

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

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
30. Mai 2014 (30.05.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/079520 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 3/26 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/002792

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. September 2013 (17.09.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 022 663.2
21. November 2012 (21.11.2012) DE

(71) Anmelder: BAUMÜLLER DIRECTMOTION GMBH
[DE/DE]; Ostendstrasse 80-90, 90482 Nürnberg (DE).

(72) Erfinder: ERLICH, Markus; Isaak Stern 1, Apart. 20,
6958105 Tel-Aviv (IL).

(74) Anwalt: FDST; Nordostpark 16, 90411 Nürnberg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

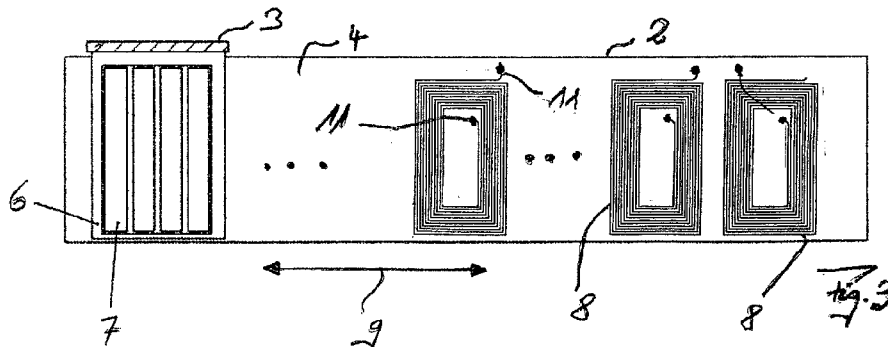
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: LINEAR MOTOR

(54) Bezeichnung : LINEARMOTOR



(57) Abstract: The invention relates to a linear motor (1) having a stator, which is fitted with a motor winding, as the primary part(2), and having a moving secondary part (3), wherein the primary part (2) has at least one printed circuit board (4) with coil turns (8), which are designed as conductor tracks, of the motor winding.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Linearmotor (1) mit einem eine Motorwicklung tragenden Stator als Primärteil (2) und mit einem bewegten Sekundärteil (3), wobei das Primärteil (2) mindestens eine Leiterplatte (4) mit als Leiterbahnen ausgeführten Spulenwindungen (8) der Motorwicklung aufweist.



WO 2014/079520 A2

Beschreibung

Linearmotor

Die Erfindung betrifft einen Linearmotor mit einem Primärteil und mit einem Sekundärteil sowie mit einer primärseitigen Motorwicklung.

Ein derartiger Linearmotor als elektrische Antriebsmaschine bewirkt bei dem bewegten Motorteil inklusive des damit verbundenen Objekts eine geradlinige Bewegung (Translationsbewegung). Eine statorseitige Motor- oder Erregerwicklung ist auf einer ebenen Strecke angeordnet und dem Primärteil (Stator) des Linearmotors zugeordnet. Die stromdurchflossene Motorwicklung des Primärteils erzeugt ein längs einer Fahrstrecke bewegtes Magnetfeld. Dadurch wird das Sekundärteil (Läufer) des Linearmotors entlang dieser Fahrstrecke bewegt und praktisch gezogen. Bei dieser Konstellation ist das bewegte Sekundärteil des Linearmotors üblicherweise mit Dauer- oder Permanentmagneten versehen, so dass die Linearbewegung zwischen den Spulen der Motorwicklung - also dem Primärteil - und den Permanentmagneten - also dem Sekundärteil - auftritt.

Aus der US 6,664,664 B2 ist ein Printed-Circuit-Linearmotor bekannt, dessen ortsfestes Teil (Stator) mit Permanentmagneten versehen ist, während das bewegte Teil (Läufer) in Multi-Layer-Technik aus einer Anzahl von mit Spulenwindungen gedruckten Leiterplatten ausgeführt ist. Diese Ausführung eines Linearmotors ist insbesondere hinsichtlich der Kontaktierung und Bestromung des Läufers sehr aufwendig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen besonders geeigneten und kostengünstigen Linearmotor zu realisieren.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Varianten sind in den Unteransprüchen angegeben.

Hierzu ist ein beispielsweise als elektrisch oder elektronisch kommutierter Gleichstrommotor arbeitender, Linearmotor mit in Leiterplattentechnik, vorzugsweise in Multilayer-Technik also mehrlagiger Leiterplattentechnik, ausgeführten Motorwicklung (Anker- oder Erregerwicklung) vorgesehen. Die oder jede Leiterplatte, welche die Motorwicklung in Form einzelner Spulenwindungen oder -wicklungen trägt bzw. mit diesen als sogenannte printed-circuit-board (PCB) gedruckt ist, ist dem ortsfesten oder unbewegten Primärteil (Stator) des Linearmotors zugeordnet.

Obwohl das bewegte Sekundärteil (Läufer) des Linearmotors grundsätzlich ebenfalls mit Spulenwicklungen, insbesondere in PCB-Multilayer-Technik, ausgeführt sein kann, ist das Sekundärteil erfindungsgemäß vorzugsweise mit Permanentmagneten bestückt. Somit umfasst das Primärteil (Stator) eine im Motorbetrieb stromdurchflossenen Ankerwicklung, wobei die das Sekundärteil antreibende Kraft proportional zum Produkt aus Ankerstrom und Erregerfluß ist, der durch die Permanentmagnete des Sekundärteils erzeugt wird. Die Polpaarzahl des Sekundärteils ist dabei vorzugsweise größer als eins ($p > 1$) und beträgt beispielsweise $p = 2$, so dass das Sekundärteil mindestens zwei, geeigneterweise mindestens vier, Magnetpole (zwei Nord- und zwei Süd-Pole) aufweist. Die Magnete (Einzelmagnete) sind linear, d. h. in Bewegungsrichtung des Sekundärteils nebeneinander und unter Bildung einer bestimmten Polteilung zueinander beabstandet angeordnet.

Bei mehrlagiger Leiterplattentechnik des Primärteils mit mehreren hintereinander angeordneten Leiterplatten trägt in vorteilhafter Ausgestaltung jede Leiterplatte des Primärteils Ankerwicklungen, die in Bewegungsrichtung des Sekundärteils nebeneinander angeordnet sind. Diese sind vorzugsweise mittels Durchkontaktierung mit den Spulenwindungen benachbarter, d. h. dahinter liegender Leiterplatten elektrisch verbunden.

Eine geeigneterweise dreiphasige Motorwicklung (Drehfeld- oder Drehstromwicklung) ist hierbei vorzugsweise dadurch realisiert, dass jede Leiterplatte für jede Phase eine Anzahl von in Bewegungsrichtung des Sekundärteils bzw. linear nebeneinander angeordneten Spulenwindungen trägt. Diese sind dann phasenweise

und zumindest teilweise mittels Durchkontaktierung miteinander elektrisch leitend zu den Spulen der Drehfeldwicklung verbunden.

Geeigneterweise sind zwei derartige Primärteile mit entsprechenden, vorzugsweise mehrlagigen Leiterplatten vorgesehen, zwischen denen das bewegte Sekundärteil unter Spaltbildung angeordnet ist. Zur Erhöhung des elektromagnetischen Flusses dieses PCB-Doppelstator-Linearmotors weist jedes Primärteil einen vorzugsweise geblechten, d. h. als Blechpaket ausgeführten magnetischen Rückschluss auf. Auf diesem sind die jeweiligen Leiterplatten angeordnet oder befestigt. Durch die Anbindung des Eisenrückschlusses am Primärteil kann zudem eine verbesserte Wärmeabfuhr (Entwärmung) erreicht werden.

Das bewegte Sekundärteil weist in vorteilhafter Ausgestaltung einen nicht-magnetischen Träger auf, in welchen die Permanentmagnete aufgenommen sind. Der Träger besteht geeigneterweise aus Aluminium oder aus einem nicht-leitenden Kunststoff.

In besonders vorteilhafter Ausführung ist der Linearmotor mit einem Positionserkennungssystem versehen bzw. weist ein solches auf. Das Positionserkennungssystem arbeitet zweckmäßigerweise magnetisch. Hierzu weist das Positionserkennungssystem einen entsprechenden Sensor sowie eine zweckmäßigerweise kodierte, beispielsweise im sogenannten Gray-Code kodierte, insbesondere inkrementelle, Geberspur auf. Auch kann das Positionserkennungssystem optisch oder induktiv arbeiten, beispielsweise mit einem als Schwingkreis ausgebildeten Positionsgeber (Target) oder Sensor sowie mit einer sinus- und/oder cosinusförmigen Leiterschleife.

Gemäß einer ersten Variante des Linearmotors mit Positionserkennungssystem trägt das bewegte Sekundärteil einen magnetischen Sensor oder Sensorsystem. Die Geberspur ist dann auf dem unbewegten Primärteil und dort vorzugsweise auf einer der Leiterplatten oder einer zusätzlichen Leiterplatte angeordnet. Der Geber kann dabei aus binären oder beispielsweise in Laufrichtung des Sekundärteils zunehmend breiter werdenden Spuren gebildet sein.

Gemäß einer bevorzugten Variante umfasst das Positionserkennungssystem ein Sensor-Array mit einer Anzahl von Hall-Sensoren. Als Geber dienen dann bevorzugt die Permanentmagnete des bewegten Sekundärteils.

Alternativ können die Hall-Sensoren auf dem bewegten Sekundärteil angeordnet sein, während der Geber bzw. die Geberspur dann auf dem stromdurchflossenen Primärteil angeordnet ist. Hierzu sind dort auf einer der Leiterplatten oder auf einer separaten Leiterplatte in bestimmter Anordnung wiederum Spulenwindungen, vorzugsweise in PCB-Technik, angeordnet, die ein elektromagnetisches Feld erzeugen. Diese Spulenwindungen sind geeigneterweise wiederum linear auf dem Primärteil angeordnet. Jedoch können die Spuren des Gebers auch parallel angeordnet sein. Durch eine Verstimmung bzw. Variation der Abstände zwischen den einzelnen Spurenelementen kann ein absolutes Gebersignal (Feedback-Signal) realisiert werden. Grundsätzlich kann der Geber als Absolutwertgeber oder als Inkrementalgeber ausgeführt sein. Beispielsweise weist das Positionserkennungssystem primärteilseitig inkrementelle Geberspuren und sekundärteilseitig ein magnetfeldsensitives Hall-Sensor-Array auf.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch die Verwendung von mehrlagigen Leiterplatten mit gedruckten Spulenwindungen der Motorwicklung (Anker- oder Erregerwicklung) für das oder jedes Primärteil als Stator eines Linearmotors bereits ein vergleichsweise kostengünstiger Aufbau eines Linearmotors ermöglicht ist. In Verbindung mit einem vorzugsweise magnetischen Positionserkennungssystem (Feedback-System) auf oder an dem Primärteil in Verbindung mit einem Hall-Sensor-Array können die Herstellungskosten für einen solchen Linearmotor weiter erheblich reduziert werden. Zweckmäßig ist hierbei ein Linearmotor in Doppel-Langstator-Bauweise mit zwei als mehrlagige Leiterplatten mit gedruckten Spulenwindungen ausgeführten Primärteilen.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

- Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Linearmotor in PCB-Doppelstator-Bauweise mit zwischen zwei Primärteilen und mit einem bewegten Sekundärteil in Moving-Magnet-Ausführung,
- Fig. 2 den Linearmotor gemäß Fig. 1 in Draufsicht mit primärseitigen Leiterplatten in Multilayer-Bauweise,
- Fig. 3 den Linearmotor in einem Längsschnitt mit Blick auf das mit Permanentmagneten versehene, bewegte Sekundärteil sowie auf die dem Sekundärteil zugewandte Leiterplatte mit gedruckten Spulenwindungen einer Motorwicklung in Linearanordnung,
- Fig. 4 den Linearmotor in einer Stirnansicht,
- Fig. 5 in dreidimensionaler Ansicht eines der Primärteile mit Blick auf die als gedruckte Leiterbahnen ausgeführten Spulenwindungen der als Drehfeldwicklung ausgeführten Motorwicklung und mit einer Anzahl von Hall-Sensoren eines Positionserkennungssystems in Linearanordnung, und
- Fig. 6 in einer Darstellung gemäß Fig. 5 eine Variante des Positionserkennungssystems mit einer als Geberspur ausgeführten Windungen.

Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Die Figuren 1 bis 4 zeigen einen Linearmotor 1 mit zwischen zwei unbewegten Primärteilen 2 einem bewegten Sekundärteil 3. Jedes der Primärteile 2 weist eine Leiterplatte 4 in Multilayer-Bauweise und einen magnetischen Rückschluss 5 auf, auf dem die vorzugsweise mehrlagige Leiterplatte 4 angeordnet bzw. befestigt ist. Der magnetische Rückschluss 5 ist beispielsweise geblecht bzw. als Blechpaket ausgeführt.

Das bewegte Sekundärteil 3 umfasst einen Träger oder eine Trägermatrix 6 mit darin einliegenden oder eingebetteten Permanentmagneten 7. Die Polpaarzahl p des im Ausführungsbeispiel dargestellten bewegten Sekundärteils 3 beträgt $p = 2$, so dass insgesamt vier Einzelmagnete vorgesehen und in den Träger 6 des Sekundärteils 3 eingebunden sind. Die Polpaarzahl kann auch größer sein ($p > 2$).

Die einzelnen Leiterplatten 4 sind mit gedruckten Spulenwindungen 8, insbesondere in Form von gewundenen Kupferbahnen, versehen. Jeder Leiterplatte 4 weist in der nachfolgend auch als Linearrichtung bezeichneten Bewegungsrichtung 9 des Sekundärteils 3 mehrere solche Spulenwindungen 8 auf. Bei einem dreiphasigen Linearmotor 1 sind je Phase u, v, w der Motor- oder Erregerwicklung vorzugsweise mehrere und insbesondere je Phase u, v, w gleich viele Spulenwindungen 8 in Linearrichtung 9 nebeneinander und zueinander beabstandet angeordnet.

Das jeweilige Primärteils 2 weist mehrlagige Leiterplatten 4 mit mehreren in Querrichtung 10 (Fig. 4) hintereinander angeordneten Leiterplattenschichten nach Art eines Multilayers auf. Die auf die einzelnen Leiterplattenschichten der Leiterplatten 4 gedruckten Spulenwindungen 8 sind mittels Durchkontaktierung 11 miteinander verbunden und bilden dadurch die einzelnen Spulen der bevorzugt dreiphasigen Motorwicklung.

Während bei bestromter Motorwicklung bzw. bestromten Spulenwindungen 8 der Spulen des Primärteils 2 die Magnetachsen (S-N oder N-S) in der in Fig. 4 gezeigten Querrichtung 10 verläuft, verläuft die alternierend polarisierte Magnetachse (S-N, N-S, S-N usw.) des Sekundärteils 3 parallel zur Linear- oder Bewegungsrichtung 9 und somit quer zur Magnetachse des oder jedes Primärteils 2. Beidseitig des Sekundärteils 3 befindet sich zwischen diesem und den Primärteilen 2 jeweils ein Luftspalt 12.

Fig. 5 zeigt in perspektivischer Darstellung eines der Primärteile 2 des Linearmotors 1 mit Blick auf die dem bewegten Sekundärteil (Moving Magnet) 3 zugewandte Leiterplatte 4 in Multilayer-Technik, die mit den als Leiterbahnen ausgeführten Spulenwindungen 8 in Linearanordnung versehen ist bzw. sind. Erkennbar ist auch die dreiphasige Kontaktierung bzw. Leiterbahnverbindung zu den einzelnen Spulenwindungen 8 (linke Figurenhälfte) sowie eine beispielhafte Verbindung oder Verschaltung einzelner Spulenwindungen 8 (rechte Figurenhälfte).

In einem im Ausführungsbeispiel unteren Leiterplattenbereich 12 sind eine Anzahl von Hall-Sensoren 13 nebeneinander bzw. in Linearrichtung 9 hintereinander und zueinander beabstandet angeordnet. Die Hall-Sensoren 13 bilden in Verbindung mit den Magneten 7 des bewegten Sekundärteils 3 ein magnetisches Positionserkennungs- oder Positionserfassungssystem.

Fig. 6 zeigt das Primärteil 2 in einer Darstellung gemäß Fig. 5. In Abweichung hiervon ist auf die vordere Leiterplatte 4 eine Geberspur 14 in Form von mehreren, in Bewegungs- oder Linearrichtung 9 hintereinander angeordneten Geberwindungen 15, wiederum in Form von Leiterbahnen, aufgeprägt. Die bestromten Signal- oder Geberwindungen 15 erzeugen elektromagnetische Felder, beispielsweise nach Art inkrementeller Encoderspuren, die in nicht näher dargestellter Art und Weise mittels auf dem bewegten Sekundärteil 3 angeordneten Hall-Sensoren zur Positionserkennung erfasst werden.

Die von den Hall-Sensoren generierten Signale, beispielsweise mittels Schmitt-Trigger-Schaltungen digitalisierte Signale, können zur Ermittlung der jeweiligen Position des bewegten Sekundärteils 3 entlang der unbewegten Primärteile 2 ausgewertet werden.

Die Erfindung ist nicht auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Vielmehr können auch andere Varianten der Erfindung von dem Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen. Insbesondere sind ferner alle im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel beschriebene Einzelmerkmale auch auf andere Weise miteinander kombinierbar, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen.

So können beispielsweise die Hall-Sensoren 13 oder die Geberspur 14 auch auf einer separaten Leiterplatte angeordnet sein. Auch können andere magnetfeld-sensitive (magnetoresistive) Sensoren, beispielsweise GMR(Giant Magneto Resistance)-Sensoren, AMR(Anisotrope Magneto Resistive)-Sensoren oder CMR (Colossal Magneto Resistance)-Sensoren, oder ein optisches Positionserkennungssystem vorgesehen sein.

Bezugszeichenliste

1	Linearmotor
2	Primärteil
3	Sekundärteil
4	Leiterplatte
5	Rückschluss
6	Träger
7	Permanentmagnet
8	Spulenwindung
9	Linear-/Bewegungsrichtung
10	Querrichtung
11	Durchkontaktierung
12	Leiterplattenbereich
13	Hall-Sensor
14	Geberspür
15	Geberwindung

Ansprüche

1. Linearmotor (1) mit einem eine Motorwicklung tragenden Stator als Primärteil (2) und mit einem bewegten Sekundärteil (3), wobei das Primärteil (2) mindestens eine Leiterplatte (4) mit als Leiterbahnen ausgeführten Spulenwindungen (8) der Motorwicklung aufweist.
2. Linearmotor (1) nach Anspruch 1,
gekennzeichnet durch
eine mehrlagige Leiterplatte (4) mit einer Mehrzahl von in Bewegungsrichtung (9) des Sekundärteils (3) nebeneinander und quer zur Bewegungsrichtung (9) hintereinander angeordneten Spulenwindungen (8), die mittels Durchkontaktierung (11) mit Spulenwindungen (8) benachbarter Leiterplatten (4) elektrisch verbunden sind.
3. Linearmotor (1) nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass jede Leiterplatte (4) für jede Phase (u, v, w) einer dreiphasigen Motorwicklung eine Anzahl von in Bewegungsrichtung des Sekundärteils (3) nebeneinander angeordneten Spulenwindungen (8) trägt.
4. Linearmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Primärteil (2) einen zur Erhöhung des elektromagnetischen Flusses vorgesehenen und geeigneten, vorzugsweise geblechten, magnetischen Rückschluss (5) aufweist, auf dem die Leiterplatte (4) angeordnet und/oder befestigt ist.

5. Linearmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
gekennzeichnet durch
zwei Primärteile (2), zwischen denen das bewegte Sekundärteil (3) unter
Luftspaltbildung angeordnet ist.
6. Linearmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Sekundärteil (3) mit Permanentmagneten (7), vorzugsweise mit
einer Polpaarzahl $p > 1$, versehen ist.
7. Linearmotor (1) nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Sekundärteil (3) einen magnetisch nicht-leitenden, insbesondere
aus Aluminium oder Kunststoff bestehenden, Träger (6) aufweist, in wel-
chen die Permanentmagnete (7) aufgenommen sind.
8. Linearmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
gekennzeichnet durch
ein magnetisches Positionerkennungssystem (7, 13).
9. Linearmotor (1) nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Positionerkennungssystem (7, 13) eine magnetische erfassbare
Geberspur (7) und mindestens einen magnetischen Sensor (13) umfasst.
10. Linearmotor (1) nach Anspruch 8 oder 9,
gekennzeichnet durch
mindestens einen vom bewegten Sekundärteil (3) mitgeführten magneti-
schen Sensor und eine auf der Leiterplatte (4) vorgesehene Geberspur
(14), insbesondere in Form von vorzugsweise linear angeordneten und ein
elektromagnetisches Feld erzeugenden Geberwindungen (15), oder min-
destens einen auf der Leiterplatte (4) angeordneten magnetischen Sensor
(13), vorzugsweise ein Hall-Sensor-Array.

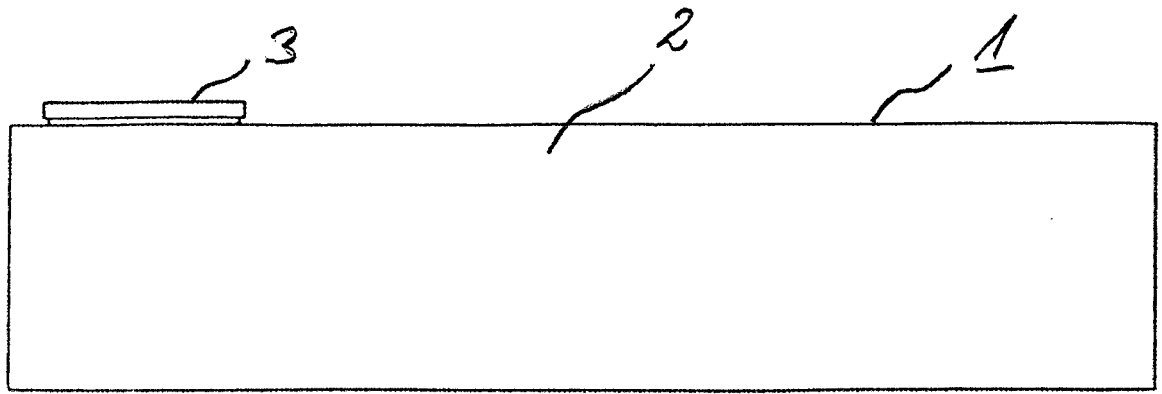


Fig. 1

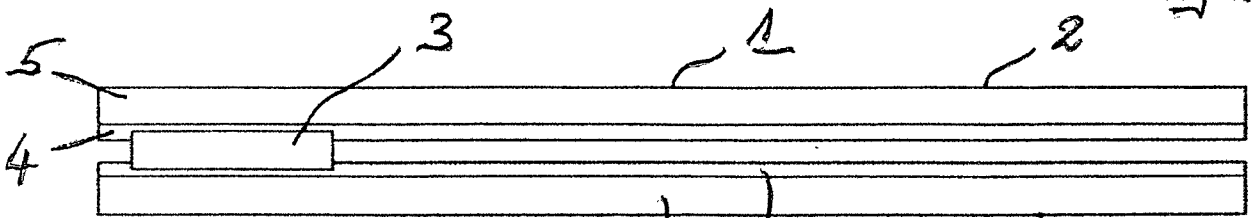


Fig. 2

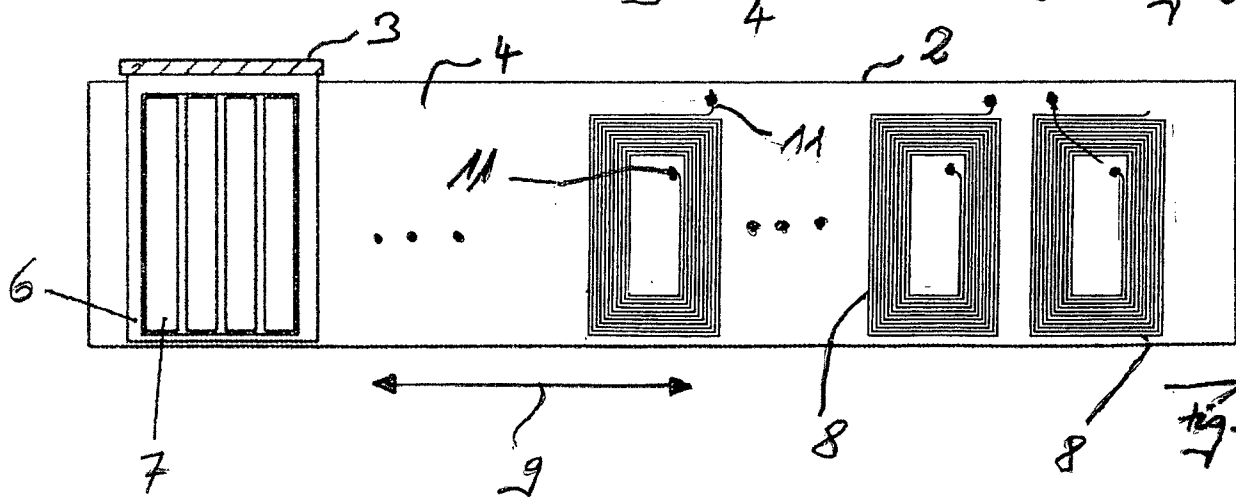


Fig. 3

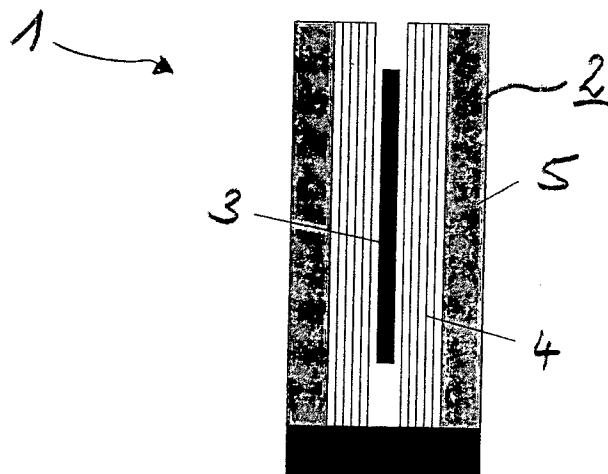


Fig. 4

