

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 60193/2021  
(22) Anmeldetag: 16.07.2021  
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2022

(51) Int. Cl.: **H01F 27/28** (2006.01)

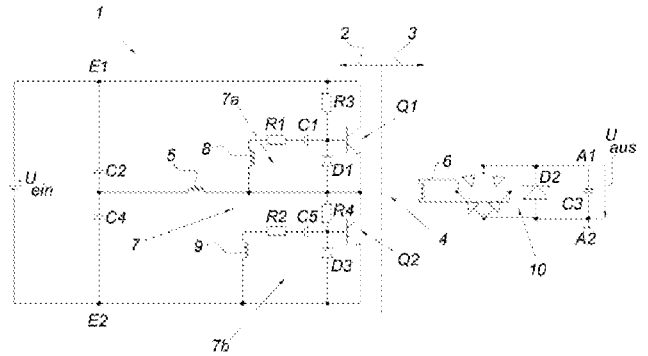
(71) Patentanmelder:  
RECOM Engineering GmbH & Co KG  
4810 Gmunden (AT)

(74) Vertreter:  
Jell Friedrich Dipl.Ing.  
4020 Linz (AT)

(54) **Gleichspannungswandler**

(57) Es wird ein Gleichspannungswandler (1) mit einem selbstschwingenden Gegentaktwandler (7) mit Halbbrückensteuerung gezeigt. Vorteilhaft sind die Primärspule (5), die Sekundärspule (6), die erste Steuerspule (8) und die zweite Steuerspule (9) jeweils als Luftspulen ausgeführt sind und jeweils mindestens eine planare Spulenlage (5a, 5b, 6a, 6b, 8a, 8b, 9a, 9b) aufweisen, wobei die planaren Spulenlagen (5a, 5b, 6a, 6b, 8a, 8b, 9a, 9b) der Primärspule (5), der Sekundärspule (6) und der ersten und/oder zweiten Steuerspule (8) übereinander in der Mehrlagenleiterplatte (11) angeordnet sind.

FIG.1



### Zusammenfassung:

Es wird ein Gleichspannungswandler (1) mit einem selbstschwingenden Gegentaktwandler (7) mit Halbbrückensteuerung gezeigt. Vorteilhaft sind die Primärspule (5), die Sekundärspule (6), die erste Steuerspule (8) und die zweite Steuerspule (9) jeweils als Luftspulen ausgeführt sind und jeweils mindestens eine planare Spulenlage (5a, 5b, 6a, 6b, 8a, 8b, 9a, 9b) aufweisen, wobei die planaren Spulenlagen (5a, 5b, 6a, 6b, 8a, 8b, 9a, 9b) der Primärspule (5), der Sekundärspule (6) und der ersten und/oder zweiten Steuerspule (8) übereinander in der Mehrlagenleiterplatte (11) angeordnet sind.

Die Erfindung betrifft einen Gleichspannungswandler mit einer Mehrlagenleiterplatte und mit einem selbstschwingenden Gegentaktwandler, der eine Eingangsseite, eine Ausgangsseite, einen zwischen Eingang- und Ausgangsseite angeordneten Transformator, eine der Eingangsseite zugeordnete Primärspule und eine der Ausgangsseite zugeordnete Sekundärspule aufweist, wobei der Gegentaktwandler eine Halbbrückensteuerung mit einer ersten Steuerspule in der Ansteuerung eines ersten Halbbrückentransistors und mit einer zweiten Steuerspule in der Ansteuerung eines zweiten Halbbrückentransistors aufweist, wobei die Primärspule, die Sekundärspule und die erste und zweite Steuerspulen in der Mehrlagenleiterplatte miteinander induktiv gekoppelt und in der Mehrlagenleiterplatte eingebettet angeordnet sind.

Aus der US2019/0148052A1 ist ein Gleichspannungswandler mit einem selbstschwingenden Gegentaktwandler bekannt, der eine Royer-Schaltungsstruktur aufweist. Die Spulen des Gleichspannungswandlers, nämlich Primärspule, Sekundärspule und zwei Steuerspulen sind um einen gemeinsamen Ringkern gewickelt und damit induktiv miteinander gekoppelt. Zudem sind die Spule und der Kern in einer Mehrlagenleiterplatte eingebettet angeordnet.

Nachteilig bedarf es für die Realisierung der Royer-Schaltungsstruktur mit einem Ringkern eines vergleichsweise hohen Fertigungsaufwands. Dies unter anderem deshalb, weil auf die Funktion solch eines Gegentaktwandlers sowohl die Anordnung der Spulen zueinander am Ringkern als auch das Material des Ringkerns, der in Sättigung betrieben wird, hohen Einfluss nehmen. Diese Erfordernisse zu erfüllen, wird zudem durch die beengte Bauweise der Integration in einer Mehrlagenleiterplatte erschwert - was zu Grenzen in der Optimierung eines Gleichspannungswandlers mit einem Transformator kern führt.

Die Erfindung hat sich daher die Aufgabe gestellt, den Fertigungsaufwand und den Konstruktionsaufwand bei einem Gleichspannungswandler der eingangs geschilderten Art vermindern. Zudem soll der Gleichspannungswandler standfest sein.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1.

Indem Primärspule, Sekundärspule, erste Steuerspule und zweite Steuerspule jeweils als Luftspulen ausgeführt sind, kann es sich zunächst erübrigen, einen Transformator mit Kern zwischen Eingangsseite und Ausgangsseite vorzusehen. Dies vereinfacht die Konstruktion des Gleichspannungswandlers erheblich. Auf diesen Kern kann deshalb verzichtet werden, da Primärspule, Sekundärspule, erste Steuerspule und zweite Steuerspule jeweils mindestens eine planare Spulenlage aufweisen, wobei die planare Spulenlagen der Primärspule, der Sekundärspule und der ersten und/oder zweiten Steuerspule übereinander in der Mehrlagenleiterplatte angeordnet sind. Diese Anordnung erhöht die Induktivität der Spulen durch ihre räumliche Nähe zueinander erheblich. Zudem kann diese Anordnung der planaren Spulenlage insbesondere die Kopplung der Primär- zur Sekundärinduktivität verbessern.

Im Gegensatz zum Stand der Technik ist es daher auch ohne Transformator Kern möglich, die selbstschwingende Funktion des Gegentaktwandlers zu gewährleisten – all das mit den Vorteilen eines verminderten Fertigungs- und Konstruktionsaufwands.

Kompakte Bauverhältnisse sowie eine besonders hohe induktive Kopplung kann erreicht werden, wenn die planaren Spulenlagen der Primärspule, der Sekundärspule und der ersten und/oder zweiten Steuerspule in unterschiedliche Lagen der Mehrlagenleiterplatte angeordnet sind.

Die Induktivität ist erhöhbar, wenn die Primärspule und/oder die Sekundärspule und/oder die erste Steuerspule und/oder die zweite Steuerspule jeweils zumindest zwei planare Spulenlagen aufweisen, die elektrisch in Serie geschaltet sind. Zudem eröffnet sich damit die Möglichkeit, die Spulenlagen beliebig in Relation zu den anderen damit gekoppelten Spulen anzuordnen.

Eine ausreichend hohe Kopplung der Primär- und Sekundärspule kann ermöglicht werden, wenn die Sekundärspule, welche insbesondere zumindest zwei erste Spulenlagen aufweist, zwischen zumindest zwei planaren zweiten Spulenlagen der Primärspule angeordnet ist. Insbesondere wird durch diese spezielle Anordnung auch gewährleistet, dass im Wesentlichen der gesamte erzeugte Fluss der Primärspule die Sekundärspule durchströmt - was zu einer besonders hohen induktiven Kopplung der Spulen zueinander führt, womit verminderte Streuinduktivitäten erreicht werden können.

Es kann vorgesehen sein, dass Sekundärspule und Primärspule sind zwischen zumindest zwei planaren dritten Spulenlagen der ersten Steuerspule und/oder zwischen zumindest zwei planaren vierten Spulenlagen der zweiten Steuerspule angeordnet sind. Derart ist erreichbar für eine, ausreichend hohe Übertragung elektrischer Energie zum Treiben der Halbbrückensteuerung sorgen.

Desweiteren ist vorstellbar, dass die erste Steuerspule zwischen zumindest zwei planaren vierten Spulenlagen der zweiten Steuerspule angeordnet ist.

Alternativ ist vorstellbar, dass jeweils zumindest eine der planaren dritten Spulenlagen und jeweils zumindest eine der planaren vierten Spulenlagen koplanar zueinander angeordnet sind.

Vorzugsweise verlaufen diese koplanar zueinander angeordnet dritten und vierten Spulenlagen bifilar – etwa, um die Bauhöhe zu reduzieren.

In den Figuren ist beispielsweise der Erfindungsgegenstand anhand einer Ausführungsvariante näher dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 ein Prinzip-Schaltbild von einem Gleichspannungswandler,

Fig. 2 eine Schnittansicht durch einen Transformator des Gleichspannungswandlers nach Fig. 1 und

Fig. 3 eine Draufsicht auf eine planare Spule des Transformators nach Fig. 1.

Der gemäß Fig. 1 dargestellte Gleichspannungswandler 1 weist einen selbstschwingenden Gegentaktwandler 7 mit einer Eingangsseite 2 und eine Ausgangsseite 3 auf.

An den Eingängen E1, E2 der Eingangsseite 2 liegt eine Gleichspannungsquelle mit der Spannung  $U_{\text{ein}}$  an. An der Ausgangsseite kann eine Gleichspannung  $U_{\text{aus}}$  an den Ausgängen A1, A2 der Ausgangsseite 3 abgegriffen werden. E2, A2 weisen vorzugsweise Erdpotential auf.

Zwischen der Eingang- und Ausgangsseite 2, 3 ist ein Transformator 4 des Gegentaktwandlers 7 angeordnet. Dieser Transformator 4 weist eine der Eingangsseite 2 zugeordnete Primärspule 5 und eine der Ausgangsseite 3 zugeordnete Sekundärspule 6 auf.

Zudem weist der Gegentaktwandler 7 eine Halbbrückensteuerung mit zwei seriell im Gegentakt schaltende Halbbrückentransistoren Q1, Q2 auf, die abwechselnd zwischen den zwei, an der Eingangsseite 2 anliegenden Potenzialen schalten.

Jedem Halbbrückentransistor Q1, Q2 gehört in der Ansteuerung 7a, 7b je eine Steuerspule 8, 9 zu. Die erste Steuerspule 8 dient der Ansteuerung des ersten Halbbrückentransistors Q1 und eine zweite Steuerspule 9 dient der Ansteuerung des zweiten Halbbrückentransistors Q2. Primärspule 5, Sekundärspule 6, erste Steuerspule 8 und zweite Steuerspule 9 sind miteinander induktiv gekoppelt.

Auf der Ausgangsseite 3 findet sich anschließend an die Sekundärspule 6 ein Brückengleichrichter 10, der an der Sekundärspule 6 anliegende Wechselsignal auf die Ausgangsgleichspannung  $U_{\text{aus}}$  gleichrichtet.

Wie in der Fig. 2 zu erkennen, sind die Primärspule 5, die Sekundärspule 6 sowie die erste und zweite Steuerspulen 8, 9 in der Mehrlagenleiterplatte 11 des Gleichspannungswandlers 1 eingebettet angeordnet. Auf der Mehrlagenleiterplatte 11 sind außerdem diverse andere elektronische Bauteile 12 vorgesehen.

Erfindungsgemäß sind Primärspule 5, Sekundärspule 6 sowie erste und zweite Steuerspulen 8, 9 als Luftspulen ausgeführt - wie in Fig. 3 iVm. Fig. 2 dargestellt. Diese Spulen 5, 6, 8, 9 weisen - im Ausführungsbeispiel - je zwei planare Spulenlage 5a, 5b, 6a, 6b, 8a, 8b, 9a, 9b auf, die - wie in Fig. 2 zu erkennen - übereinander angeordnet sind.

Hierbei sind die ersten und zweiten planaren Spulenlagen 5a, 5b, 6a, 6b der Primärspule 5 und der Sekundärspule 6 jeweils in unterschiedlichen Lagen 11a bis 11d der Mehrlagenleiterplatte 11 angeordnet.

Die dritten und vierten planaren Spulenlagen 8a, 8b, 9a, 9b der ersten und der zweiten Steuerspulen 8, 9 sind im Vergleich dazu anders angeordnet. So sind je eine dritte und vierte planare Spulenlagen 8a, 9a gemeinsam in einer Lage 11e der Mehrlagenleiterplatte 11 und die beiden anderen dritten und vierten planaren Spulenlagen 8b, 9b der ersten und der zweiten Steuerspulen 8, 9 in einer anderen Lage 11f der Mehrlagenleiterplatte 11 angeordnet.

Zwischen diesen beiden Lagen 11e und Lage 11f befinden sich die Spulenlagen 5a, 5b, 6a, 6b der Primärspule 5 und der Sekundärspule 6.

Durch diese hohe induktive Kopplung der Spulen 5, 6, 8, 9 kann auch ohne Trafokern die Funktion des Gegentaktwandlers 7 gewährleistet werden – und zwar aus folgenden Gründen:

Beispielsweise treibt - ausgehend von einem ausgeschalteten Halbbrückentransistor Q2 - die in der Primärspule 5 gespeicherte Magnetisierungsenergie den Strom weiter und hebt das Spannungspotenzial am Halbbrückentransistor Q2 an. Damit verringert sich die Spannung an der Primärspule 5.

Durch die hohe induktive Kopplung ändert sich auch die Spannung an der Steuerspule 9. Diese wird negativ - und der Stromkreis Steuerspule 9, Diode D3, Kapazität C3, Widerstand R2 schließt sich. An der Basis-Emitter-Strecke des Halbbrückentransistors Q2 ist nun eine negative Spannung, was den Ausschaltvorgang unterstützt und somit die Ausschaltverluste vermindert.

Ebenfalls in diesem Schaltvorgang ändert sich durch die hohe induktive Kopplung die Spannungspolarität an der Steuerspule 8. Hier wird nun ein Stromkreis Steuerspule 8, Widerstand R1 und Kapazität C1 über die Basis-Emitter-Strecke des Halbbrücken- transistors Q1 geschlossen und der Halbbrückentransistor Q1 schaltet ein.

An der Primärspule 5 liegt nun eine verminderte, nämlich halbe, Eingangsspannung an. Die Zeitdauer, wie lange nun der Halbbrückentransistor Q1 eingeschaltet ist, ist im Wesentlichen vom Zeitglied Widerstand R1 und Kapazität C1 sowie vom Magnetisierungsstrom abhängig, der aufgrund der induktiven Kopplung steigt.

Der Basisstrom nimmt mit dem Zeitglied Widerstand R1 und Kapazität C1 immer mehr ab, wodurch auch die Kollektor-Emitter-Spannung steigt und sich der Halbbrücken- transistor Q1 abschaltet. Sobald der Halbbrückentransistor Q1 abschaltet, treibt die Primärspule 5 den Magnetisierungsstrom in die andere Richtung, was die Spannung an der Steuerspule 8 vermindert und damit der Ausschaltvorgang des Halbbrücken- transistor Q2 einleitet.

Durch die erfindungsgemäß enge Kopplung kann ausreichend Magnetisierungsenergie zwischen den Spulen 5, 6, 8, 9 übertragen werden, um die Funktion des selbst- schwingenden Gegentaktwandlers 7 zu gewährleisten.

Dies insbesondere, da die beiden erste Spulenlagen 6a, 6b der Sekundärspule 6 zwischen zwei planaren zweiten Spulenlagen 5a, 5b der Primärspule 5 angeordnet ist. Beispielsweise ist eine planare erste Spulenlagen 6a in Fig. 3a dargestellt.

In weitere Folge sind die Sekundärspule 6 und Primärspule 5 zwischen zwei planaren dritten Spulenlagen 8a, 8b der ersten Steuerspule 8 und vierten Spulenlagen 9a, 9b der zweiten Steuerspule 9 angeordnet. Hierzu sind je eine dritte planare Spulenlagen (8a, 8b) und je eine vierte planare Spulenlagen (9a, 9b) koplanar angeordnet und verlaufen bifilar, wie in Fig. 3b zu erkennen.

Dies schafft eine hohe induktive Kopplung bei kleinster Baugröße. Zudem können vorteilhafterweise auf dem Transformator 4 mit den Luftspulen 5, 6, 8, 9 weiter

Bauteile 12 beispielsweise des Gleichspannungswandlers 1 angeordnet werden - wie in Fig. 2 angedeutet.

Der in der Mehrlagenleiterplatte 11 eingebettete Transformator 4 wird erfindungsgemäß folgendermaßen hergestellt:

Zunächst wird ein PCB Substrat 13 aus Leiterplattenmaterial, beispielsweise FR4, auf welcher beidseitig eine Kupferfolie geklebt ist, belichtet und anschließend chemisch bearbeitet (geätzt), sodass auf je einer Seite des PCB Substrats 13 je eine erste planare Spulenlagen 6a, 6b der Sekundärspule 6 liegt. Anschließend wird mittig der Sekundärspule 6 ein Loch gebohrt, welches danach durch Galvanisieren elektrisch leitend gemacht wird - somit sind die zwei planaren Spulenlagen 6a, 6b der Sekundärspule 6 elektrisch miteinander verbunden. Es ergibt sich eine Spule mit zwei Anschlüssen auf unterschiedlichen Lagen.

In einem nächsten Schritt werden Prepregs in Form von Kunststoffharz mit Glasfaser als Isolierung jeweils oberhalb und unterhalb der Sekundärspule 6 angeordnet. Auf die Prepregs wird je eine Kupferfolie vorgesehen. Der Stapel wird miteinander verpresst. Als Nächstes werden die zweiten planaren Spulenlagen 5a, 5b der Primärspule 5 mittels Ätzen der Kupferfolie erzeugt. Damit befinden sich je eine zweite planaren Spulenlage 5a, 5b auf einer Lage der Mehrlagenleiterplatte 11. Weiters werden die zweiten planaren Spulenlagen 5a, 5b miteinander elektrisch verbunden, indem eine mittige Bohrung durch Galvanisieren elektrisch leitfähig gemacht wird.

Nachfolgend werden wieder Prepregs und Kupferfolien auf beiden Seiten des Stapels angebracht. Ähnlich wie vorstehend beschrieben, werden zwei planare dritte Spulenlagen 8a, 8b der ersten Steuerspule 8 ausgebildet, sodass diese Spulenlagen 8a, 8b je einer Lage der Mehrlagenleiterplatte 11 zugehören.

Darauf können - wie vorstehend beschrieben - die zwei planaren vierten Spulenlagen 9a, 9b der zweiten Steuerspule 9 aufgebracht werden, die wieder einer Lage der

Mehrlagenleiterplatte 11 zugehören. Alternativ ist vorstellbar, die dritten und vierten Spulenlagen 8a, 9a bzw. 8b, 9b bifilar je in einer gemeinsamen Lage der Mehrlagenleiterplatte 11 vorzusehen, da diese Spulen 8, 9 vergleichsweise geringer elektrischer Leistung unterliegen und damit diese Anordnung elektrisch unkritisch ist.

## Patentansprüche:

1. Gleichspannungswandler mit einer Mehrlagenleiterplatte (11) und mit einem selbstschwingenden Gegentaktwandler (7), der eine Eingangsseite (2), eine Ausgangsseite (3), einen zwischen Eingang- und Ausgangsseite (2, 3) angeordneten Transformator (4), eine der Eingangsseite (2) zugeordnete Primärspule (5) und eine der Ausgangsseite (3) zugeordnete Sekundärspule (6) aufweist, wobei der Gegentaktwandler (7) eine Halbbrückensteuerung (7a, 7b) mit einer ersten Steuerspule (8) in der Ansteuerung (7a) eines ersten Halbbrückentransistors (Q1) und mit einer zweiten Steuerspule (9) in der Ansteuerung (7b) eines zweiten Halbbrückentransistors (Q2) aufweist, wobei die Primärspule (5), die Sekundärspule (6) und die erste und zweite Steuerspulen (8, 9) in der Mehrlagenleiterplatte (11) miteinander induktiv gekoppelt und in der Mehrlagenleiterplatte (11) eingebettet angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Primärspule (5), die Sekundärspule (6), die erste Steuerspule (8) und die zweite Steuerspule (9) jeweils als Luftspulen ausgeführt sind und jeweils mindestens eine planare Spulenlage (5a, 5b, 6a, 6b, 8a, 8b, 9a, 9b) aufweisen, wobei die planaren Spulenlagen (5a, 5b, 6a, 6b, 8a, 8b, 9a, 9b) der Primärspule (5), der Sekundärspule (6) und der ersten und/oder zweiten Steuerspule (8) übereinander in der Mehrlagenleiterplatte (11) angeordnet sind.
2. Gleichspannungswandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die planaren Spulenlagen (5a, 5b, 6a, 6b, 8a, 8b, 9a, 9b) der Primärspule (5), der Sekundärspule (6) und der ersten und/oder zweiten Steuerspule (8) in unterschiedlichen Lagen der Mehrlagenleiterplatte (11) angeordnet sind.
3. Gleichspannungswandler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Primärspule (5) und/oder die Sekundärspule (6) und/oder die erste Steuerspule (8) und/oder die zweite Steuerspule (9) jeweils zumindest zwei planare Spulenlagen (5a, 5b, 6a, 6b, 8a, 8b, 9a, 9b) aufweisen, die elektrisch in Serie geschaltet sind.

4. Gleichspannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sekundärspule (6), welche insbesondere zumindest zwei erste Spulenlagen (6a, 6b) aufweist, zwischen zumindest zwei planaren zweiten Spulenlagen (5a, 5b) der Primärspule (5) angeordnet ist.
5. Gleichspannungswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Sekundärspule (6) und die Primärspule (5) zwischen zumindest zwei planaren dritten Spulenlagen (8a, 8b) der ersten Steuerspule (8) und/oder zwischen zumindest zwei planaren vierten Spulenlagen (9a, 9b) der zweiten Steuerspule (9) angeordnet sind.
6. Gleichspannungswandler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Steuerspule (8) zwischen zumindest zwei planaren vierten Spulenlagen (9a, 9b) der zweiten Steuerspule (9) angeordnet ist.
7. Gleichspannungswandler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils zumindest eine der planaren dritten Spulenlagen (8a, 8b) und jeweils zumindest eine der planaren vierten Spulenlagen (9a, 9b) koplanar zueinander angeordnet sind.
8. Gleichspannungswandler nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die koplanar zueinander angeordneten dritten und vierten Spulenlagen (8a, 9a bzw. 8b, 9b) bifilar verlaufen.

FIG. 1

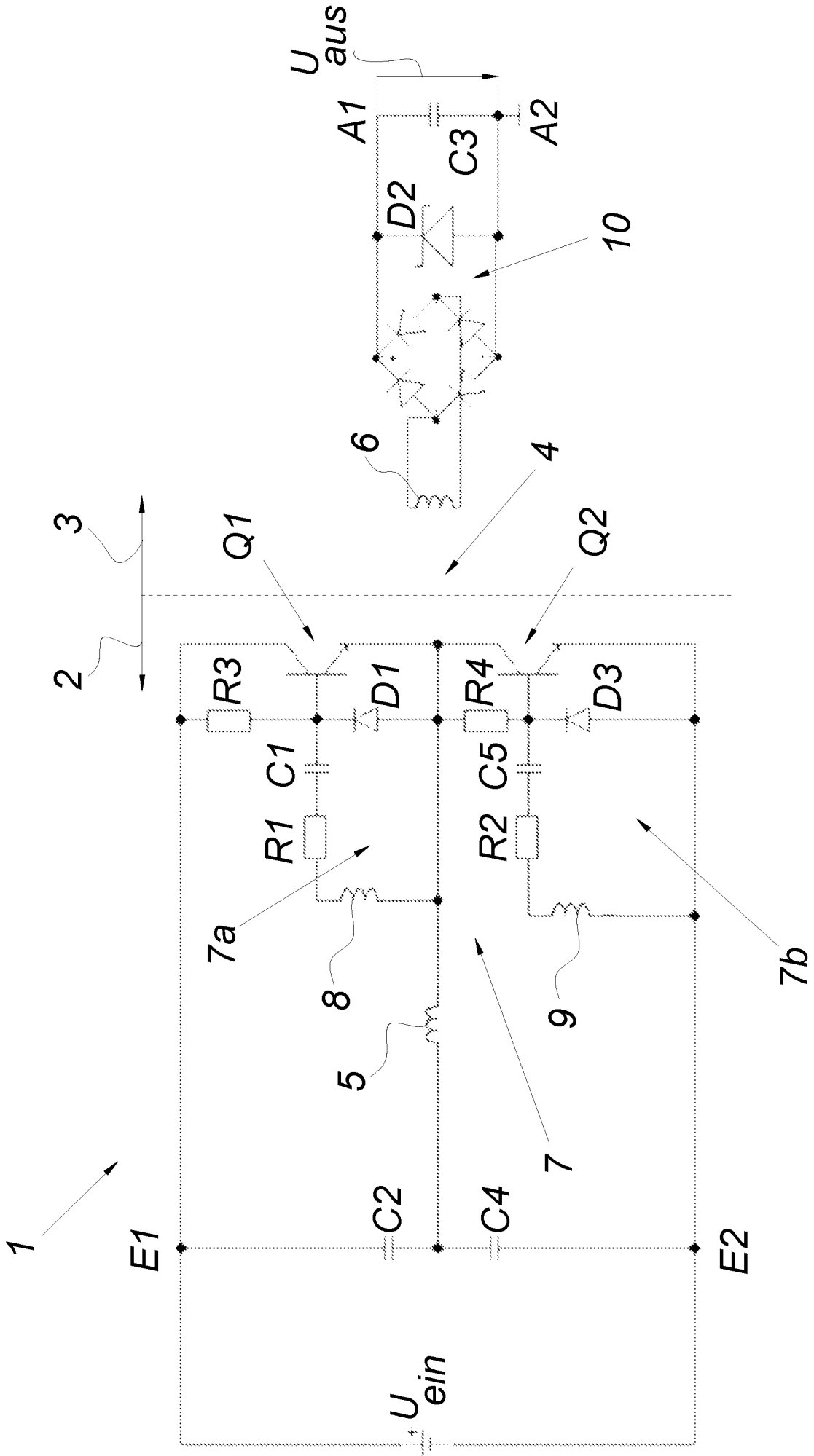


FIG. 2

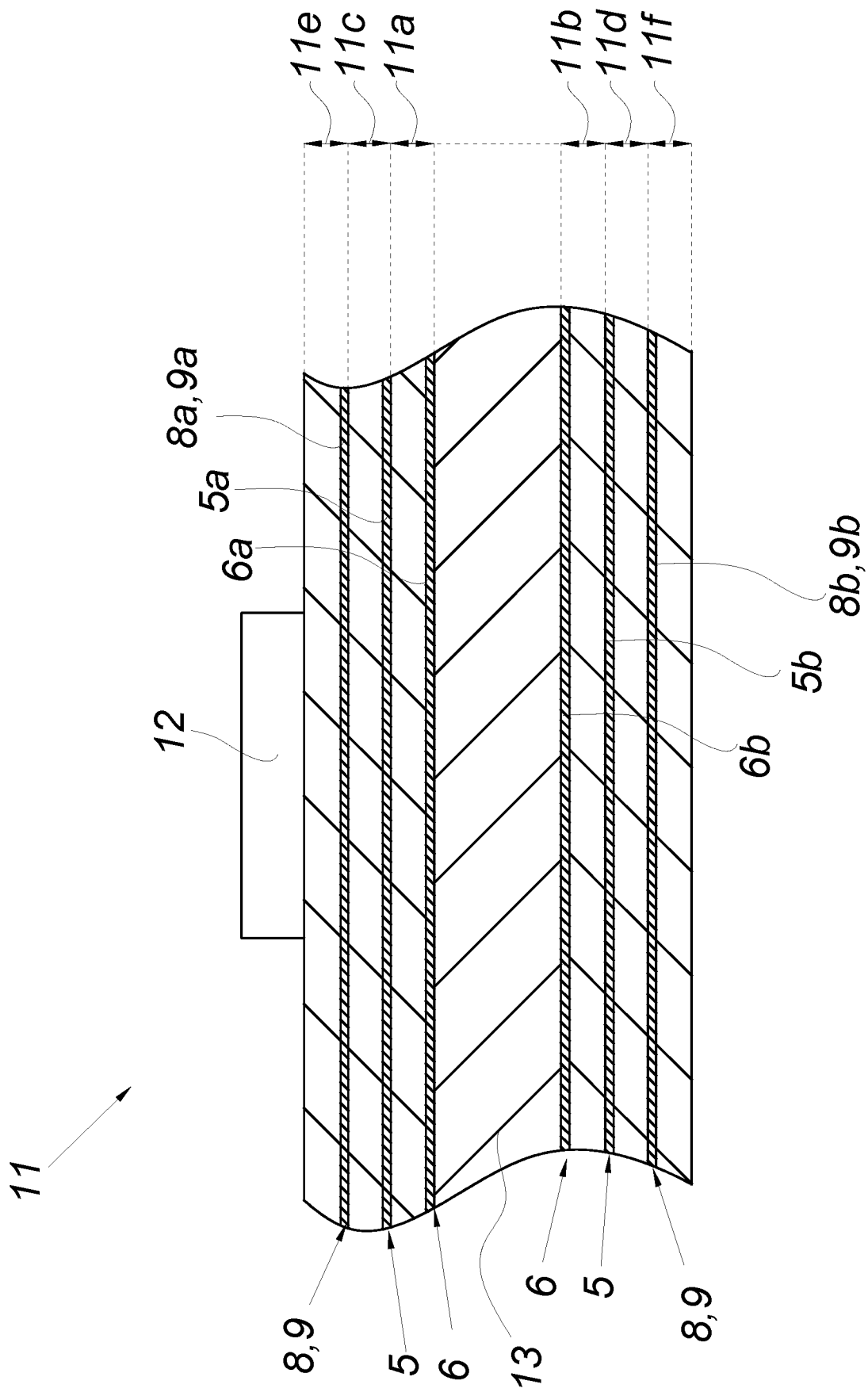


FIG. 3a

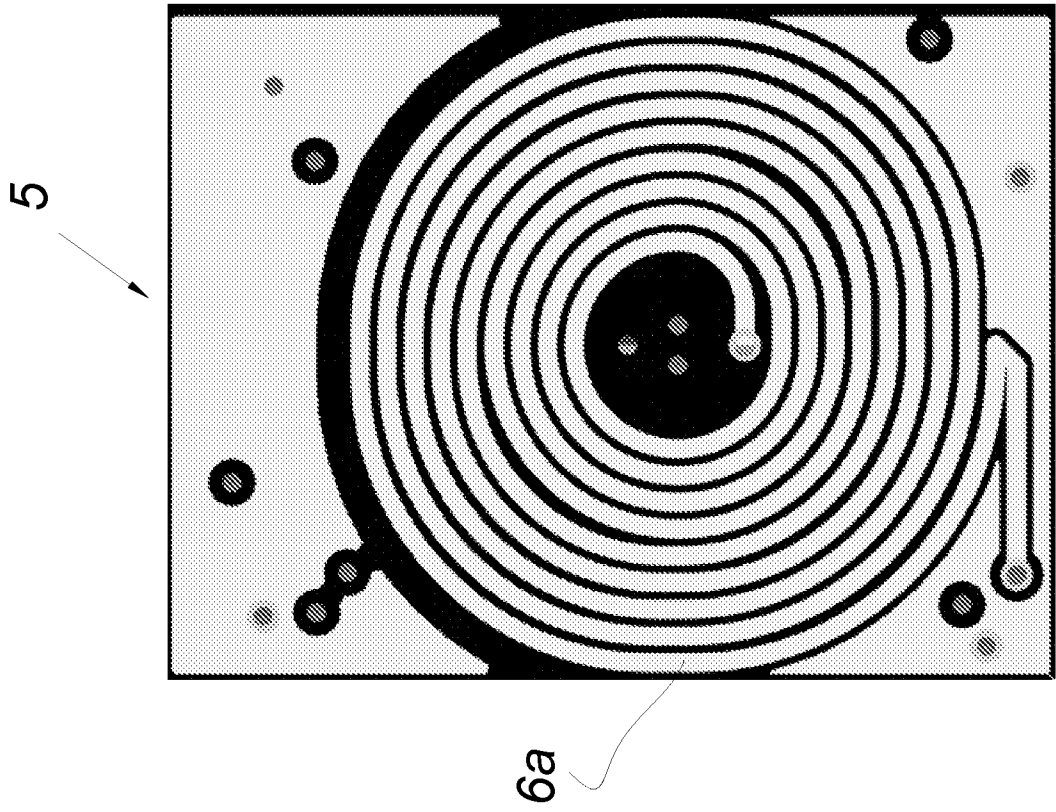


FIG. 3b

