

SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 697 642 B1

(51) Int. Cl.: H01F 21/08 (2006.01)  
H01F 29/14 (2006.01)

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 01010/07

(22) Anmeldedatum: 25.06.2007

(30) Priorität: 15.05.2007 CH 796/07

(24) Patent erteilt: 31.12.2008

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.12.2008

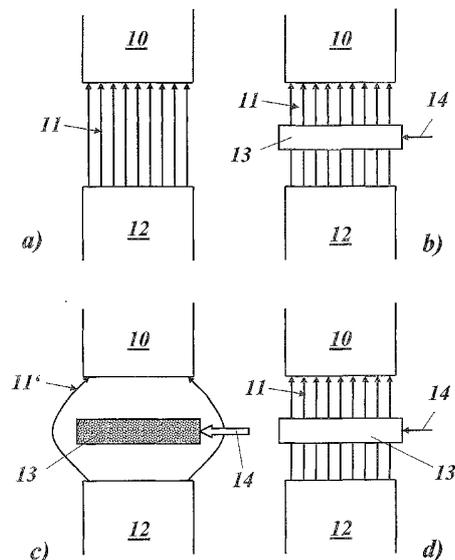
(73) Inhaber:  
Philippe Saint Ger AG, Eschenring 12  
6300 Zug (CH)

(72) Erfinder:  
Vadim Gogichev, Moskau (RU)  
Peter Smyslov, Moskau (RU)

(74) Vertreter:  
Rentsch & Partner, Fraumünsterstrasse 9, Postfach 2441  
8022 Zürich (CH)

(54) **Verfahren zur Beeinflussung der magnetischen Kopplung zwischen zwei voneinander beabstandeten Körpern sowie Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Beeinflussung der magnetischen Kopplung zwischen zwei voneinander beabstandeten Körpern (10, 12). Hierzu wird zwischen die beiden Körper (10, 12) eine steuerbare, ein Feldverdrängungsgebiet aufweisende Feldverdrängungsvorrichtung (13) gebracht. Durch eine entsprechende Ansteuerung der Feldverdrängungsvorrichtung (13) wird das zwischen den beiden Körpern (10, 12) herrschende Magnetfeld (11) aus dem Feldverdrängungsgebiet der Feldverdrängungsvorrichtung (13) verdrängt.



## Beschreibung

### Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Beeinflussung von magnetischen Feldern. Sie betrifft ein Verfahren zur Beeinflussung der magnetischen Kopplung zwischen zwei voneinander beabstandeten Körpern gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 12.

### Stand der Technik

[0002] Diamagnetismus ist definiert als Eigenschaft eines Stoffes, ein durch ihn hindurchgehendes Magnetfeld aus seinem Inneren mehr oder weniger stark herauszudrängen bzw. das Magnetfeld abzuschwächen. Ein idealer Diamagnet ist ein Supraleiter 1. Art, der das Magnetfeld bis auf einen schmalen Randbereich vollständig aus seinem Inneren herausdrängt. Beim diamagnetischen Material werden nach der Modellvorstellung auf atomarem Niveau durch das äussere Magnetfeld Kreisströme induziert, deren Magnetfeld dem äusseren Magnetfeld entgegengesetzt ist und dieses schwächt. Beim Supraleiter 1. Art wird durch das äussere Magnetfeld in makroskopischer Dimension im Randbereich ein verlustfreier Abschirmstrom angeworfen, dessen Magnetfeld das Innere des SL feldfrei macht.

[0003] Grundsätzlich kann mit einem diamagnetischen Körper wegen der Feldverdrängung die magnetische Kopplung zwischen zwei Körpern verändert (geschwächt) werden, wenn der diamagnetische Körper in das Gebiet der magnetischen Kopplung zwischen den Körpern gebracht wird. Eine Steuerung dieses Vorgangs, insbesondere ein einfaches An- und Abschalten der Feldverdrängung, ist nicht möglich.

### Darstellung der Erfindung

[0004] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit denen auf einfache Weise gezielt die magnetische Kopplung zwischen zwei Körpern beeinflusst und gesteuert werden kann.

[0005] Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale der Ansprüche 1 und 12, gelöst. Wesentlich für die Erfindung ist, dass zwischen die beiden Körper eine steuerbare, ein Feldverdrängungsgebiet aufweisende Feldverdrängungsvorrichtung gebracht wird, und dass durch eine entsprechende Ansteuerung der Feldverdrängungsvorrichtung das zwischen den beiden Körpern herrschende Magnetfeld auf vorbestimmte Weise aus dem Feldverdrängungsgebiet der Feldverdrängungsvorrichtung verdrängt wird. Die Feldverdrängungsvorrichtung definiert dabei ein Raumgebiet, in welchem eine magnetische Induktionsflussdichte  $B$  mit  $\text{div}B = 0$  herrscht, und in dessen Aussenraum ein Vektorpotential  $A$  mit  $\text{rot}A = 0$  und  $B = 0$  vorliegt.

[0006] Eine Möglichkeit der Steuerung besteht darin, dass die Feldverdrängungsvorrichtung zur Beeinflussung der magnetischen Kopplung zwischen den beiden Körpern an- oder abgeschaltet wird. Hierdurch wird zwischen voller Feldverdrängung und fehlender Feldverdrängung gewechselt, die einem Schaltvorgang bei der magnetischen Kopplung entspricht.

[0007] Um eine periodisch sich ändernde Kopplung zu erreichen, wie sie beispielsweise im Zusammenhang mit induzierten Wechselströmen auftritt, kann die Feldverdrängungsvorrichtung zur Beeinflussung der magnetischen Kopplung zwischen den beiden Körpern periodisch an- und abgeschaltet werden.

[0008] Es ist aber auch denkbar, die Feldverdrängungsvorrichtung zur Beeinflussung der magnetischen Kopplung zwischen den beiden Körpern in der Stärke der Feldverdrängung zu verändern, um eine stetige Änderung zu erreichen, wie sie bei beispielsweise bei sinusförmigen Vorgängen vorliegt.

[0009] Zur Erzeugung des Feldverdrängungsgebietes wird dabei vorzugsweise wenigstens eine in sich geschlossene Toroidalspule verwendet. Darüber hinaus kann das Vektorpotential durch eine innerhalb der wenigstens einen Toroidalspule in Richtung der Achse der Toroidalspule verlaufende stromdurchflossene Wicklung beeinflusst werden.

[0010] Die zu beeinflussende magnetische Kopplung kann zwischen gleichartigen oder unterschiedlichen Körper bestehen. So kann wenigstens einer der Körper ein Permanentmagnet sein, dessen Magnetfeld mit einem anderen Körper in Wechselwirkung steht. Insbesondere können beide Körper Permanentmagneten sein, die sich im Rahmen ihrer Wechselwirkung je nach Polung anziehen oder abstossen.

[0011] Es kann aber auch wenigstens einer der Körper eine elektromagnetische Spule sein, die entweder selbst vom Strom durchflossen wird und ein Magnetfeld erzeugt oder als Induktionsspule von einem sich ändernden Magnetfeld durchflossen wird. Insbesondere können beide Körper elektromagnetische Spulen sein.

[0012] Vorzugsweise wird dabei zum Steuern der Feldverdrängungsvorrichtung eine Steuerung verwendet.

[0013] Eine Ausgestaltung der erfindungsgemässen Feldverdrängungsvorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Feldverdrängungsvorrichtung wenigstens eine Toroidalspule umfasst, deren inneres Magnetfeld ringförmig geschlossen ist und deren äusseres Magnetfeld verschwindet. Insbesondere kann innerhalb der wenigstens einen Toroidalspule eine in Richtung der Achse der Toroidalspule verlaufende mit Strom beaufschlagbare Wicklung (31) angeordnet sein.

**[0014]** Gemäss einer bevorzugten Weiterbildung dieser Ausgestaltung sind in einer Ebene unmittelbar aneinandergrenzend mehrere Toroidalspulen konzentrisch ineinander angeordnet.

**[0015]** Ein besonders gleichmässiges Feldverdrängungsgebiet in der Feldverdrängungsvorrichtung lässt sich erzeugen, wenn in zwei übereinander angeordneten Ebenen jeweils unmittelbar aneinandergrenzend mehrere Toroidalspulen konzentrisch ineinander angeordnet sind.

**[0016]** Die Toroidalspulen bzw. die Wicklung sind dabei vorzugsweise an eine Stromversorgung angeschlossen, die ihrerseits von einer Steuerung gesteuert wird.

### Kurze Erläuterung der Figuren

**[0017]** Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

- Fig. 1 in stark vereinfachter Form verschiedene Schritte (Fig. 1a bis 1d) beim Beeinflussen der magnetischen Kopplung zwischen zwei Permanentmagneten gemäss einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Verfahrens;
- Fig. 2 den Schnitt durch eine Toroidalspule, wie sie Teil einer Feldverdrängungsvorrichtung gemäss einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist;
- Fig. 3 im Querschnitt ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Feldverdrängungsvorrichtung mit alternierend betriebenen konzentrischen Toroidalspulen in zwei übereinanderliegenden Ebenen;
- Fig. 4 eine zu Fig. 1 vergleichbare Darstellung einer Anordnung, bei der die Kopplung zwischen einem Permanentmagneten und einer elektromagnetischen Spule erfindungsgemäss beeinflusst wird;
- Fig. 5 eine zu Fig. 4 vergleichbare Darstellung einer Anordnung, bei der die Kopplung zwischen zwei elektromagnetischen Spulen erfindungsgemäss beeinflusst wird; und
- Fig. 6 einen Schnitt durch eine Feldverdrängungsvorrichtung gemäss einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer Toroidalspule und einer darin umlaufenden zusätzlichen Wicklung zur Steuerung des Vektorpotentials.

### Wege zur Ausführung der Erfindung

**[0018]** Die Erfindung bezieht sich auf die Art und Weise, wie in einem fest vorgegebenen Gebiet des Raumes (Feldverdrängungsgebiet) Erscheinungen und Wirkungen des Diamagnetismus erzeugt werden können, und wie mit Hilfe dieses durch externe Ströme erzeugten diamagnetischen Raumgebietes (Feldverdrängungsgebietes) eine Wechselwirkung mit konstanten oder zeitlich veränderlichen magnetischen oder elektromagnetischen Feldern, die in dieses Gebiet von verschiedenen äusseren unabhängigen Quellen (z.B. externen Permanentmagneten oder Elektromagneten) hineinreichen, herbeigeführt werden kann.

**[0019]** Es wird insbesondere die Steuerung der äusserlichen statischen und/oder zeitlich veränderlichen Flüsse der magnetischen Felder, die von den externen Quellen herrühren, vorgeschlagen.

**[0020]** Zur Erzeugung des diamagnetischen Raumgebietes wird eine spezielle Feldverdrängungsvorrichtung, nämlich ein Diamagnetismus-Generator (im Folgenden DMG) vorgeschlagen, dessen Grössen bzw. Parameter mit dem Index  $D$  bezeichnet werden. Der DMG erzeugt innerhalb des fest vorgegebenen Raumgebietes geschlossene Zirkulationen der Magnetflussdichte eines konstanten und/oder zeitlich veränderlichen magnetischen Feldes  $B_D$  mit  $\text{div}B_D = 0$  (im Inneren des Raumgebietes). Ausserhalb des festen Raumgebietes wird ein Vektorpotential  $A_D$  erzeugt mit dem radialen Gradienten ( $\text{grad}A_{r,D}$ ), wobei  $\text{rot}A_D = 0$  und  $B_D = 0$ . Die feste Wechselwirkung dieser zwei Gebiete wirkt wie die Erscheinungsform des Diamagnetismus in den Beziehungen mit anderen äusserlichen Flüssen der magnetischen und/oder elektromagnetischen Felder, die von anderen äusserlichen Quellen (z.B. Permanentmagneten oder Elektromagneten) in dieses Gebiet reichen.

**[0021]** Als DMG kann zum Beispiel ein aus einer Stromquelle versorgtes kreisförmiges Solenoid (Toroidalspule) verwendet werden, welches ein kreisförmiges, in sich geschlossenes elektromagnetisches Feld  $B_D$  erzeugt (die Richtung des Feldes  $B_D$  ist entlang der Achse des kreisförmigen Solenoids). Es existiert weiterhin ein äusseres kreisförmiges Gebiet des vektoriellen Potentials  $A_D$  mit dem radialen Gradienten ( $\text{grad}A_{r,D}$ ) und den Parametern auf diesem Gebiet  $B_D = 0$ ,  $\text{rot}A_D = 0$ . Wird das Solenoid mit Gleichstrom versorgt, gilt  $dA_D/dt = 0$ . Wird das Solenoid dagegen mit einem Wechselstrom versorgt, gilt  $dA_D/dt = A_{0,D} * K_D * f(v)$  mit  $A_{0,D} =$  Amplitude des vektoriellen Potentials  $A_D$ ,  $f(v) =$  Funktion der Frequenz des Wechselstromes, und  $K_D =$  Korrekturkoeffizient, der die Wellenerscheinungsformen von  $A_D$  berücksichtigt.

**[0022]** In Fig. 1 ist in einer stark vereinfachten Darstellung das Prinzip des erfindungsgemässen Verfahrens in verschiedenen Schritten (Teilfiguren) wiedergegeben. Das Verfahren geht gemäss Fig. 1a aus von zwei voneinander beabstandeten Körpern 10 und 12, die hier beispielsweise als Permanentmagneten ausgebildet, und die magnetisch gekoppelt sind,

so dass zwischen ihnen ein Gebiet mit einer von null verschiedenen magnetischen Induktionsflussdichte 11 herrscht. Im vorliegenden Beispiel sind die beiden Permanentmagnet mit entgegengesetzten Polen einander zugewandt, so dass die magnetische Wechselwirkung auf die beiden Körper 10, 12 eine anziehende Kraft ausübt.

**[0023]** In das Gebiet der von null verschiedenen magnetischen Induktionsflussdichte 11 wird nun gemäss der Erfindung eine steuerbare Feldverdrängungsvorrichtung 13 eingebracht, die zur Steuerung von aussen einen (symbolisch durch einen Pfeil dargestellten) Steuereingang 14 aufweist (Fig. 1 b). Die Feldverdrängungsvorrichtung 13 wird dabei vorzugsweise so platziert, dass die Wirkung der Feldverdrängung auf die magnetische Kopplung der beiden Körper 10, 12 maximal ist.

**[0024]** Wird nun die Feldverdrängungsvorrichtung 13 eingeschaltet (symbolisiert durch den Blockpfeil am Steuereingang 14 in Fig. 1c), ergibt sich aufgrund der einsetzenden Feldverdrängung eine veränderte magnetische Induktionsflussdichte 11', die eine entsprechende veränderte magnetische Kopplung zwischen den Körpern zur Folge hat. Wird die Feldverdrängungsvorrichtung 13 wieder ausgeschaltet (Fig. 1d), ist der ursprüngliche Zustand aus Fig. 1a wieder hergestellt.

**[0025]** Anstelle der magnetischen Kopplung zwischen zwei Permanentmagneten kann mittels einer Feldverdrängungsvorrichtung 18 – wie die Fig. 4 und 5 zeigen – aber auch die magnetische Kopplung zwischen einem Permanentmagneten 12 und einer elektromagnetischen Spule 25 (Fig. 4) oder zwischen zwei elektromagnetischen Spulen 25 und 26 (Fig. 5) beeinflusst werden, wobei die elektromagnetischen Spulen 25, 26 entweder selbst zur Erzeugung eines magnetischen Gleich- oder Wechselfeldes eingesetzt werden, oder zur Induzierung eines Stromes durch die Änderung des eingekoppelten Magnetfeldes.

**[0026]** Zentrales Element einer beispielhaften Ausführungsform der Feldverdrängungsvorrichtung 13 bzw. 18 nach der Erfindung ist eine Toroidalspule 15 der in Fig. 2 im Schnitt gezeigten Art, in deren Innerem durch den Spulenstrom ein ringförmig geschlossener magnetischer Induktionsfluss 17 aufgebaut wird, während der Aussenraum feldfrei ist.

**[0027]** Werden gemäss Fig. 3 zum Aufbau einer Feldverdrängungsvorrichtung 18 in zwei übereinander angeordneten Ebenen jeweils unmittelbar aneinander grenzend mehrere Toroidalspulen 19, ..., 21 und 19', ..., 21' konzentrisch ineinander angeordnet, ergibt sich zwischen den Spulenebenen ein (diamagnetisch wirkendes) Feldverdrängungsgebiet 22, dass beim Einschalten der Spulen 19, ..., 21 und 19', ..., 21' die in Fig. 1c gezeigte Wirkung hat. Die Toroidalspulen 19, ..., 21 und 19', ..., 21' werden dabei sowohl innerhalb jeder Ebene als auch zwischen den Ebenen alternierend betrieben.

**[0028]** Durch die Beeinflussung der magnetischen Kopplung können sowohl Magnetkräfte beeinflusst (geschaltet) werden, aber auch induktive Vorgänge gesteuert werden, die mit der Erzeugung bzw. Verarbeitung von Wechselströmen zu tun haben.

**[0029]** Ein anders Ausführungsbeispiel einer Feldverdrängungsvorrichtung nach der Erfindung ist in Fig. 6 in einer zu Fig. 2 vergleichbaren Darstellung wiedergegeben. Die Feldverdrängungsvorrichtung 30 der Fig. 6 umfasst eine sich entlang einer zentralen (kreisförmigen) Achse 33 erstreckende Toroidalspule 32, die von einem Spulenstrom 34 durchflossen wird. Der Spulenstrom 34 erzeugt in dem Feldgebiet ein magnetischen Feld  $B_D$ , das links in die Zeichenebene hinein und rechts aus der Zeichenebene hinaus gerichtet ist. Entlang der Achse 33 ist im Inneren der Toroidalspule 32 eine zusätzliche Wicklung 31 (in Fig. 6 sind beispielhaft und ohne Beschränkung der Allgemeinheit 4 Windungen eingezeichnet) angeordnet, die in einem weiteren Feldgebiet 36 ein zusätzliches magnetisches Feld  $B_V$  erzeugt, das parallel zum Spulenstrom 34 und senkrecht zum magnetischen Feld  $B_D$  der Toroidalspule 32 orientiert ist.

**[0030]** Die Grösse  $\text{grad}A_{r,D}$  wird mit der zusätzlichen Wicklung 31 beeinflusst. Durch die Wechselwirkung der beiden Felder  $B_V$  und  $B_D$  wird das vektorielle Potential  $A_{r,D}$  und die Grösse  $\text{grad}A_{r,D}$  beeinflusst, wobei durch die Veränderung des Stroms durch die Wicklung 31 Einfluss genommen werden kann, ohne dass der Spulenstrom 34 in der Toroidalspule 32 verändert werden muss. Hierdurch ergeben sich zusätzliche Möglichkeiten, mittels des diamagnetischen Feldverdrängungsgebietes magnetische Kopplungen zu beeinflussen.

### Bezugszeichenliste

**[0031]**

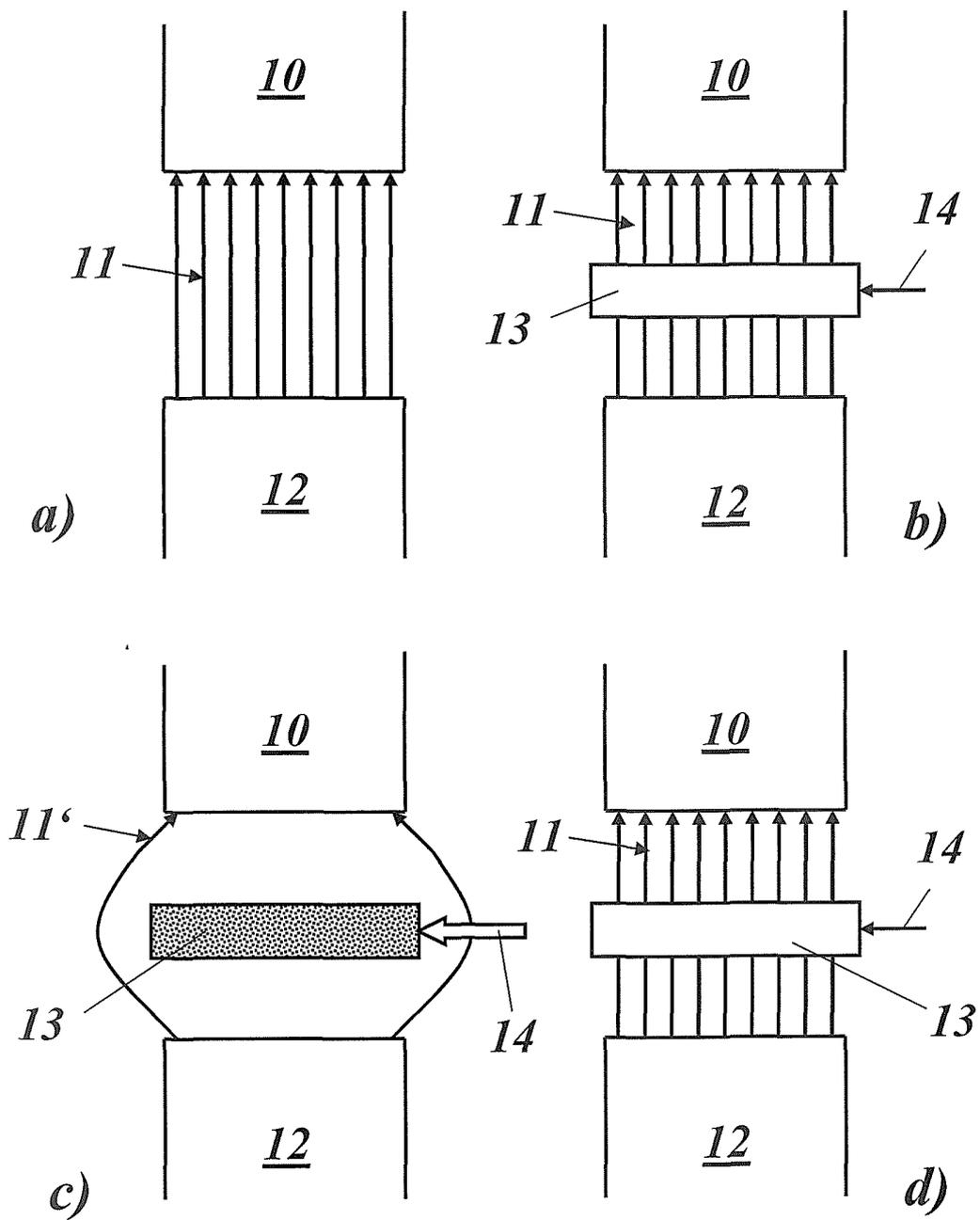
10, 12	Permanentmagnet
11, 11'	magnetische Induktionsflussdichte
13, 18, 30	Feldverdrängungsvorrichtung (steuerbar)
14	Steuereingang
15	Toroidalspule
16	Spulenstrom
17	magnetischer Induktionsfluss
19, 20, 21	Toroidalspule
19', 20', 21'	Toroidalspule
22	Feldverdrängungsgebiet
23	Stromversorgung
24	Steuerung
25, 26	elektromagnetische Spule
31	Wicklung
32	Toroidalspule

33	Achse (Toroidalspule)
34	Spulenstrom
35	Magnetfeld (Wicklung 31)
36, 37	Feldgebiet

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Beeinflussung der magnetischen Kopplung zwischen zwei voneinander beabstandeten Körpern (10, 12; 25, 26), dadurch gekennzeichnet, dass zwischen die beiden Körper (10, 12; 25, 26) eine steuerbare, ein Feldverdrängungsgebiet (22) definierende Feldverdrängungsvorrichtung (13, 18, 30) gebracht wird, und dass durch eine entsprechende Ansteuerung der Feldverdrängungsvorrichtung (13, 18, 30) das zwischen den beiden Körpern (10, 12; 25, 26) herrschende Magnetfeld (11) aus dem Feldverdrängungsgebiet (22) der Feldverdrängungsvorrichtung (13, 18, 30) verdrängt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Feldverdrängungsvorrichtung (13, 18, 30) zur Beeinflussung der magnetischen Kopplung zwischen den beiden Körpern (10, 12; 25, 26) an- oder abgeschaltet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Feldverdrängungsvorrichtung (13, 18, 30) zur Beeinflussung der magnetischen Kopplung zwischen den beiden Körpern (10, 12; 25, 26) periodisch an- und abgeschaltet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Beeinflussung der magnetischen Kopplung zwischen den beiden Körpern (10, 12; 25, 26) mittels der Feldverdrängungsvorrichtung (13, 18, 30) die Stärke der Feldverdrängung verändert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung der Feldverdrängung innerhalb des Feldverdrängungsgebietes (22) wenigstens eine in sich geschlossene Toroidalspule (15; 19, 20, 21, 19', 20', 21'; 32) verwendet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das magnetische Vektorpotential ( $A_{r,D}$ ) im Bereich der Feldverdrängungsvorrichtung (13, 18, 30) durch eine innerhalb der wenigstens einen Toroidalspule (32) in Richtung der Achse (33) der Toroidalspule (32) verlaufende stromdurchflossene Wicklung (31) beeinflusst wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Körper (10, 12; 25, 26) ein Permanentmagnet (10, 12) ist.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass beide Körper (10, 12) Permanentmagneten sind.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Körper (10, 12; 25, 26) eine elektromagnetische Spule (25, 26) ist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass beide Körper (25, 26) elektromagnetische Spulen sind.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zum Steuern der Feldverdrängungsvorrichtung (13, 18, 30) eine Steuerung (24) verwendet wird.
12. Feldverdrängungsvorrichtung (13, 18, 30) zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Feldverdrängungsvorrichtung (13, 18, 30) ein Raumgebiet definiert, in welchem die magnetische Induktionsflussdichte  $B$  der Bedingung  $\text{div}B = 0$  genügt, und in dessen Aussenraum das magnetische Vektorpotential  $A$  die Bedingungen  $\text{rot}A = 0$  und  $B = 0$  erfüllt.
13. Feldverdrängungsvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Feldverdrängungsvorrichtung (13, 18, 30) wenigstens eine Toroidalspule (15; 19, ..., 21; 19', ..., 21'; 32) umfasst, deren inneres Magnetfeld ringförmig geschlossen ist und deren äusseres Magnetfeld verschwindet.
14. Feldverdrängungsvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Toroidalspulen (15; 19, ..., 21; 19', ..., 21') unmittelbar aneinandergrenzend und mit ihren Spulenachsen (33) in einer Ebene liegend koaxial ineinander angeordnet sind.
15. Feldverdrängungsvorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass zwei übereinander angeordnete Ebenen vorgesehen sind, und dass in jeder der beiden Ebenen mehrere Toroidalspulen (15; 19, ..., 21; 19', ..., 21') unmittelbar aneinandergrenzend und mit ihren Spulenachsen (33) in einer Ebene liegend koaxial ineinander angeordnet sind.
16. Feldverdrängungsvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb der wenigstens einen Toroidalspule (32) eine in Richtung der Achse (33) der Toroidalspule (32) verlaufende mit Strom beaufschlagbare Wicklung (31) angeordnet ist.
17. Feldverdrängungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Toroidalspule(n) (15; 19, ..., 21; 19', ..., 21'; 32) an eine Stromversorgung (23) angeschlossen ist bzw. sind, die ihrerseits von einer Steuerung (24) gesteuert wird.

18. Feldverdrängungsvorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklung (31) an eine Stromversorgung (23) angeschlossen ist, die ihrerseits von einer Steuerung (24) gesteuert wird.



*Fig.1*

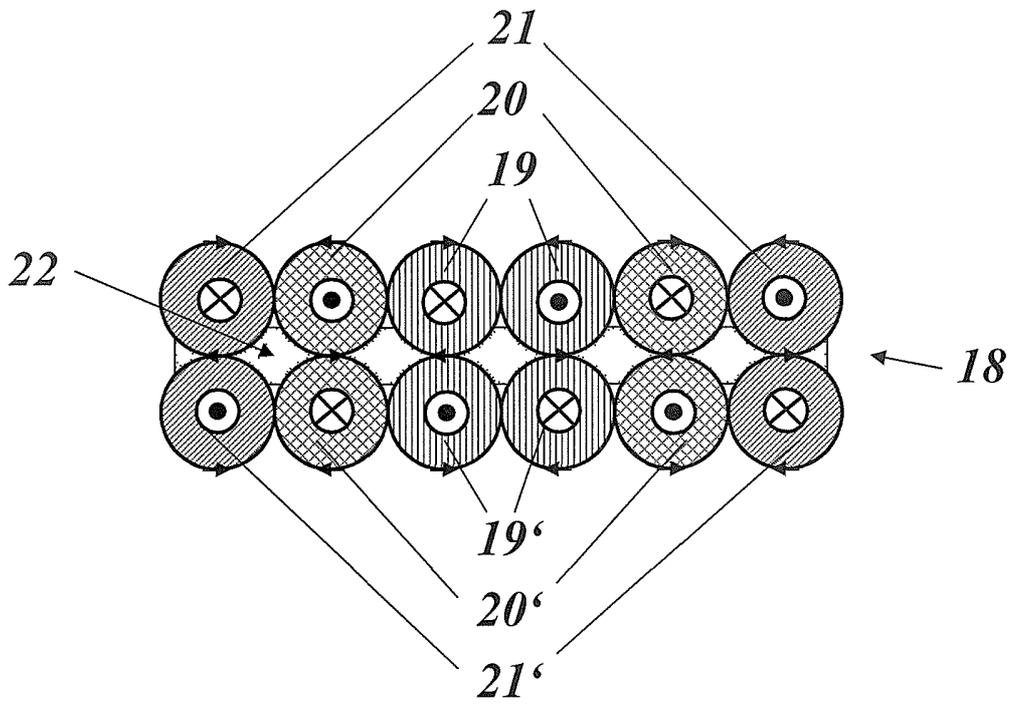
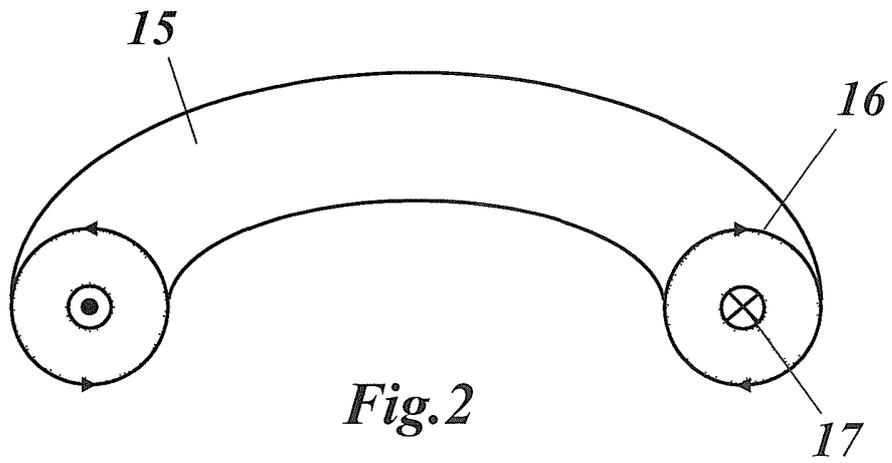
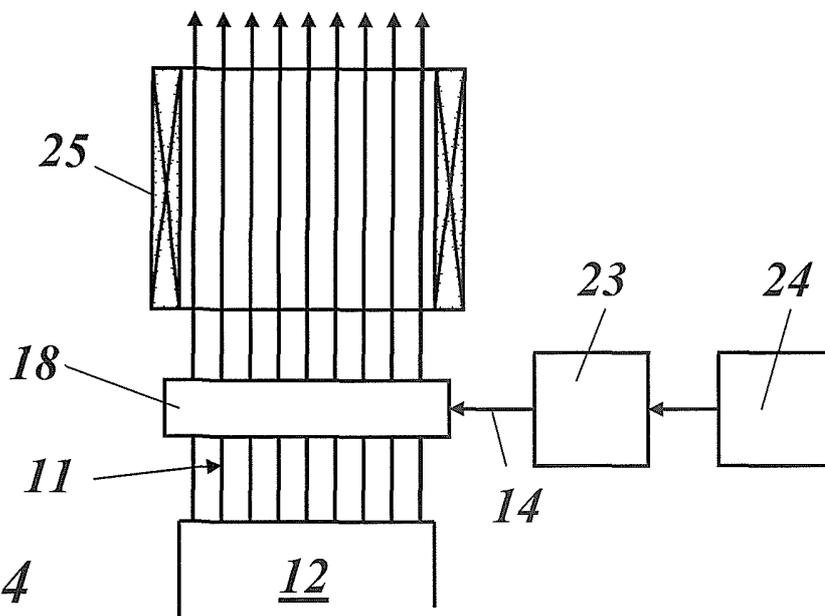
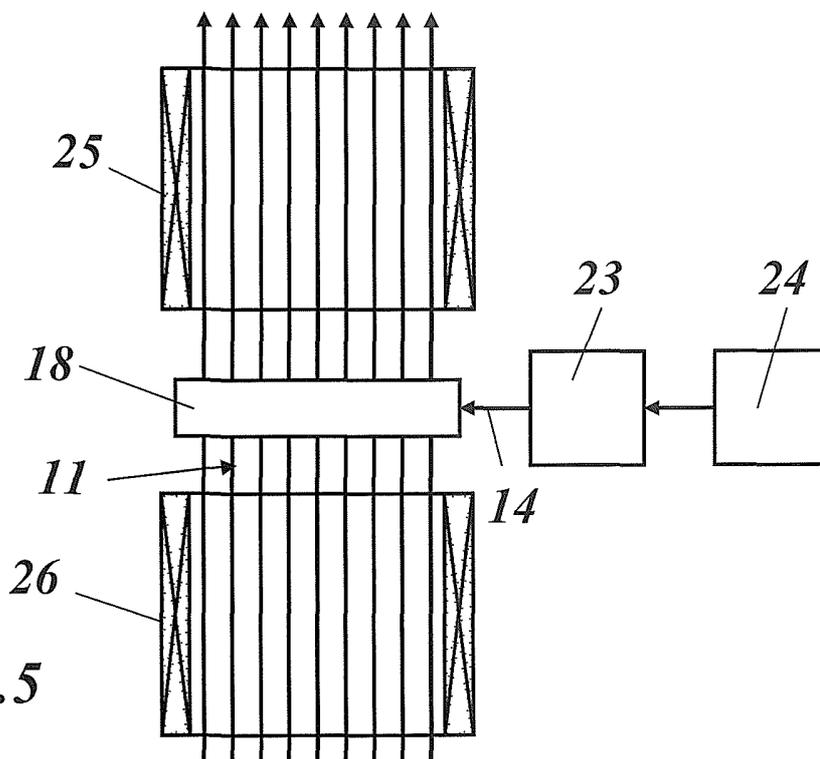


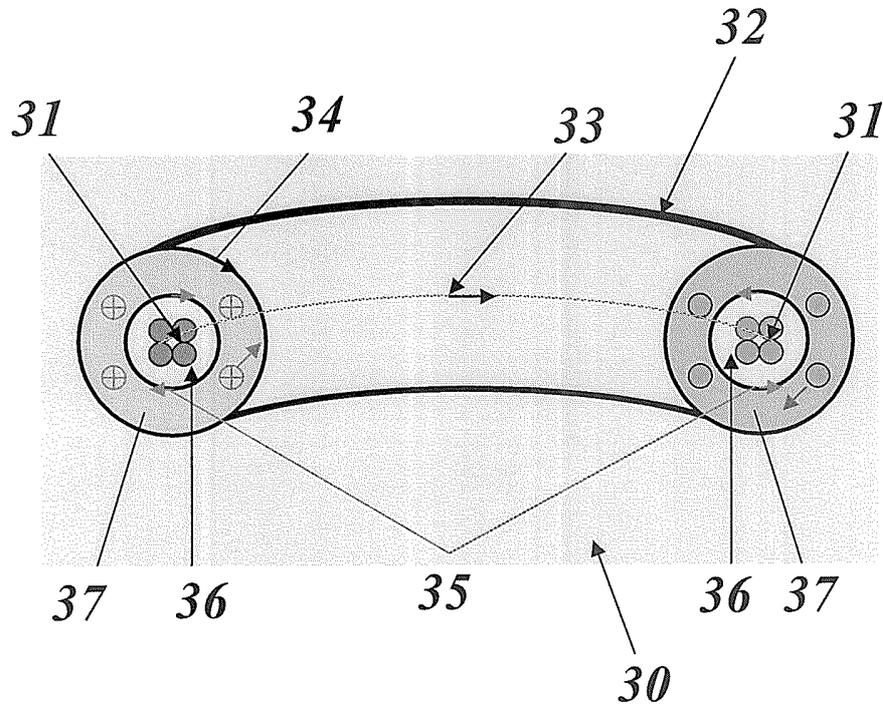
Fig. 3



*Fig. 4*



*Fig. 5*



*Fig.6*