



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 479 880 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.11.2004 Patentblatt 2004/48

(51) Int Cl.7: **F01L 9/04, H01F 7/17**

(21) Anmeldenummer: **04009654.7**

(22) Anmeldetag: **22.04.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

(71) Anmelder: **Bayerische Motoren Werke
Aktiengesellschaft
80809 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Simkovics, Reinhard, Dr.
85356 Freising (DE)**
• **Bürgel, Robert, Dr.
80689 München (DE)**

(30) Priorität: **21.05.2003 DE 10322881**

(54) **Elektrischer Ventiltrieb mit Elektro- und Permanentmagneten**

(57) Elektrischer Ventiltrieb für Verbrennungsmotoren mit einem verschieblich angeordneten Anker, der eine Ankerplatte aufweist, einem ersten Elektromagneten, der auf der einen Seite der Ankerplatte angeordnet ist und einem zweiten Elektromagneten, der auf der anderen Seite der Ankerplatte angeordnet ist. Die Elektromagneten weisen jeweils ein Joch und eine daran angeordnete Spule auf. Durch Bestromen der Spule des einen Elektromagneten ist ein Magnetfeld erzeugbar, das den Anker in Richtung einer ersten Endstellung zieht und durch Bestromen des anderen Elektromagneten ist ein Magnetfeld erzeugbar, das den Anker in entgegengesetzte Richtung zu einer zweiten Endstellung zieht. An mindestens einem der Joche ist mindestens ein Permanentmagnet angeordnet, welcher, insbesondere wenn sich die Ankerplatte in einem Nahbereich des zugeordneten Elektromagneten befindet, den Anker anzieht. Der mindestens eine Permanentmagnet ist auf einer der Ankerplatte abgewandten Seite der Spule des zugeordneten Elektromagneten angeordnet.

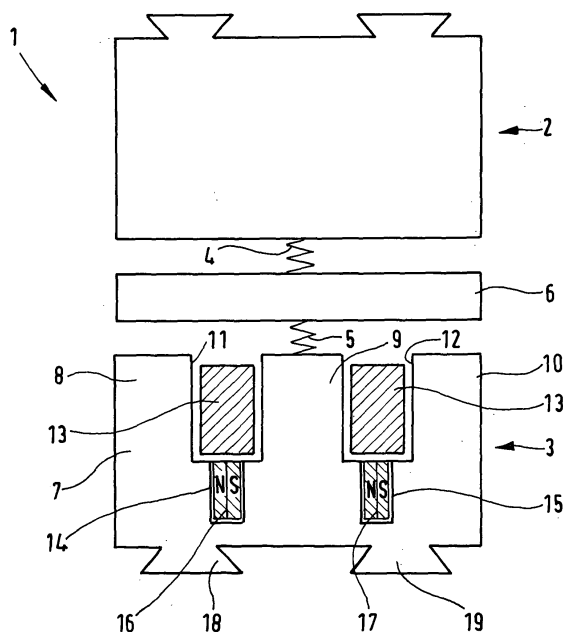


FIG.1

EP 1 479 880 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen elektrischen Ventiltrieb für Verbrennungsmotoren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Ein derartiger Ventiltrieb ist in der DE 197 23 405 A1 im Zusammenhang mit Figur 5 beschrieben. Bei herkömmlichen Motoren werden die Ventile durch eine von der Kurbelwelle angetriebene Nockenwelle mechanisch gesteuert. Seit geraumer Zeit werden elektrisch gesteuerte Ventile erforscht, da diese eine höhere Leistungsausbeute bei geringerem Spritverbrauch versprechen. Bei elektrischen Ventiltrieben unterscheidet man zwei grundsätzliche Varianten, nämlich sogenannte Hubaktuatoren, bei denen die Aktuatoren zur Ventilsteuerung durch Elektromagnete betätigt werden und sogenannte Drehaktuatoren, bei denen zur Ventilbetätigung ein auf einen Nocken wirkender Elektromotor vorgesehen ist. Bei elektrischen Ventiltrieben mit Hubaktuatoren ist ein axial verschieblicher Anker vorgesehen, der durch Federn vorgespannt und in einer Mittelstellung gehalten wird. Der Anker weist eine Ankerplatte auf. Auf beiden Seiten der Ankerplatte ist jeweils ein Elektromagnet angeordnet. Durch Bestromen des einen oder des anderen Elektromagneten kann jeweils ein Magnetfeld erzeugt werden, das den Anker in die eine bzw. in die andere Richtung zieht. Der durch die Federn vorgespannte Anker stellt dabei einen Feder-Masse-Schwinger dar.

[0003] Während eines Verbrennungszyklus muss der Anker während jedes Zyklus einen Großteil der Zyklusdauer in der einen oder der anderen Endstellung, an der die Ankerplatte an dem einen oder dem anderen Elektromagneten anliegt, gehalten werden. In den Endstellungen ist das dem Hubaktor zugeordnete Ventil entweder ganz geöffnet oder ganz geschlossen. Um den Anker in der einen bzw. in der anderen Endstellung zu halten, muss der zugeordnete Elektromagnet mit einem relativ großen Haltestrom bestromt werden. Insgesamt ist somit eine relativ hohe elektrische "Halteleistung" erforderlich.

[0004] Zur Verringerung der elektrischen Halteleistung wurde der in der oben erwähnten DE 197 23 405 A1 vorgeschlagen, an den Elektromagneten jeweils Permanentmagnete anzuordnen, deren Magnetfeld dem Magnetfeld des zugeordneten Elektromagneten gleichgerichtet ist. Durch die von dem Permanentmagneten auf den Anker ausgeübten Magnetkräften wird in der jeweiligen Haltestellung das magnetische Feld des zugeordneten Elektromagneten unterstützt, so dass der zum Halten des Ankers erforderliche Strom geringer ist. Bei der DE 197 23 405 A1 sind die Permanentmagneten seitlich an Polschuhen der Elektromagneten angeordnet. Die ist nicht ganz unproblematisch. Bei Hubaktuatoren können nämlich erhebliche mechanische Belastungen auftreten, insbesondere Schwingungsbelastungen. Einzelkomponenten, wie z.B. die Permanentmagnete, müssen sehr fest am Joch des zu-

geordneten Elektromagneten befestigt sein, um im Dauerbetrieb ein Ablösen aufgrund mechanischer Belastungen zu verhindern.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Hubaktor für einen elektrischen Ventiltrieb mit Elektro- und Permanentmagneten zu schaffen, bei dem die Permanentmagneten magnetisch günstig, mechanisch fest und platzsparend angeordnet sind.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0007] Die Erfindung geht von einem an sich bekannten elektrischen Ventiltrieb für Verbrennungsmotoren aus, der einen verschieblichen Anker mit einer Ankerplatte sowie einem ersten und einem zweiten Elektromagneten aufweist, die beidseitig bezüglich der Ankerplatte angeordnet sind. Die Elektromagneten weisen jeweils ein aus einem Blechpaket gebildetes Joch sowie eine daran angeordnete elektrische Spule auf. Durch Bestromen der Spule des einen Elektromagneten ist ein Magnetfeld erzeugbar, das den Anker in Richtung einer ersten Endstellung zieht und durch Bestromen der Spule des anderen Elektromagneten ist ein Magnetfeld erzeugbar, das den Anker in entgegengesetzte Richtung zu einer zweiten Endstellung zieht. Zur Verringerung des Haltestroms, der zum Halten des Ankers in der einen bzw. der anderen Endstellung erforderlich ist, ist an mindestens einem, vorzugsweise an beiden Jochen jeweils mindestens ein Permanentmagnet angeordnet. Der bzw. die Permanentmagneten zieht bzw. ziehen den Anker an, wenn sich dieser im Nahbereich des zugeordneten Elektromagneten befindet.

[0008] Der Kern der Erfindung besteht darin, dass der mindestens eine Permanentmagnet "hinter der Spule" des zugeordneten Elektromagneten angeordnet ist. "Hinter der Spule" bedeutet, dass der mindestens eine Permanentmagnet auf einer der Ankerplatte abgewandten Seite der Spule des zugeordneten Elektromagneten angeordnet ist.

[0009] Vorzugsweise weist das Joch, an dem der mindestens eine Permanentmagnet angeordnet ist, von der Ankerplatte aus gesehen, im Bereich "hinter" der Spule, eine Ausnehmung auf, in welcher der mindestens eine Permanentmagnet angeordnet ist. Der mindestens eine Permanentmagnet ist also formschlüssig in das Joch "eingebettet".

[0010] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der mindestens eine Permanentmagnet von der Ankerplatte aus gesehen unmittelbar im Bereich hinter den Windungen der Spule angeordnet ist. Dadurch ergibt sich ein "Magnetkreis" mit relativ geringem magnetischen Widerstand.

[0011] Wie bereits erwähnt, treten im Dauerbetrieb am Hubaktor erhebliche mechanische Belastungen, insbesondere Schwingungen auf. Aus diesem Grund ist es erforderlich, dass der Hubaktor kompakt und möglichst robust aufgebaut ist. Um dies zu erreichen,

ist die Spule des bzw. der Elektromagneten formschlüssig zwischen Polschuhen des zugeordneten Jochs angeordnet. Auch der mindestens eine Permanentmagnet ist formschlüssig in einer Ausnehmung des jeweiligen Jochs angeordnet. Vorzugsweise sind die Spule und der mindestens eine Permanentmagnet in das Joch eingegossen. Das heißt, zwischen Joch, Spule und Permanentmagnet wird ein aushärtendes Bindemittel, z.B. Epoxidharz, eingegossen. Nach dem Aushärten des Bindemittels erhält man eine sehr kompakte, robuste Einheit.

[0012] Vorzugsweise sind die Joche der Elektromagneten ebenfalls in einem Gehäuse angeordnet. Aus Festigkeitsgründen ist es von Vorteil, wenn die Joche ebenfalls in das Gehäuse eingegossen sind. Das "Gehäuse" ist bei einem realen Motor durch den Zylinderkopf gebildet. Um die mechanische Verbindung des Jochs mit dem umgebenden Gehäuse weiter zu verbessern, können an der Außenseite der Joche ein oder mehrere Hinterschnittelemente angeordnet sein, die beim Eingießen der Joche in das Gehäuse von Gehäusematerial ausgefüllt sind. Dadurch wird eine formschlüssige Verbindung der Joche mit dem Gehäuse erreicht.

[0013] Vorzugsweise ist der mindestens eine Permanentmagnet im Bereich zwischen der Spule und dem mindestens einen Hinterschnittelement angeordnet. Das vom Außenumfang des Jochs abstehende Hinterschnittelement stellt eine "Materialanhäufung" dar, die den magnetischen Fluss im Bereich des mindestens einen Permanentmagneten begünstigt.

[0014] Wie bereits angedeutet, können ein oder mehrere, z.B. zwei Permanentmagnete pro Joch vorgesehen sein. Die beiden Permanentmagneten können in ihrer Nord-Süd-Richtung gesehen voneinander beabstandet sein. Ferner kann vorgesehen sein, dass die Permanentmagnete in einer Richtung quer zu ihrer Nord-Süd-Richtung versetzt zueinander angeordnet sind.

[0015] Im Folgenden wird die Erfindung im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 das Grundprinzip eines Hubaktuators gemäß der Erfindung;
- Figuren 2, 3 verschiedene Varianten eines Elektromagneten der Hubaktuoranordnung im Querschnitt;
- Figuren 4a, 4b, 5, 6 verschiedene Anordnungsmöglichkeiten der Permanentmagneten im Joch des zugeordneten Elektromagneten.

[0016] Figur 1 zeigt einen Hubaktor 1 gemäß der Erfindung in schematischer Darstellung. Der Hubaktor 1 weist einen ersten Elektromagnet 2 und einen zweiten Elektromagnet 3 auf. Ferner ist ein durch Fe-

dern 4, 5 in eine Mittellage vorgespannter Anker vorgesehen, von dem hier nur eine Ankerplatte 6 dargestellt ist. Die Ankerplatte 6 ist zwischen den beiden Elektromagneten 2, 3 angeordnet. Der Anker weist ferner einen hier nicht dargestellten Schaft auf und ist zwischen einer oberen und unteren Endstellung axial zwischen den beiden Elektromagneten verschieblich angeordnet. Die Elektromagneten weisen jeweils ein durch ein Blechpaket gebildetes Joch 7 mit Polschuhen 8-10 auf. Durch die Polschuhe 8-10 sind Ausnehmungen 11, 12 gebildet, in denen eine Spule 13 des Elektromagneten angeordnet ist.

[0017] Von der Ankerplatte 6 aus gesehen, weist das Joch 7 im Bereich "hinter" der Spule 13 Ausnehmungen 14, 15 auf, in denen jeweils ein Permanentmagnet 16, 17 angeordnet ist.

[0018] Im Bereich hinter den Ausnehmungen 14, 15 bzw. der darin angeordneten Permanentmagneten 16, 17 weist das Joch an seiner Außenseite zwei schwalbenschwanzartige Hinterschnittelemente 18, 19 auf. Die Hinterschnittelemente 18, 19 dienen primär dazu, dass das Joch 7, das in ein das Joch 7 umgebendes Gehäuse - z.B. einen Zylinderkopf - eingegossen ist, formschlüssig und somit mechanisch robust mit dem Gehäuse (nicht dargestellt) verbunden ist. Durch die Hinterschnittelemente 18, 19 wird also ein Formschluss zwischen dem Joch 7 und dem umgebenden Gehäuse (nicht dargestellt) erreicht. Der hier nur schematisch dargestellte Elektromagnet 2 kann ganz analog wie der Elektromagnet 3 aufgebaut sein.

[0019] Durch die Anordnung der Permanentmagneten 16, 17 im Bereich der Hinterschnittelemente ist die mechanische Festigkeit des geblechten Jochs 7 gewährleistet. Die Gefahr, dass sich das geblechte Joch 7 in mehrere Teilstücke aufteilt, besteht somit nicht. Insgesamt ergibt sich durch die beschriebene Anordnung eine hohe Stabilität bei geringem produktionstechnischem Aufwand.

[0020] Durch Bestromen der Spule 13 kann der Anker in Richtung zum Elektromagnet 3 hin gezogen werden. Wenn sich die Ankerplatte 6 im Nahbereich des Elektromagneten 3 befindet, wird die Ankerplatte zusätzlich zu dem von der Spule 13 erzeugten Magnetfeld vom Magnetfeld der Permanentmagneten 16, 17 erfasst. Zum Halten der Ankerplatte 6 in der Endstellung, in der die Ankerplatte 6 am Joch 7 anliegt, ist also aufgrund der Permanentmagneten 14, 15 ein geringerer Haltestrom erforderlich als bei rein elektromagnetischer Betätigung des Ankers, d.h. wenn keine Permanentmagneten vorhanden wären.

[0021] Wie bereits mehrfach erwähnt, treten an einem Hubaktor im Dauerbetrieb erhebliche mechanische Belastungen auf. Um eine möglichst robuste Anordnung zu erreichen, sind die Spule 13 und die Permanentmagneten 16, 17 in die zugeordneten Ausnehmungen 11, 12 bzw. 14, 15 eingegossen und zwar beispielsweise durch ein aushärtbares Kunstharz, z.B. Epoxidharz.

[0022] Figur 2 zeigt eine Variante des in Figur 1 dar-

gestellten Elektromagneten 3 des Hubaktuators. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist nur ein einziger Permanentmagnet 16 vorgesehen. Der Permanentmagnet 16 ist hier etwas breiter als der in Figur 1 vorgesehene Elektromagnet 16. Der Elektromagnet 16 der Figur 2 hat im wesentlichen dieselbe Breite wie die Spule 13. Dementsprechend gehen die Ausnehmungen 11 und 14 ineinander über bzw. sind durch eine einzige Nut im Joch 7 gebildet.

[0023] Figur 3 zeigt eine weitere Variante des Elektromagneten 3. Ähnlich wie bei Figur 1 sind hier zwei Permanentmagneten 16, 17 vorgesehen. Diese sind jedoch nicht mittig unterhalb der Spule 13 angeordnet, sondern zur Mitte des Jochs 7 hin versetzt. Wie aus Figur 3 ersichtlich ist, haben die Permanentmagneten 16, 17 eine etwas geringere Breite als die Spule 13. Dementsprechend haben auch die Ausnehmungen 14, 15 eine etwas geringere Breite als die Ausnehmungen 11, 12.

[0024] Die Figuren 4a, 4b, 5, 6 zeigen Draufsichten auf verschiedene Varianten der Erfindung. Beim Ausführungsbeispiel der Figuren 4a, 4b sind die Permanentmagneten 14, 15 mittig unterhalb der Ausnehmungen 11, 12 angeordnet. Wie aus Figur 4a ersichtlich ist, erstrecken sich die Permanentmagneten 16, 17 über die gesamte Länge des Jochs 7.

[0025] Beim Ausführungsbeispiel der Figur 5 sind die Permanentmagneten 16, 17 kürzer als beim Ausführungsbeispiel der Figuren 4a, 4b. Die Permanentmagneten 16, 17 sind bezüglich ihrer Längsrichtung mittig am Joch 7 angeordnet.

[0026] Im Unterschied dazu sind die Permanentmagneten 16, 17 beim Ausführungsbeispiel der Figur 6 in ihrer Längsrichtung versetzt am Joch 7 angeordnet.

Patentansprüche

1. Elektrischer Ventiltrieb für Verbrennungsmotoren mit einem verschieblich angeordneten Anker, der eine Ankerplatte (6) aufweist, einem ersten Elektromagneten (2), der auf der einen Seite der Ankerplatte (6) angeordnet ist und einem zweiten Elektromagneten (3), der auf der anderen Seite der Ankerplatte (6) angeordnet ist, wobei die Elektromagneten (2, 3) jeweils ein Joch (7) und eine daran angeordnete Spule (13) aufweisen und durch Bestromen der Spule (13) des einen Elektromagneten (2) ein Magnetfeld erzeugbar ist, das den Anker in Richtung einer ersten Endstellung zieht und durch Bestromen des anderen Elektromagneten (3) ein Magnetfeld erzeugbar ist, das den Anker in entgegengesetzte Richtung zu einer zweiten Endstellung zieht, und wobei an mindestens einem der Joch (7) mindestens ein Permanentmagnet (16, 17) angeordnet ist, welcher, insbesondere wenn sich die Ankerplatte (6) in einem Nahbereich des zugeordneten Elektromagne-

ten (3) befindet, den Anker anzieht,

dadurch gekennzeichnet, dass

der mindestens eine Permanentmagnet (16, 17) auf einer der Ankerplatte (6) abgewandten Seite der Spule (13) des zugeordneten Elektromagneten (3) angeordnet ist.

2. Elektrischer Ventiltrieb nach Anspruch 1, wobei das Joch (7), an dem der mindestens eine Permanentmagnet (16, 17) angeordnet ist, eine Ausnehmung (11, 12) aufweist, in der die zugeordnete Spule (13) angeordnet ist und dass von der Ankerplatte (6) aus gesehen in einem Bereich hinter der Spule (13) eine Ausnehmung (14, 15) im Joch (7) vorgesehen ist, in welcher der mindestens eine Permanentmagnet (16, 17) angeordnet ist.
3. Elektrischer Ventiltrieb nach Anspruch 1 oder 2, wobei der mindestens eine Permanentmagnet (16, 17) von der Ankerplatte (6) aus gesehen in einem Bereich hinter den Windungen der Spule (13) angeordnet ist.
4. Elektrischer Ventiltrieb nach einem der Ansprüche 2 oder 3, wobei die Spule (13) und der mindestens eine Permanentmagnet (16, 17) an dem zugeordneten Joch (7) durch ein zwischen Joch (7), Spule (13) und Permanentmagnet (16, 17) eingegossenes und anschließend ausgehärtetes Bindemittel fixiert sind.
5. Elektrischer Ventiltrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Joch (7) in einem Gehäuse angeordnet ist.
6. Elektrischer Ventiltrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Joch (7) in ein Gehäuse eingegossen ist.
7. Elektrischer Ventiltrieb nach Anspruch 6, wobei das Joch (7) an seiner Außenseite mindestens ein von der Außenseite abstehendes Hinterschnittlelement (18, 19) aufweist, wobei ein durch das Hinterschnittlelement (18, 19) gebildeter Hinterschnitt vom Material des Gehäuses ausgefüllt ist und dadurch formschlüssig mit dem Gehäuse verbunden ist.
8. Elektrischer Ventiltrieb nach Anspruch 7, wobei der mindestens eine Permanentmagnet (16, 17) im Bereich zwischen der zugeordneten Spule (13) und dem mindestens einen Hinterschnittlelement (18, 19) angeordnet ist.
9. Elektrischer Ventiltrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei mindestens an einem der beiden Joch (7) der Elektromagneten (2, 3) zwei Permanentmagneten (16, 17) angeordnet sind.

10. Elektrischer Ventiltrieb nach Anspruch 9, wobei die beiden Permanentmagneten (16, 17) in ihrer Nord-Süd-Richtung gesehen voneinander beabstandet angeordnet sind.

5

11. Elektrischer Ventiltrieb nach Anspruch 9 oder 10, wobei die beiden Permanentmagneten (16, 17) in einer Richtung, die quer zu ihrer Nord-Süd-Richtung ist, versetzt zueinander angeordnet sind.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

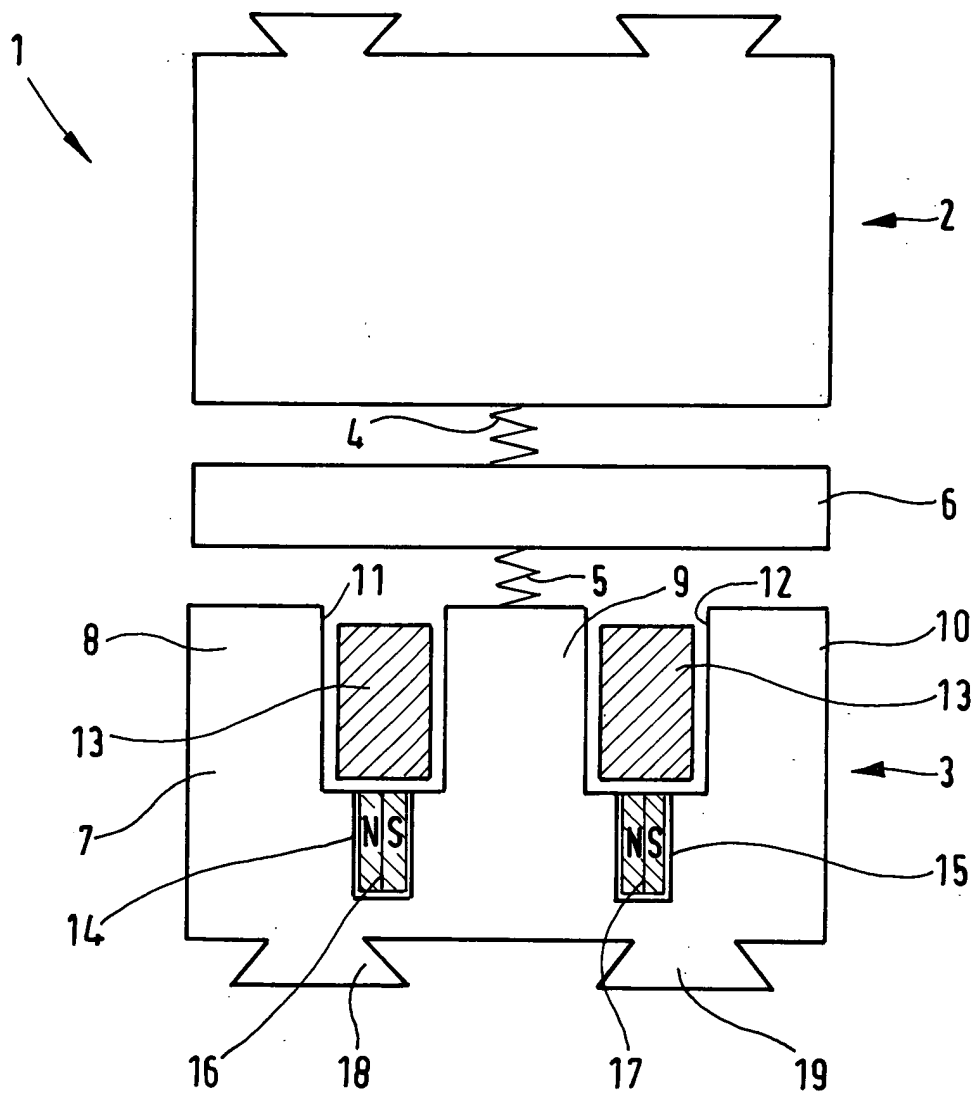


FIG.1

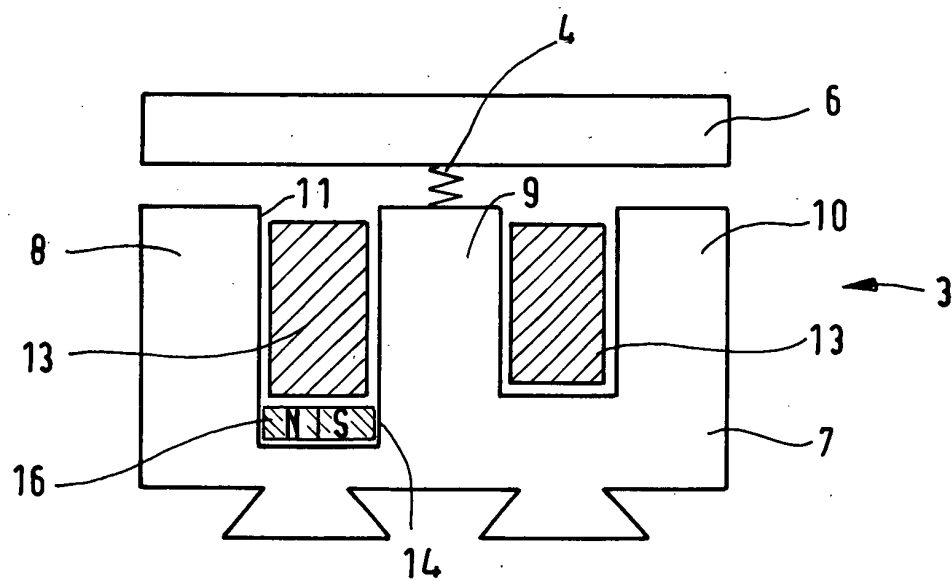


FIG. 2

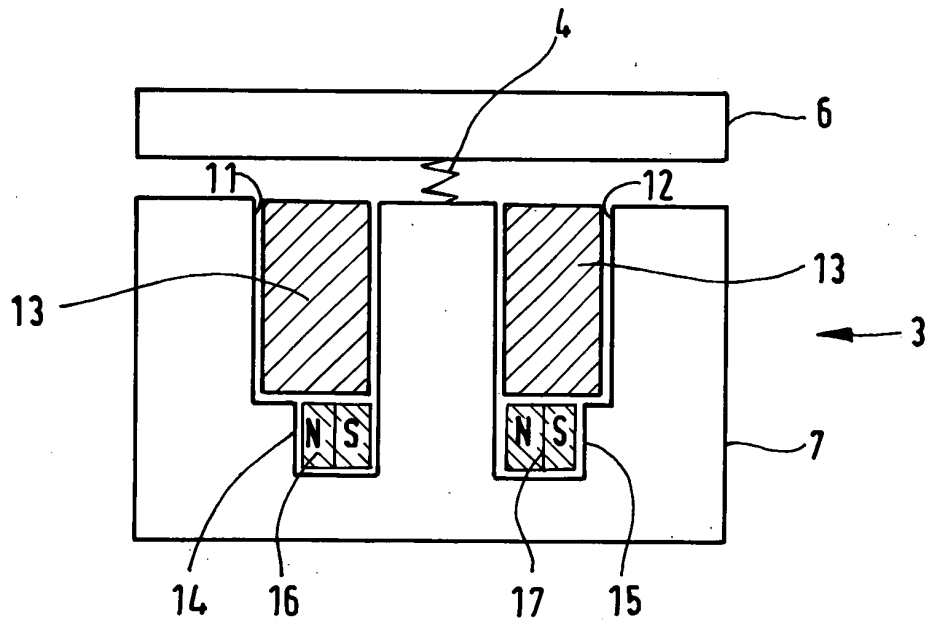


FIG. 3

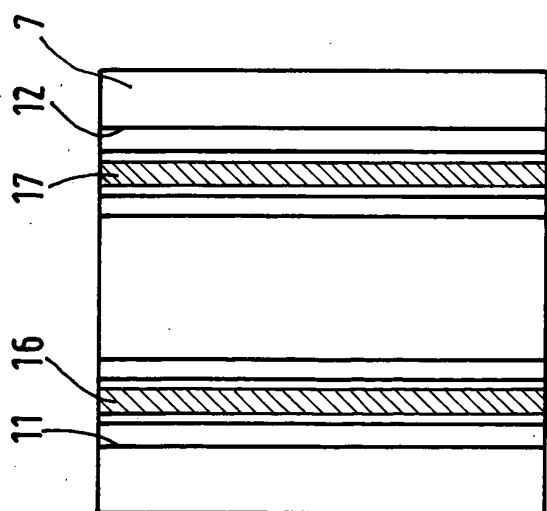


FIG. 4a

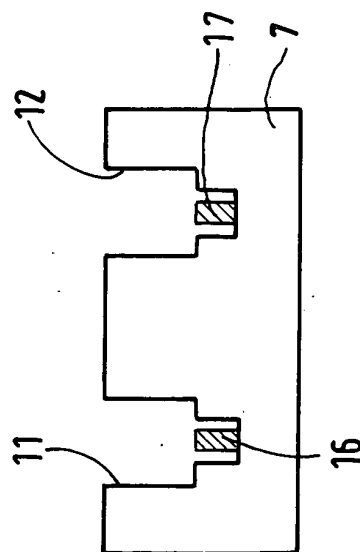


FIG. 4b

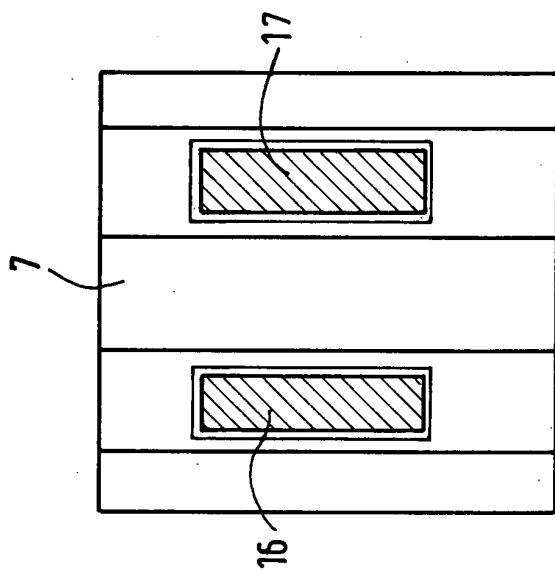


FIG. 5

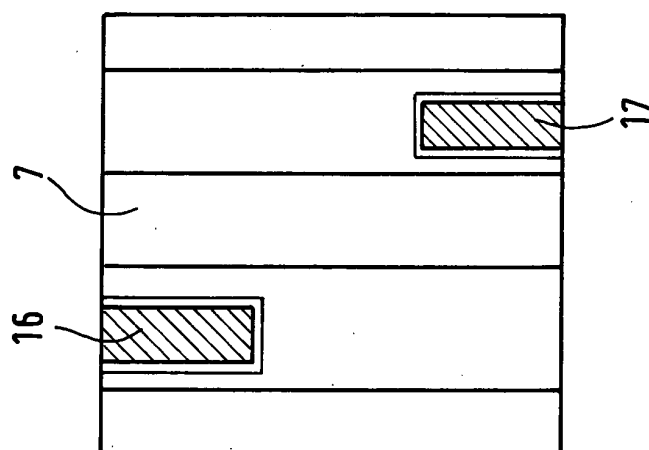


FIG. 6