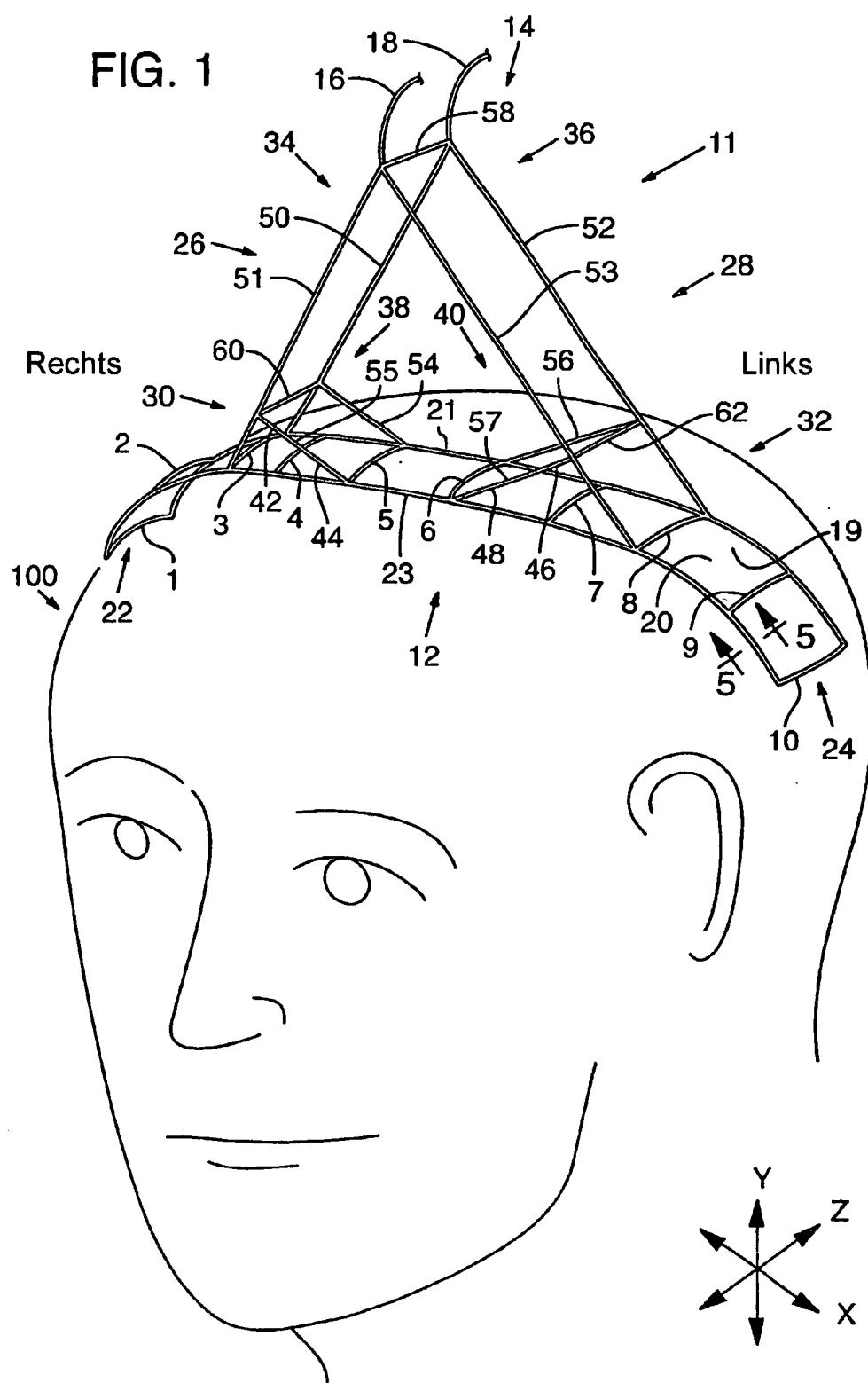


FIG. 2

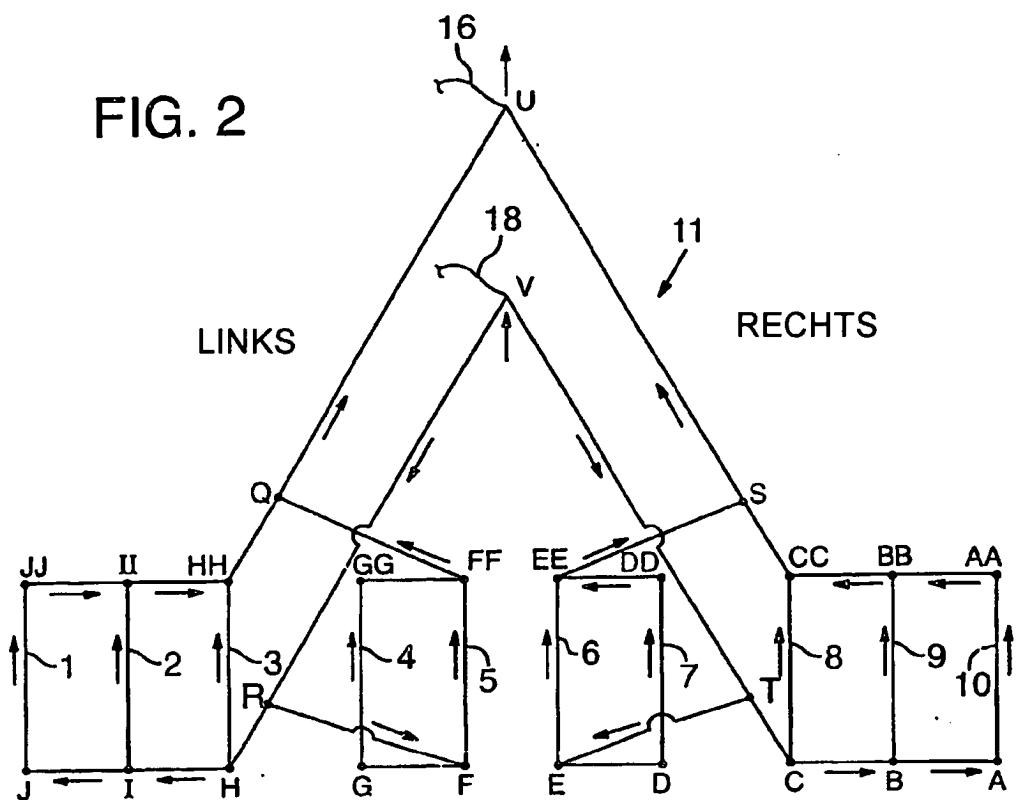


FIG. 5

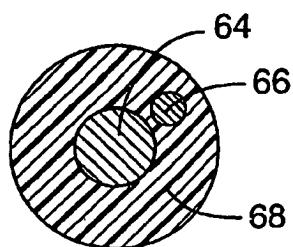


FIG. 3

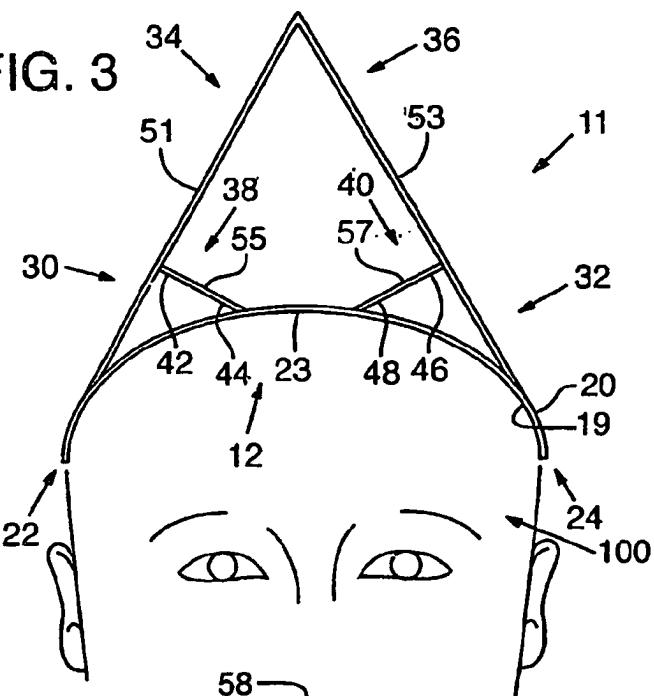
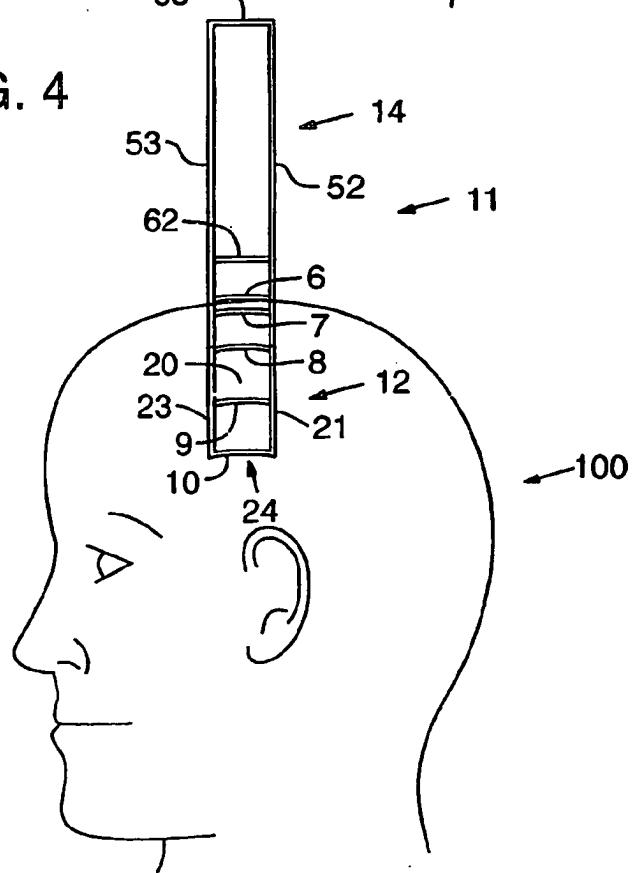


FIG. 4



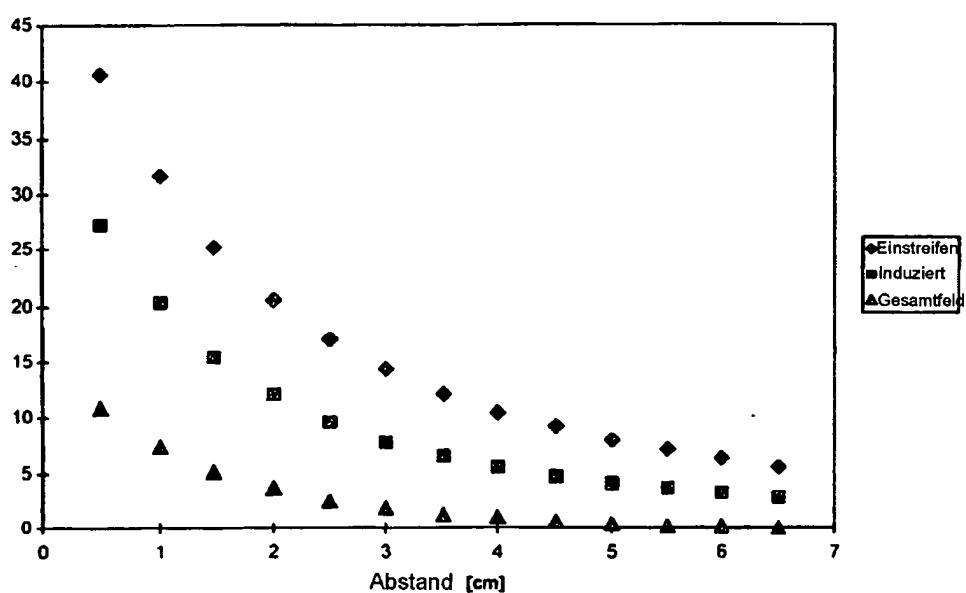


FIG. 6

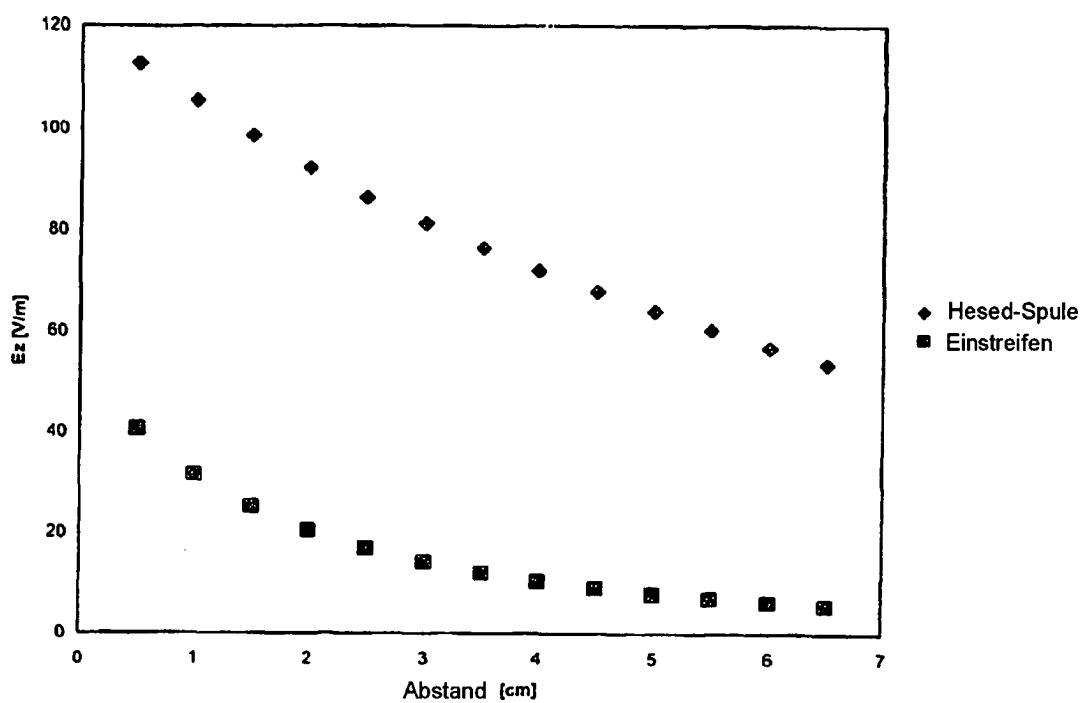


FIG. 7

FIG. 8

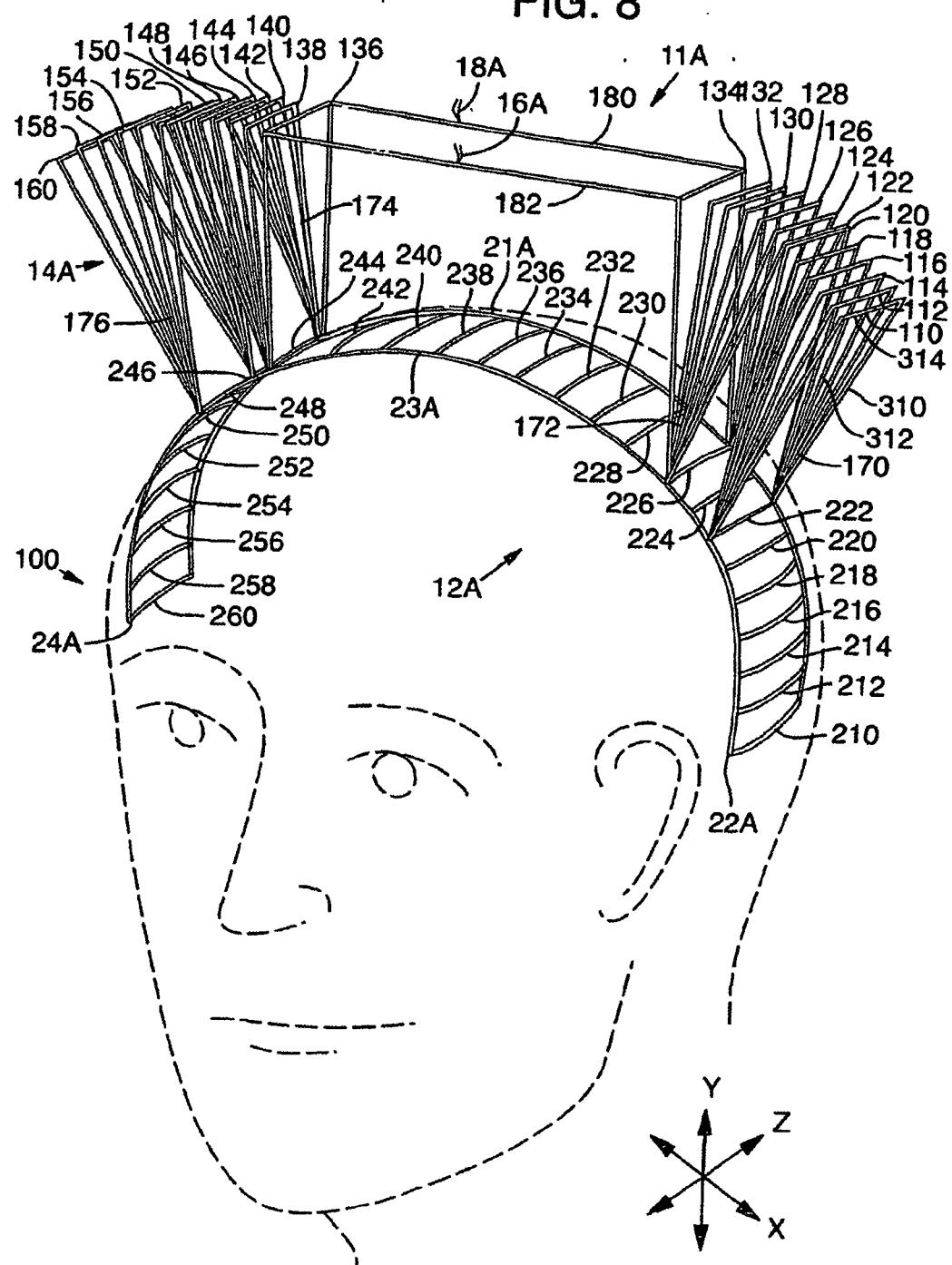


FIG. 9

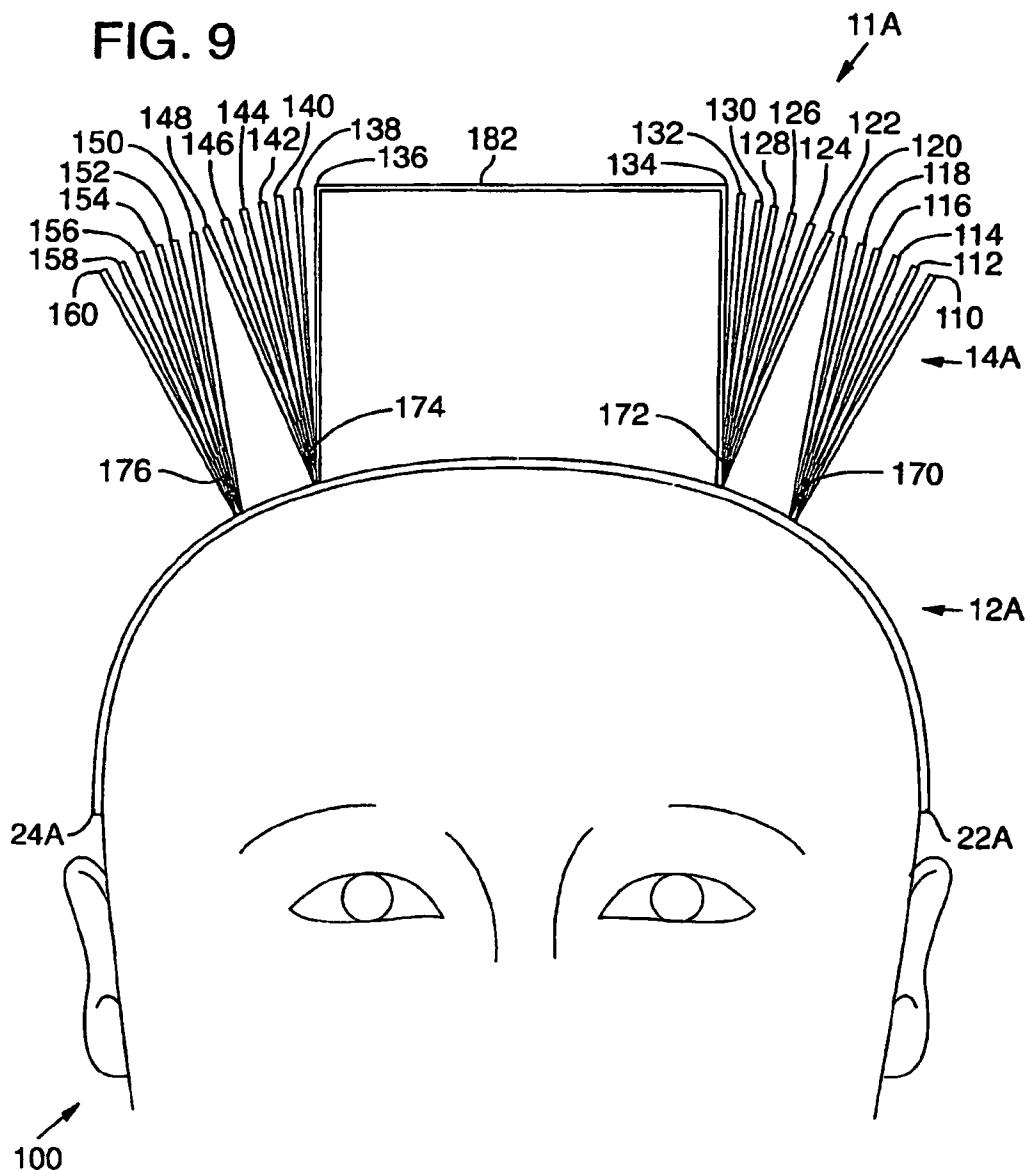


FIG. 10

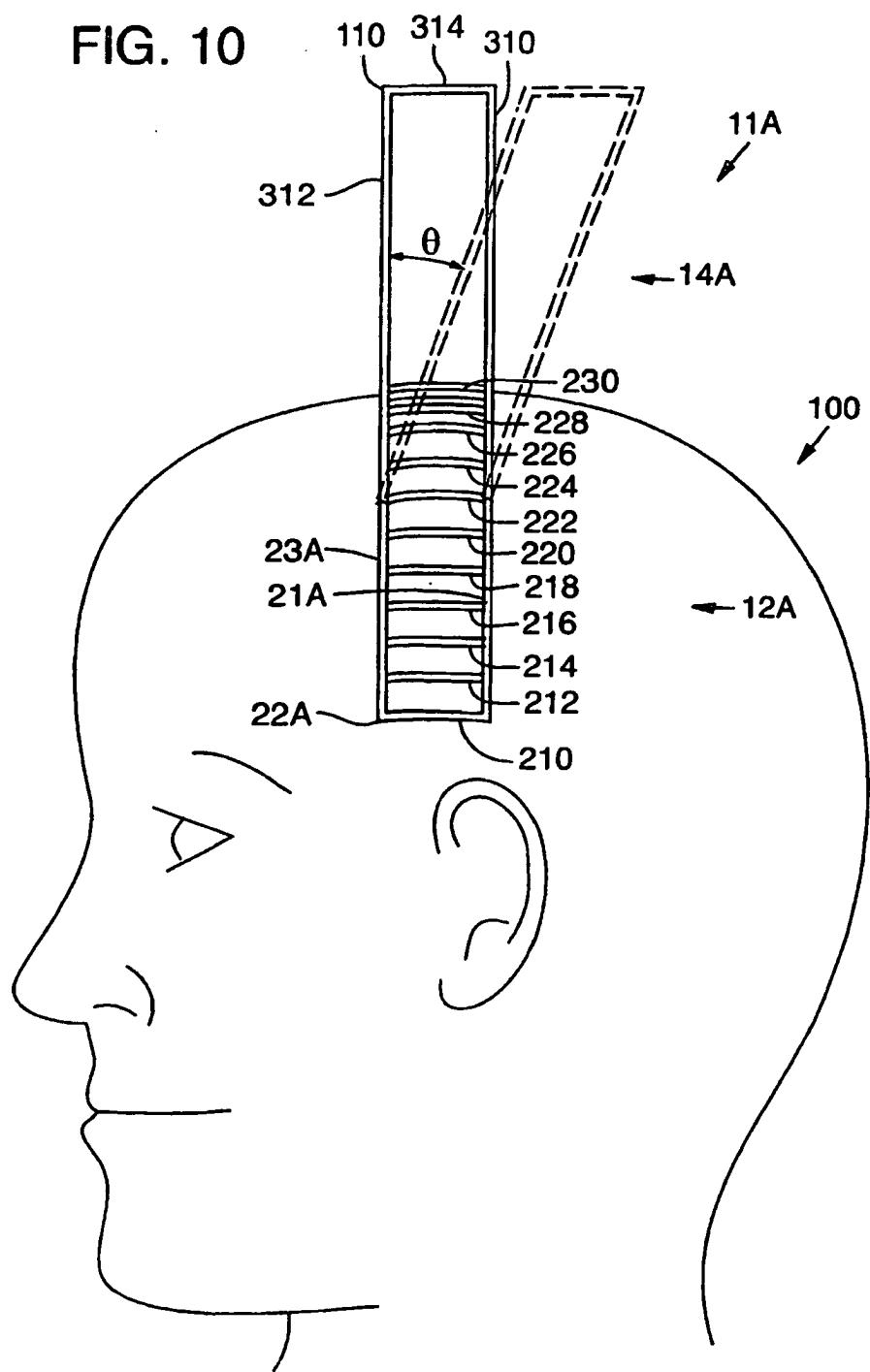
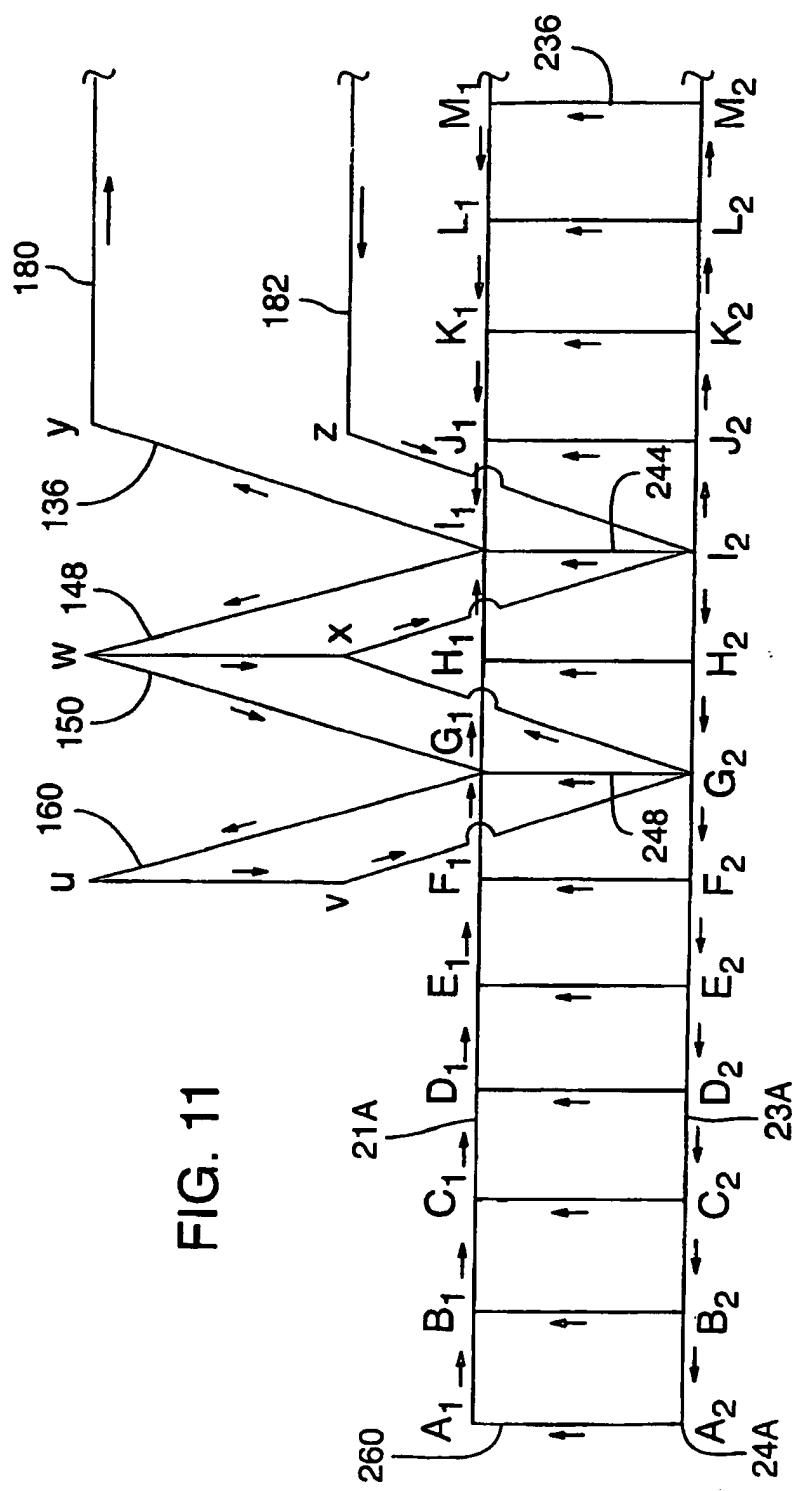


FIG. 11



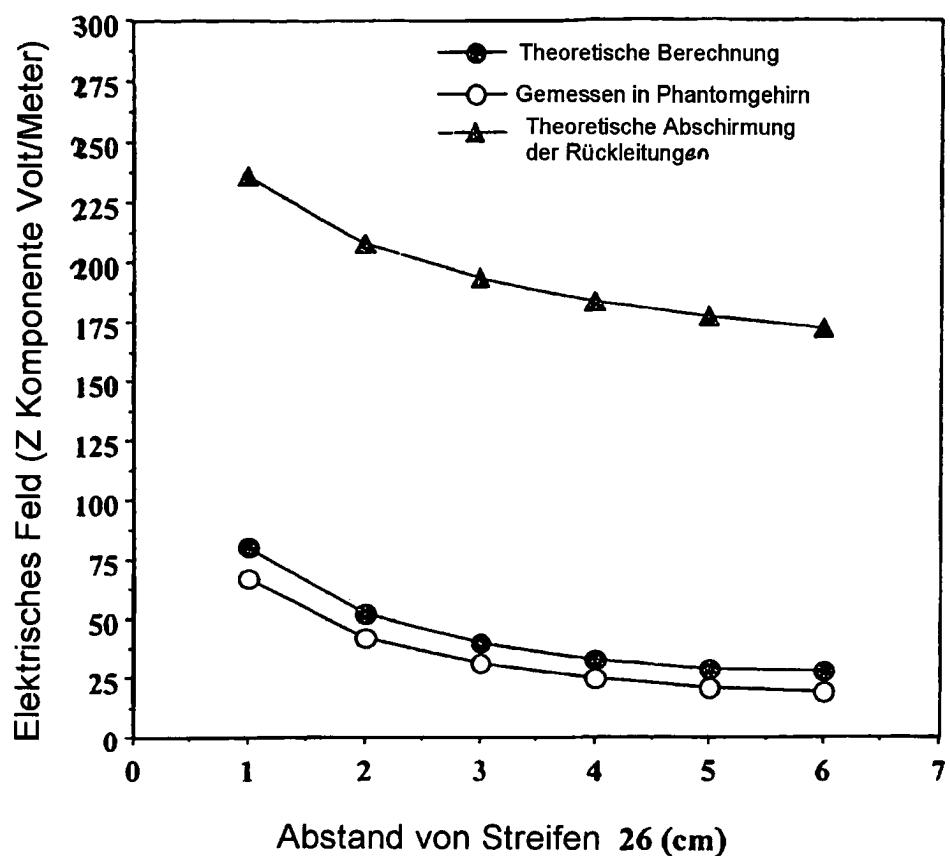


FIG. 12

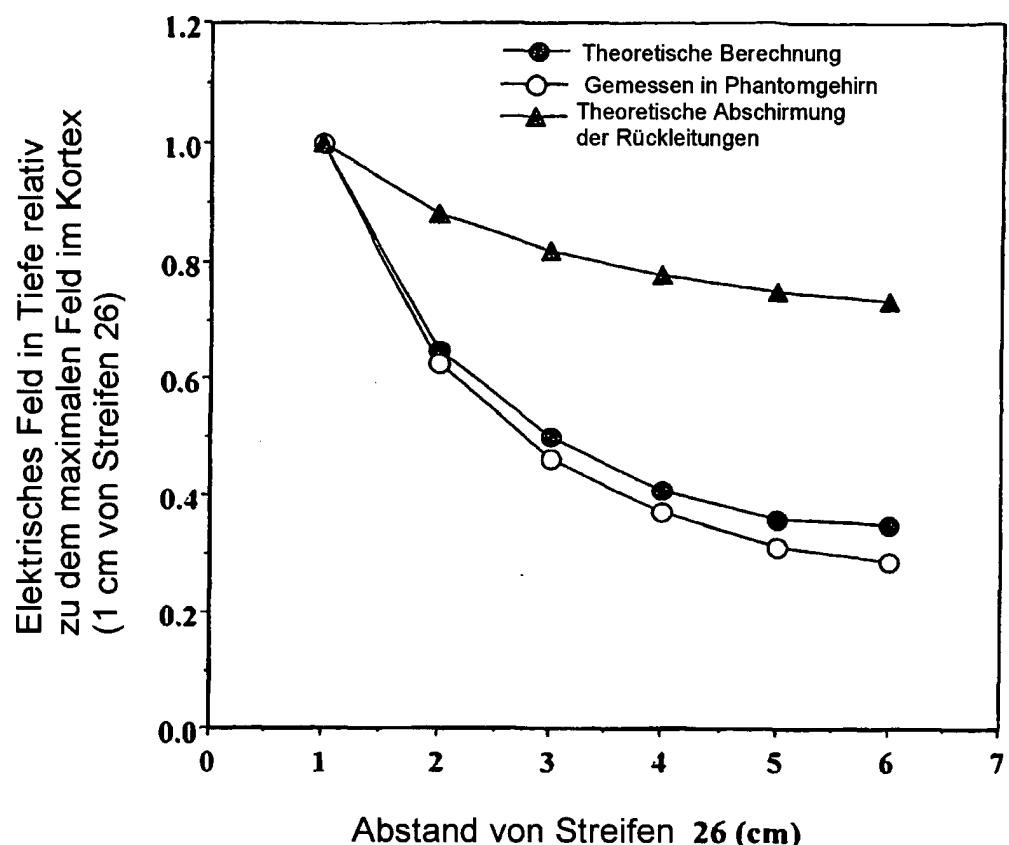


Fig. 13