



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 651 152 A5

⑤① Int. Cl.4: H 01 F 40/02
G 01 R 1/20
G 01 R 33/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 10521/79

⑦③ Inhaber:
LGZ Landis & Gyr Zug AG, Zug

㉔ Anmeldungsdatum: 27.11.1979

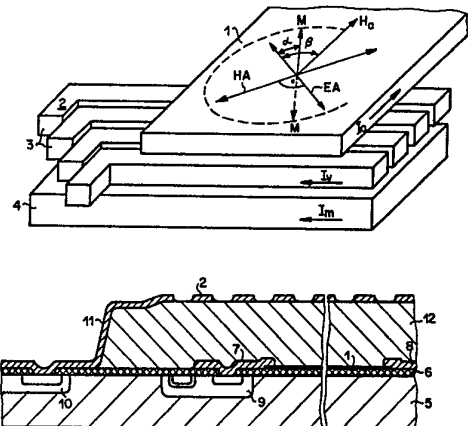
㉔ Patent erteilt: 30.08.1985

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 30.08.1985

⑦② Erfinder:
Lienhard, Heinz, Zug
Schneider, Gernot, Baar

⑤④ Messwandler zum Messen eines insbesondere von einem Messstrom erzeugten Magnetfeldes.

⑤⑦ Der Messwandler besteht aus mindestens einem als Magnetfeldkomparator arbeitenden magnetoresistiven Magnetfilm (1), einer einen alternierenden Vormagnetisierungsstrom (I_V) führenden Magnetspule (2) und einem einen Messstrom (I_M) führenden Flachleiter (4). Der Widerstand des Magnetfilms (1) ändert sich im Nulldurchgang des magnetischen Aussenfeldes sprunghaft, wobei der Zeitpunkt der Widerstandsänderung ein Mass für den Messstrom (I_M) darstellt. Der Magnetfilm (1) ist auf einem Halbleiterplättchen (5) angeordnet, das einen monolithischen integrierten Schaltkreis darstellt. Der Messwandler ist als Massenprodukt in konventioneller IC-Technologie herstellbar und findet hauptsächlich in statischen Elektrizitätszählern Verwendung.



PATENTANSPRÜCHE

1. Messwandler zum Messen eines insbesondere von einem Messstrom erzeugten Magnetfeldes mit einer einen alternierenden Vormagnetisierungsstrom führenden Magnet-
spule und einem Magnetfeldkomparator, der aus mindestens einem anisotropen Magnetfilm aus ferromagnetischem
magnetoresistivem Material besteht, an eine Stromquelle
angeschlossen ist und einem magnetischen Aussenfeld, das
der Summe des zu messenden Magnetfeldes und dem vom
Vormagnetisierungsstrom erzeugten Vormagnetisierungsfeld
entspricht, so ausgesetzt ist, dass der Magnetfilm durch das
Aussenfeld in seiner leichten Magnetachse abwechselnd in
beide Sättigungsrichtungen geschaltet wird und jeweils an-
nähernd im Nulldurchgang des Aussenfeldes seinen elektrischen
Widerstand sprungartig ändert, so dass der Zeitpunkt
der Widerstandsänderung ein Mass für den Betrag und das
Vorzeichen des zu messenden Magnetfeldes darstellt,
dadurch gekennzeichnet, dass der Magnetfeldkomparator (1)
auf einem Halbleiterplättchen (5) angeordnet ist, das einen
monolithischen integrierten Schaltkreis (14) darstellt.

2. Messwandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetspule (2; 27, 28) eine auf dem Halbleiter-
plättchen (5) angeordnete, in einer oder mehreren Ebenen
liegende Dünnfilmspule ist.

3. Messwandler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaltkreis (14) eine Vormagnetisierungs-
stromquelle (16), die an den Magnetfeldkomparator (1) an-
geschlossene Stromquelle (17), einen Verstärker (18), einen
Schwellenschalter (19) und/oder ein digitales oder analoges
Signalverarbeitungsglied aufweist.

4. Messwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiterplättchen (5)
zwischen den Schenkeln eines U-förmig gebogenen, den
Messstrom (I_m) führenden Flachleiters (4) angeordnet ist.

5. Messwandler nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetspule aus zwei
Gruppen paralleler, in jeweils einer Ebene liegender Leiter-
bahnen (27, 28) besteht, wobei die Leiterbahnen (27) der
einen Gruppe unterhalb des Magnetfilms (1) und die Leiter-
bahnen (28) der anderen Gruppe oberhalb des Magnetfilms
(1) angeordnet sind und die beiden Enden der Leiterbahnen
(28) der einen Gruppe jeweils mit einem Ende zweier ver-
schiedener Leiterbahnen (27) der anderen Gruppe verbunden
sind.

Ein Messwandler der im Oberbegriff des Anspruchs 1
genannten Art ist aus der UK Patent Application GB
2 000 873 A bekannt. In dieser Druckschrift ist erwähnt, dass
die magnetische Vorzugsrichtung des Magnetfilms, d.h. des-
sen leichte Magnetachse parallel, senkrecht oder in einem
Winkel von z.B. 45° zur Richtung des magnetischen Aussen-
feldes liegen kann. Als Magnetspule zur Erzeugung des Vor-
magnetisierungsfeldes ist dort eine Flachspule aus Band oder
Draht oder eine spiralförmige Kupferschicht in der Art einer
geätzten gedruckten Schaltung vorgesehen.

Der im Anspruch 1 angegebenen Erfindung liegt die Auf-
gabe zugrunde, einen Aufbau des Messwandlers zu schaffen,
der mit modernen Massenproduktionsverfahren und niedrigen
Herstellungskosten realisierbar ist.

Nachfolgend werden einige Ausführungsbeispiele der
Erfindung anhand der nicht massstäblich gezeichneten Zeich-
nungsfiguren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Prinzipdarstellung eines Messwandlers,

Figur 2 und 3 je einen Messwandler im Schnitt,

Figur 4 einen Messwandler mit einem Messleiter,

Figur 5 ein Prinzipschaltbild eines statischen Elektrizitäts-
zählers mit einem Messwandler,

Figur 6 einen weiteren Messwandler im Schnitt und
Figur 7 den Messwandler nach der Figur 6 in der Drauf-
sicht.

In der Figur 1 bedeutet 1 einen anisotropen Magnetfilm
aus ferromagnetischem magnetoresistivem Material, der
einen Magnetfeldkomparator bildet und an eine nicht darge-
stellte Stromquelle angeschlossen ist, die einen in der Längs-
richtung des Magnetfilms 1 fließenden Strom I_0 in den
Magnetfilm einspeist. Die leichte Magnetachse EA des
Magnetfilms 1 schliesst zur Längsrichtung und zu einem in
der Längsrichtung an den Magnetfilm angelegten magneti-
schen Aussenfeld H_a einen Winkel β ein.

In einer zum Magnetfilm 1 parallelen Ebene ist eine
Magnetspule 2 angeordnet, deren Leiterbahn eine rechteck-
förmige Spirale bildet, wobei die einzelnen Windungen 3 in
jenem Bereich, in welchem sie mit dem Magnetfilm 1 magne-
tisch gekoppelt sind, senkrecht zur Längsrichtung des
Magnetfilms 1 liegen. Die Magnetspule 3 führt einen alternie-
renden Vormagnetisierungsstrom I_v mit definiertem Kurven-
verlauf. Dieser Vormagnetisierungsstrom I_v erzeugt in der
Längsrichtung des Magnetfilms 1 ein Vormagnetisierungsfeld.
Wird ausserdem in der Längsrichtung des Magnetfilms 1
ein zu messendes Magnetfeld eingekoppelt, so entsteht in der
Längsrichtung ein magnetisches Aussenfeld H_a , das der
Summe des zu messenden Magnetfeldes und des Vormagne-
tisierungsfeldes entspricht. Im dargestellten Beispiel wird das
zu messende Magnetfeld durch einen Messstrom I_m erzeugt,
der in einem Flachleiter 4 senkrecht zur Längsrichtung des
Magnetfilms 1 fliesst. Der Magnetisierungsvektor M wird
durch das Aussenfeld H_a um den Winkel α von der leichten
Magnetachse EA weggedreht.

Bei $H_a = 0$ liegt der Magnetisierungsvektor M des Magnet-
films 1 in Richtung der leichten Magnetachse EA, ist also
gegenüber der Längsrichtung des Magnetfilms 1 um den Win-
kel β gedreht. Steigt das magnetische Aussenfeld H_a negativ –
d.h. entgegengesetzt zur vorangehenden Richtung – an, so
wird der Magnetisierungsvektor M vorerst stetig weiterge-
dreht, wobei der Winkel α negativ ansteigt. Nach dem Über-
schreiten eines Stabilitätspunktes, der nach dem bekannten
Stoner-Wohlfahrts-Modell bestimmbar ist, wird der Magneti-
sierungsvektor M unstetig, d.h. unabhängig von der Ände-
rungsgeschwindigkeit des Aussenfeldes H_a , über die harte
Magnetachse HA hinaus weitergedreht und nimmt sehr rasch
eine neue, in der Figur 1 gestrichelt gezeichnete Gleich-
wichtsposition ein. Hierbei ändert der Magnetfilm 1 seinen
ohmschen Widerstand sprungartig, was sich in einem ausge-
prägten, steilen Spannungssprung der am Magnetfilm 1 abfal-
lenden Spannung äussert. Dieser Spannungssprung kann
leicht detektiert werden und markiert den Nulldurchgang des
Aussenfeldes H_a mit hoher Genauigkeit. Das unstetige Schat-
ten des Magnetfilms 1 erfolgt zwar nicht exakt im Nulldurch-
gang des Aussenfeldes H_a , sondern bei einer Umschaltfeld-
stärke H_{a0} , d.h. es entsteht eine Hysterese $2 H_{a0}$. Diese ist
minimal für $\beta = 45^\circ$ und hängt ferner von der Anisotropie-
feldstärke des magnetoresistiven Materials und von der soge-
nannten Entmagnetisierung an. Eine kleine Entmagnetisie-
rung und damit eine kleine Hysterese bedingt, dass die Film-
dicke des Magnetfilms 1 sehr klein ist im Vergleich zur Breite.

Ist die Entmagnetisierung nicht vernachlässigbar klein, so
kann ihr Einfluss weitgehend kompensiert werden, wenn
anstelle des Magnetfilms 1 zwei gleichartige, deckungsgleich
angeordnete und durch eine dünne, magnetisch nichtleitende
Isolierschicht getrennte Magnetfilme verwendet werden,
wobei in jedem dieser Magnetfilme der Strom $\frac{1}{2} I_0$ fliesst und
vorzugsweise $\beta = 0$ gewählt wird.

Gemäss der Figur 2 ist der Magnetfilm 1 auf einem Halb-
leiterplättchen 5 angeordnet, das einen monolithischen integrierten
Schaltkreis (IC) mit den erforderlichen elektronischen
Komponenten des Messwandlers bildet. Zwischen dem

Magnetfilm 1 und dem Halbleiterplättchen 5 befindet sich eine Isolationsschicht 6, beispielsweise aus SiO_2 . Die längsseitigen Enden des Magnetfilms 1 sind mit Leiterbahnen 7, 8 zum Anschluss des Magnetfilms 1 an eine den Strom I_0 liefernde Gleichstromquelle kontaktiert. Das Halbleiterplättchen 5 enthält unter anderem zwei Transistoren 9, 10, von denen der eine über die Leiterbahn 7 mit dem Magnetfilm 1 verbunden ist und in diesen den Strom I_0 einspeist, während der andere über eine Leiterbahn 11 an die Magnetspule 2 angeschlossen ist und den Vormagnetisierungsstrom I_v liefert.

Vorzugsweise ist die Magnetspule 2 eine ebene Dünnschichtspule und zusammen mit dem Magnetfilm 1 auf dem Halbleiterplättchen 5 angeordnet. Im Beispiel der Figur 2 ist die Magnetspule 2 auf der dem Halbleiterplättchen 5 abgewandten Seite des Magnetfilms 1 angeordnet und von diesem und von den Leiterbahnen 7, 8 durch eine Isolationsschicht 12 isoliert. Der Magnetfilm 1 befindet sich in einem definierten Abstand von z.B. einigen μ von der Magnetspule 2 an einem Ort, wo das Vormagnetisierungsfeld über der magnetisch aktiven Länge des Magnetfilms 1 praktisch konstant ist.

Die Leiterbahnen 7, 8 und 11 und die Magnetspule 2 können z.B. aus Gold, Kupfer oder Aluminium bestehen und nach in der IC-Technologie bekannten photolithographischen Verfahren auf die Isolationsschicht 6 bzw. 12 aufgetragen werden. Auch das Auftragen der Isolationsschichten 6 und 12 kann nach in der IC-Herstellung üblichen Verfahren erfolgen. Ausserdem besteht die Möglichkeit, die Erzeugung der Leiterbahnen 7, 8 und 11, der Magnetspule 2 sowie der Isolationsschichten 6 und 12 mit entsprechenden Kontaktierungsschritten bzw. Isolationsschritten bei der Herstellung des integrierten Schaltkreises zu kombinieren, so dass gegenüber der konventionellen Herstellung integrierter Schaltkreise zur Erzeugung des beschriebenen Messwandlers lediglich das Auftragen des Magnetfilms 1 als zusätzlicher Arbeitsschritt erforderlich ist.

Der Messwandler nach der Figur 3 unterscheidet sich von jenem nach der Figur 2 im wesentlichen dadurch, dass die Magnetspule 2 zwischen dem Halbleiterplättchen 5 und dem Magnetfilm 1 angeordnet ist. Obwohl die einzelnen Schichten in der Figur 3 zum Teil eine etwas andere Form als in der Figur 2 aufweisen, sind in der Figur 3 der besseren Übersichtlichkeit halber Teile, welche die gleiche Funktion wie in der Figur 2 erfüllen, mit den gleichen Bezugszahlen bezeichnet.

Das Halbleiterplättchen 5 mit dem Magnetfilm 1 und der Magnetspule 2 kann in konventioneller Weise mit elektrischen Anschlüssen versehen und in ein Gehäuse eingekapselt werden. Hierbei kann der Flachleiter 4 (Fig. 1) ähnlich wie ein Kühlblech eines Leistungstransistors als Teil des Gehäuses dienen. Vorteilhaft ist der Flachleiter 4 gemäss der Figur 4 U-förmig gebogen und das Halbleiterplättchen 5 zwischen den Schenkeln des Flachleiters 4 angeordnet, wobei die elektrischen Anschlüsse 13 seitlich zwischen den Schenkeln heraustreten. Das durch den Messstrom I_m erzeugte Magnetfeld ist zwischen den Schenkeln des Flachleiters 4 maximal und ausserhalb denselben praktisch null. Durch Auftragen einer weichmagnetischen Schicht auf den Aussenflächen des Flachleiters 4 kann für eine zusätzlich magnetische Abschirmung gesorgt werden.

Die elektrische Prinzipschaltung des durch das Halbleiterplättchen 5 gebildeten integrierten Schaltkreises mit dem Magnetfilm 1 und der Magnetspule 2 ist in der Figur 5 innerhalb eines Schaltblockes 14 dargestellt. Dieser Schaltblock 14 enthält einen Oszillator 15, eine Vormagnetisierungsstromquelle 16, eine Gleichstromquelle 17, einen Wechselstromverstärker 18, einen Schwellenschalter 19, einen Multiplikator 20 oder ein anderes analoges oder digitales Signalverarbeitungsglied, ferner einen Speisespannungsstabilisator 21, den Magnetfilm 1 mit den Leiterbahnen 7, 8 und die Magnetspule

2, die im Beispiel der Figur 5 eine Doppelspiralspule ist.

Der Oszillator 15 erzeugt eine Impulsfolge mit konstanter Frequenz, mit der die den Vormagnetisierungsstrom I_v liefernde Vormagnetisierungsstromquelle 16 angesteuert wird.

Die Gleichstromquelle 17 speist den Strom I_0 in den Magnetfilm 1. Der Wechselspannungsanteil der über dem Magnetfilm 1 abfallenden Spannung wird im Wechselspannungsverstärker 18 verstärkt und gelangt zum Schwellenschalter 19, der jeweils praktisch im Nulldurchgang des Aussenfeldes H_a einen Impuls abgibt. Bei definierter Kurvenform des alternierenden Vormagnetisierungsstromes I_v stellen die Zeitpunkte, in denen diese Impulse auftreten, ein Mass dar für den Momentanwert und das Vorzeichen des an den Messwandler angelegten Magnetfeldes bzw. des im Flachleiter 4 fliessenden Stromes. Im Multiplikator bzw. Signalverarbeitungsglied 20 kann aufgrund dieser Zeitpunkte ein den Momentanwert des Stromes darstellendes analoges oder digitales Signal gebildet werden.

Der beschriebene Messwandler eignet sich vorzüglich in einer Vorrichtung zur Messung elektrischer Energie. Hierzu werden der zu messende Wechselstrom unmittelbar in den Flachleiter 4 eingespeist, gemäss der Figur 5 die zu messende Spannung U z.B. über einen Spannungsteiler 22 dem Multiplikator 20 zugeführt und dessen Ausgang an ein Zählwerk 23 angeschlossen. Der Multiplikator 20 bildet das Produkt aus dem Momentanwert des mit dem Messwandler ermittelten Wechselstromes und dem Momentanwert der Wechselspannung, und das Zählwerk 23 bildet das Zeitintegral des Produktes.

Zur Speisung des Schaltungsblocks 14 wird die Wechselspannung U mittels eines Transformators 24, eines Gleichrichters 25 und eines Kondensators 26 in eine Kleingleichspannung umgeformt und diese an den Speisespannungsstabilisator 21 angelegt.

Zur Messung elektrischer Energie in einem Drehstromnetz wird vorteilhaft für jede Phase ein Messwandler der beschriebenen Art eingesetzt, wobei die Produktbildung für jede Phase im Multiplikator 20 des Schaltungsblocks 14 der betreffenden Phase oder in einem allen Phasen gemeinsamen Mikrocomputer erfolgen kann.

Die Windungen der als Dünnschichtspule ausgebildeten Magnetspule 2 können, wie bereits erwähnt, in einer gemeinsamen Ebene liegen. Ferner besteht die Möglichkeit, die einzelnen Windungen der Dünnschichtspule in bekannter Weise deckungsgleich übereinander anzuordnen und jeweils durch eine dazwischenliegende Isolationsschicht voneinander zu isolieren.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform einer Dünnschichtspule wird nachfolgend anhand der Figur 6 und 7 erläutert, in denen gleiche Bezugszahlen wie in den vorangehenden Zeichnungsfiguren auf Teile gleicher Funktion hinweisen. Beim Messwandler nach den Figuren 6 und 7 besteht die Dünnschichtspule aus einer ersten Gruppe paralleler, in einer ersten Ebene liegender Leiterbahnen 27 und aus einer zweiten Gruppe paralleler, in einer zweiten Ebene liegender Leiterbahnen 28. Die Leiterbahnen 27 befinden sich unterhalb des Magnetfilms 1 auf der auf das Halbleiterplättchen 5 aufgetragenen Isolationsschicht 6 und sind vom Magnetfilm 1 durch die Isolationsschicht 12 isoliert. Oberhalb des Magnetfilms 1 sind auf einer Isolationsschicht 29 die Leiterbahnen 28 angeordnet. Die Isolationsschichten 12 und 29 bedecken die Leiterbahnen 27 nicht vollständig, sondern lassen deren Enden frei zugänglich. Die beiden Enden der Leiterbahnen 28 sind Z-förmig abgekröpft und jeweils mit einem Ende zweier aufeinanderfolgender Leiterbahnen 27 verbunden. Gegenüber der ebenen Magnetspule 2 weist die aus den Leiterbahnen 27, 28 bestehende Magnetspule bei gleicher Windungszahl eine um ein Vielfaches geringere Leiterlänge auf.

Fig. 1

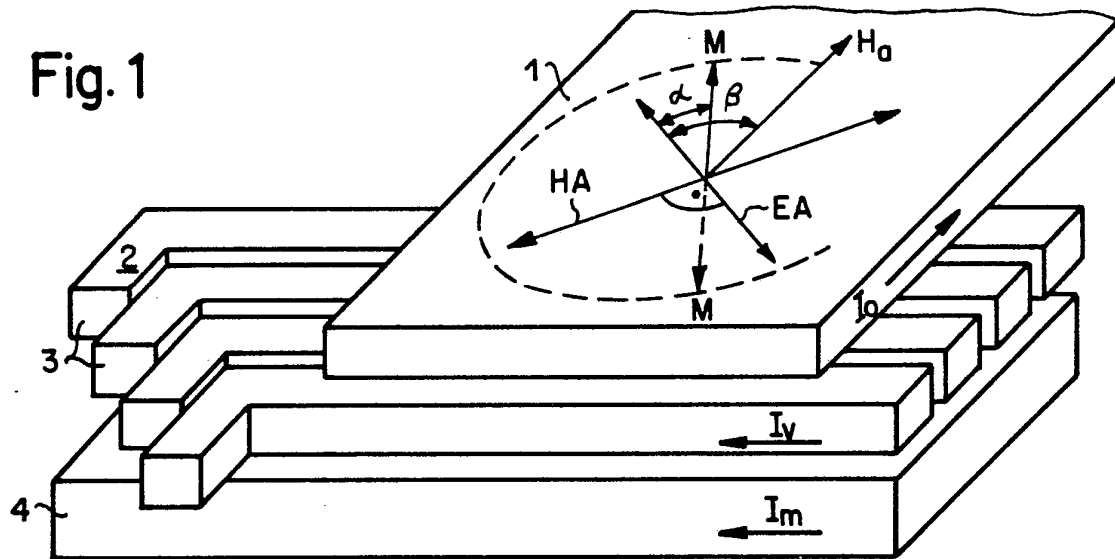


Fig. 2

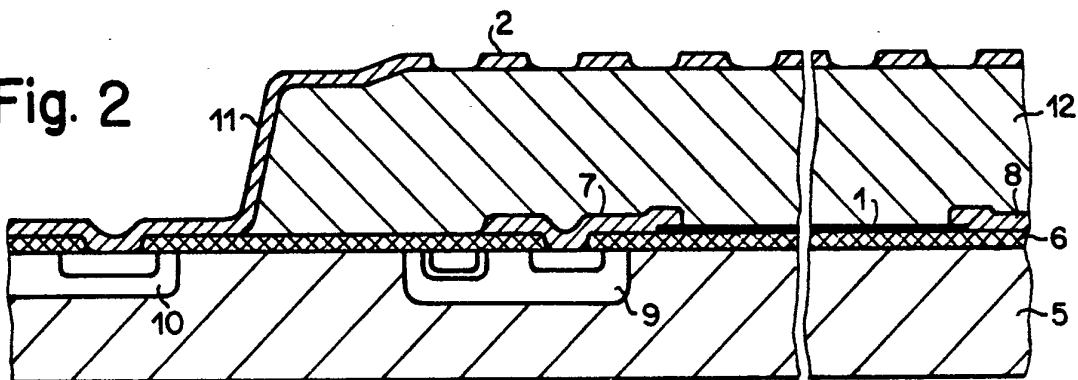
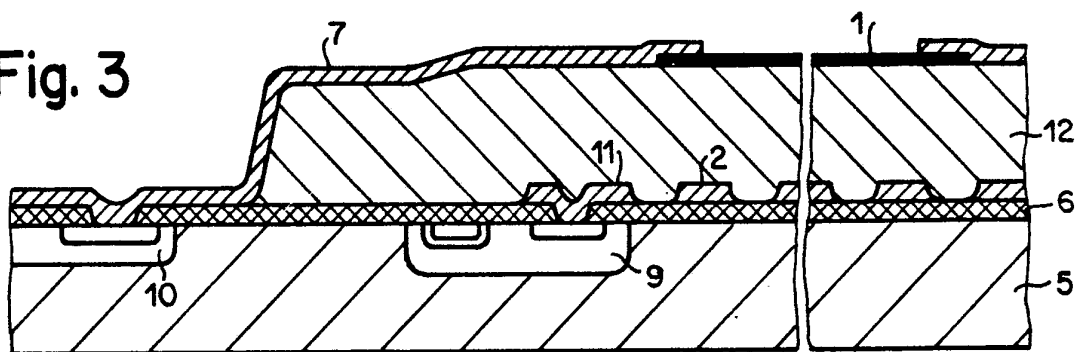


Fig. 3



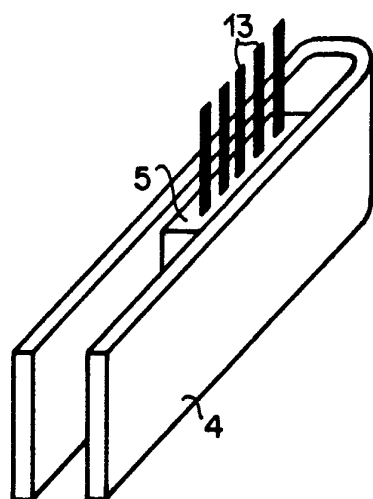
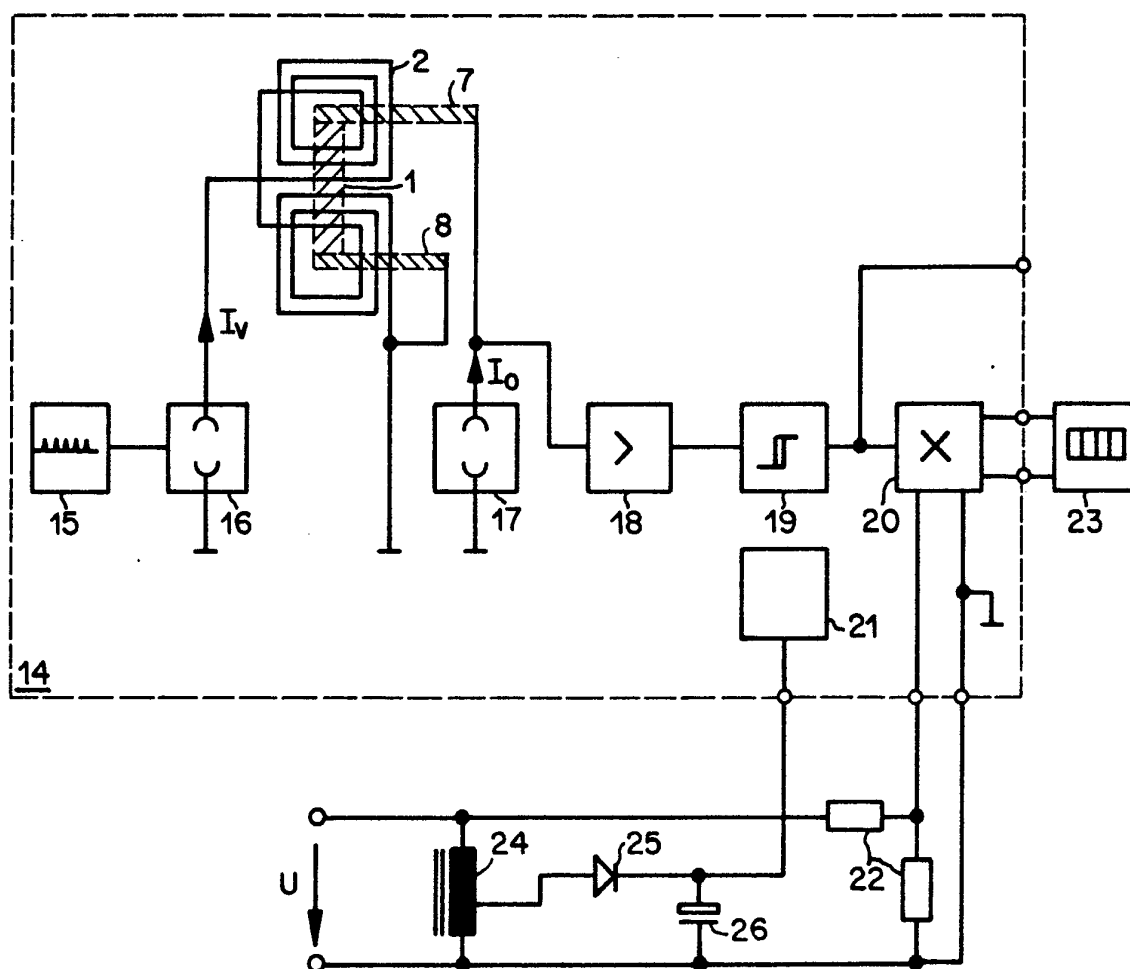


Fig. 4

Fig. 5



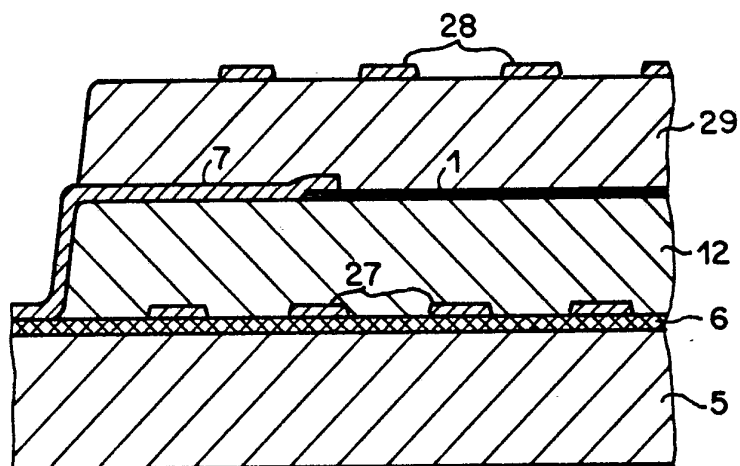


Fig. 6

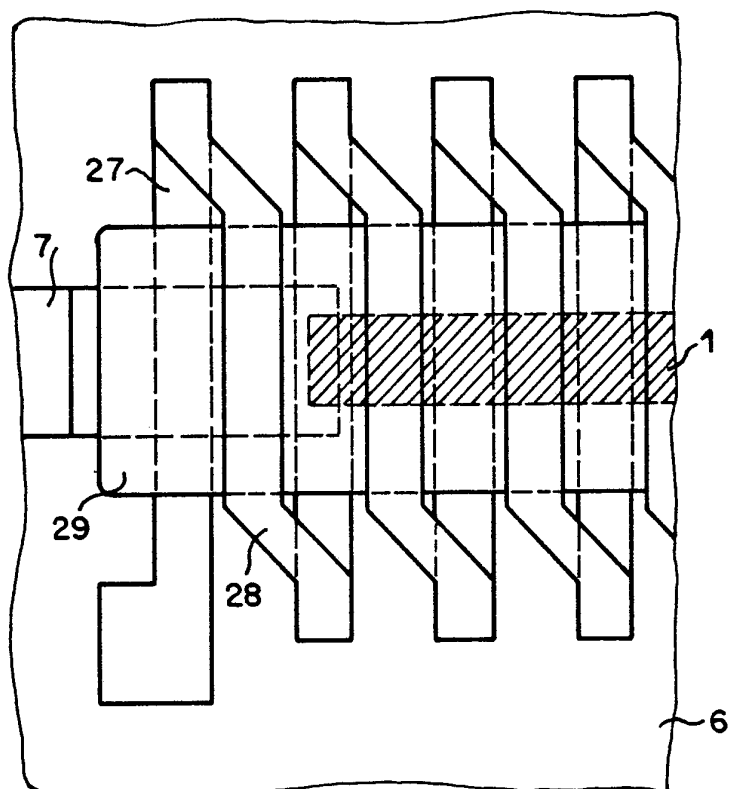


Fig. 7