



(10) **DE 10 2014 226 280 B4** 2019.06.13

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 226 280.1**
(22) Anmeldetag: **17.12.2014**
(43) Offenlegungstag: **23.06.2016**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.06.2019**

(51) Int Cl.: **H05B 6/64** (2006.01)
F24C 7/02 (2006.01)
H05B 6/72 (2006.01)
H05B 6/68 (2006.01)
H01Q 21/00 (2006.01)
H01Q 3/26 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**E.G.O. Elektro-Gerätebau GmbH, 75038
Oberderdingen, DE**

(72) Erfinder:
**Baier, Martin, 76275 Ettlingen, DE; Frank, Marcus,
75038 Oberderdingen, DE; Riffel, Roman, 76689
Karlsdorf-Neuthard, DE**

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster &
Partner mbB, 70174 Stuttgart, DE**

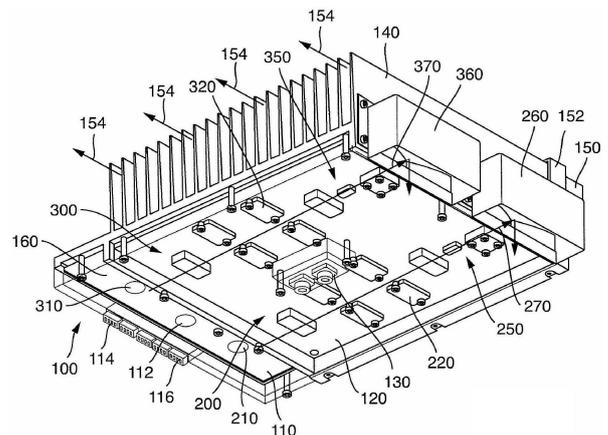
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	31 04 677	A1
CN	102 769 952	A
JP	2009- 252 346	A

(54) Bezeichnung: **Mikrowellengenerator und Mikrowellenofen**

(57) Hauptanspruch: Mikrowellengenerator (100) für einen Mikrowellenofen (10), wobei

- der Mikrowellengenerator (100) zumindest einen ersten Kanal (200) und einen zweiten Kanal (300) und einen Kühlkörper (140) aufweist,
- der erste Kanal (200) eine erste Verstärkerschaltung (220) und eine daran angeschlossene erste Antenne (260) zur Erzeugung von Mikrowellen mit einer Leistung bis zu maximal einer ersten Teilleistung aufweist,
- der zweite Kanal (300) eine zweite Verstärkerschaltung (320) und eine daran angeschlossene zweite Antenne (360) zur Erzeugung von Mikrowellen mit einer Leistung bis zu maximal einer zweiten Teilleistung aufweist,
- sich eine maximale Gesamtleistung des Mikrowellengenerators (100) aus den Teilleistungen seiner Kanäle (200, 300) zusammensetzt,
- eine Steuerplatine (110), eine Verstärkerplatine (120) mit den Verstärkerschaltungen (220, 320) und die Antennen (260, 360) an dem Kühlkörper (140) direkt montiert sind.



Beschreibung

Anwendungsgebiet und Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Mikrowellengenerator für einen Mikrowellenofen sowie einen Mikrowellenofen mit einem solchen Mikrowellengenerator.

[0002] Ein Mikrowellengenerator basiert derzeit typischerweise auf einem Magnetron, um Mikrowellen zu erzeugen. Dieser hat jedoch den Nachteil, dass er nur Wellen mit einer festgelegten Wellenlänge aussenden kann. Im Garraum bzw. in der Kavität eines Mikrowellenofens kann es somit zu stehenden Wellen kommen, die ihre Maxima stets an den gleichen Stellen haben. Im Gargut können somit heiße und kalte Bereiche entstehen, welche im ersten Fall übergart werden können, im zweiten Fall kalt bleiben können. Des Weiteren lässt sich die Leistung eines Mikrowellengenerators mit Magnetron nicht kontinuierlich einstellen. Es ist lediglich eine Leistungseinstellung durch Variation der Einschaltdauer im Intervallbetrieb möglich. Verbessert werden kann die Leistungseinstellung beispielsweise durch die Ansteuerung des Magnetrons mit einem Inverter anstatt mit einer Hochspannungsquelle. Eine Variation der Wellenlänge ist jedoch auch in diesem Fall nicht möglich.

[0003] Eine Weiterentwicklung eines Magnetron-basierten Mikrowellengenerators sind Halbleitermikrowellengeneratoren, bei welchen Mikrowellen über eine Elektronik mit Leistungstransistoren erzeugt werden. Ein derartiger Mikrowellengenerator ist beispielsweise aus der WO 2013/ 063 985 A1 bekannt. Damit können sowohl Frequenz als auch Leistung variiert werden. Der Wärmeeintrag in das Gargut lässt sich auf diese Weise vorgeben und die Wärmeverteilung wird verbessert. Zusätzlich wird im Vergleich zu Magnetronen der Vorteil erreicht, dass die in das Gargut eingebrachte Leistung gemessen werden kann.

[0004] Mikrowellengeneratoren auf Halbleiterbasis sind heutzutage grundsätzlich bekannt, jedoch fehlt es bislang an Endgeräten für Verbraucher. Dies liegt insbesondere daran, dass die Herstellungskosten bislang zu hoch sind.

[0005] Aus der CN 102 769 952 A ist es bekannt, einen Lüfter an einem Kühlkörper eines Mikrowellengenerators für einen Mikrowellenofen zu befestigen. Er wird dabei von oben auf Kühlrippen aufgesetzt mit einer die Kühlrippen übergreifenden Halterung und daran befestigt.

[0006] Aus der JP 2009- 252 346 A ist ein Mikrowellengenerator für einen Mikrowellenofen mit zwei Kanälen bekannt. So soll ein besonders gutes Garergebnis erreicht werden können. Weitere Details zum

konstruktiven Aufbau des Mikrowellengenerators gehen daraus nicht hervor.

[0007] Aus der DE 31 04 677 A1 ist ein Backofen mit einer thermischen Heizeinrichtung und einer Mikrowellen-Heizeinrichtung bekannt, in dem auch ein Lüfter zur Kühlung eines Magnetrons für die Mikrowellen-Heizeinrichtung gezeigt ist.

Aufgaben und Lösung

[0008] Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, einen Mikrowellengenerator zu schaffen, welcher im Vergleich zu aus dem Stand der Technik bekannten Mikrowellengeneratoren verbessert ist, insbesondere hinsichtlich seiner Herstellungskosten günstiger ist. Es ist des Weiteren eine Aufgabe der Erfindung, einen Mikrowellenofen mit einem solchen Mikrowellengenerator zu schaffen.

[0009] Gelöst wird diese Aufgabe durch einen Mikrowellengenerator mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch einen Mikrowellenofen mit den Merkmalen des Anspruchs 11. Vorteilhaft sowie bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der weiteren Ansprüche und werden im Folgenden näher erläutert. Dabei werden manche der Merkmale nur für den Mikrowellengenerator oder nur für den Mikrowellenofen beschrieben. Sie sollen jedoch unabhängig davon jedoch sowohl für den Mikrowellengenerator als auch für den Mikrowellenofen selbstständig gelten können. Der Wortlaut der Ansprüche wird durch ausdrückliche Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

[0010] Der Mikrowellengenerator weist zumindest einen ersten Kanal und einen zweiten Kanal auf, unter Umständen sogar drei Kanäle oder noch mehr. Der erste Kanal weist eine erste Verstärkerschaltung und eine daran angeschlossene erste Antenne zur Erzeugung von Mikrowellen mit einer Leistung bis zu maximal einer ersten Teilleistung auf. Der zweite Kanal weist eine zweite Verstärkerschaltung und eine daran angeschlossene zweite Antenne zur Erzeugung von Mikrowellen mit einer Leistung bis zu maximal einer zweiten Teilleistung auf. Eine maximale Gesamtleistung des Mikrowellengenerators setzt sich aus der Summe der Teilleistungen seiner Kanäle zusammen.

[0011] Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung mit der Aufteilung in mindestens zwei oder mehr Kanäle muss jeder Kanal nur einen Teil der insgesamt abzugebenden Mikrowellenleistung zur Verfügung stellen. Beispielsweise kann bei einer baugleichen Ausführung der einzelnen Kanäle jeder Kanal jeweils die Hälfte der insgesamt abzugebenden Leistung erbringen. Dies reduziert die jeweilige Verlustleistung und erhöht damit die Energieeffizienz. Auch die Komplexität im Aufbau wird dadurch im Vergleich

zu einem einzigen Kanal mit entsprechend höherer Leistung verringert. Trotzdem können die Kanäle auf die gleiche Peripherie zurückgreifen, beispielsweise Steuerung und/oder Kühlung. Des Weiteren können die beiden Kanäle mit unterschiedlichen Frequenzen betrieben werden, wodurch die Anzahl von Moden in einer Kavität eines Mikrowellenofens erhöht werden kann. Auch die Phasenlagen der Kanäle relativ zueinander können variiert werden, insbesondere bei Betrieb der beiden Kanäle mit der gleichen Frequenz. Die Gleichmäßigkeit der Wärmeverteilung kann damit verbessert werden.

[0012] Der erfindungsgemäße Mikrowellengenerator ist insbesondere für Einbau-Kombi-Geräte geeignet bzw. auch der Mikrowellenofen kann als Kombi-Gerät ausgebildet sein, also auch die Funktionalität eines reinen Backofens aufweisen. Ein solches Gerät kann von außen aussehen wie ein normaler europäischer Backofen. Es verfügt jedoch neben den konventionellen Widerstandsheizungen zusätzlich über eine Mikrowellenheizung, welche von dem Mikrowellengenerator bereitgestellt wird.

[0013] Unter einem Kanal kann hier grundsätzlich eine Einheit verstanden werden, welche der eigenständigen Erzeugung und Abstrahlung von Mikrowellen dient. Hierzu können neben den bereits beschriebenen Verstärkerschaltungen und Antennen auch weitere Komponenten wie beispielsweise ein jeweiliger Oszillator vorhanden sein. Diese Komponenten können jedoch grundsätzlich auch von mehreren Kanälen geteilt werden.

[0014] Gemäß einer Ausführung weist der Mikrowellengenerator eine Anzahl weiterer Kanäle auf, wobei jeder weitere Kanal eine jeweilige Verstärkerschaltung und eine jeweilige daran angeschlossene Antenne zur Erzeugung von Mikrowellen mit einer Leistung bis zu maximal einer jeweiligen Teilleistung aufweist. Damit kann die Gesamtleistung auf noch mehr Kanäle aufgeteilt werden, was die Energieeffizienz noch weiter erhöhen kann.

[0015] Gemäß einer weiteren Ausführung sind einige Kanäle, vorzugsweise alle, zueinander baugleich. Dies kann Herstellung und Steuerung vereinfachen. Bevorzugt weisen die Verstärkerschaltungen jeweils eine Anzahl von Transistoren auf, insbesondere Leistungstransistoren, zur Erzeugung oder Verstärkung eines die jeweilige Antenne betreibenden Stroms. Damit kann auf Halbleitertechnologie für die Verstärkerschaltungen zurückgegriffen werden. Insbesondere kann es sich bei solchen Transistoren um LD-MOS (Laterally Diffused Metal Oxide Semiconductor)-Transistoren handeln, die sich für typische Einsatzzwecke als vorteilhaft erwiesen haben. Die jeweilige Verstärkerschaltung kann insbesondere zweistufig ausgeführt sein. Auch dies hat sich als zweckmäßig erwiesen.

[0016] Vorteilhaft weist jeder Kanal eine jeweilige Leistungsmessschaltung zur Messung einer vom Kanal abgegebenen Leistung auf. Dies ermöglicht eine Überwachung der jeweils abgegebenen Leistung. An der Leistungsmessschaltung kann insbesondere ein Zirkulator angeschlossen sein, an welchem des Weiteren die jeweilige Antenne und eine jeweilige weitere Leistungsmessschaltung zur Messung einer reflektierten Leistung angeschlossen sind. Dies ermöglicht es, nicht nur die abgegebene, sondern auch die reflektierte Leistung zu messen. Damit kann auf die Leistung geschlossen werden, welche tatsächlich in das Gargut abgegeben wird. Somit kann insbesondere eine Regelschleife aufgebaut werden, beispielsweise um eine bestimmte gewünschte bzw. vorgegebene Leistung in das Gargut einzubringen.

[0017] Die Verstärkerschaltungen können vorteilhaft auf einer gemeinsamen Verstärkerplatine angeordnet sein. Dies ermöglicht eine einfache Ausführung, insbesondere auch eine erleichterte bzw. verbesserte Kühlung. Die Verstärkerplatine ist unmittelbar an einem Kühlkörper des Mikrowellengenerators montiert, vorzugsweise an einer ebenen Unterseite des Kühlkörpers. Dies hat sich für den Zweck der Wärmeableitung als vorteilhaft erwiesen. Auch dies erhöht die Energieeffizienz aufgrund verbesserter Kühlung der Komponenten, insbesondere von Leistungstransistoren.

[0018] Gemäß einer bevorzugten Ausführung ist dem Kühlkörper ein Lüfter zugeordnet, welcher weiter bevorzugt von einer mit der Verstärkerplatine verbundenen Steuerplatine elektrisch versorgt wird. Dieser Lüfter kann insbesondere Luft am Kühlkörper entlang bzw. durch den Kühlkörper blasen, um somit Wärme noch besser abzuführen.

[0019] An dem Kühlkörper sind eine Steuerplatine, weitere Platinen als Verstärkerplatine und die Antennen direkt montiert. Lüfter und/oder weitere Komponenten können auch daran montiert sein. Somit können diese ebenfalls in vorteilhafter Weise gekühlt werden. Platinen und/oder Antennen sind dabei bevorzugt direkt an dem Kühlkörper angeschraubt. So kann der Kühlkörper gleichzeitig eine Halteinrichtung bilden. In den Kühlkörper können auch Befestigungsgeometrien für andere Komponenten integriert werden. Dies erleichtert die Montage und senkt die Kosten. Der Kühlkörper besteht bevorzugt aus Aluminium und ist weiter bevorzugt als Extrusionsprofil hergestellt. Ein Lüfter ist bevorzugt über einen jeweiligen Halter an dem Kühlkörper befestigt, vorzugsweise einen Halter aus Kunststoff.

[0020] Bevorzugt sind die Antennen unmittelbar an einem Ende des Kühlkörpers angebracht. Insbesondere sind sie direkt bzw. ohne Flanschblech odgl. am Kühlkörper angebracht. Weiter bevorzugt sind die Antennen mit den jeweiligen Verstärkerschaltungen

direkt verdrahtet. Dies kann insbesondere bedeuten, dass sie ohne Zwischenschaltung von Koaxialsteckern und/oder Koaxialkabeln angeschlossen sind. Im Vergleich zu bekannten Ausführungen mit koaxialen Verbindungsstücken, mit welchen Mikrowellen aus einem Gehäuse herausgeführt und über Koaxialleitungen zu den Antennen geführt werden, reduziert dies die Komplexität des Aufbaus und damit auch die Kosten. Eine Leistungsmessschaltung kann zwischen Verstärkerschaltung und Antenne angeordnet sein, wobei in diesem Fall die Antenne direkt mit der Leistungsmessschaltung verdrahtet sein kann. Dies sei vorliegend als direkte Verdrahtung der Antenne mit der Leistungsmessschaltung verstanden. Insbesondere kann eine jeweilige Antenne durch eine jeweilige Bohrung im Kühlkörper angeschlossen werden.

[0021] Der Mikrowellengenerator ist bevorzugt dazu ausgebildet, die Kanäle mit unterschiedlichen Frequenzen und/oder unterschiedlichen Phasen zu betreiben. Damit kann die Anzahl der Moden in einer Kavität, in welche die Mikrowellen abgestrahlt werden, erhöht werden zur gleichmäßigeren Erwärmung eines Garguts darin.

[0022] Die Antennen können vorteilhaft zusammen eine Phased-Array-Antenne bilden, wobei der Mikrowellengenerator bevorzugt dazu ausgebildet ist, eine Ausbreitungsrichtung von Mikrowellen, welche von der Phased-Array-Antenne abgestrahlt werden, über Phasenbeziehungen der Kanäle zueinander einzustellen. Eine Phased-Array-Antenne ist hier eine Anordnung von mehreren Antennen nebeneinander. Die Antennen haben dabei typischerweise einen jeweiligen festen Abstand zwischen ihren Einkoppelstellen in die Kavität. Wellen mit gleicher Frequenz bilden durch Interferenz eine resultierende Welle. Die Ausbreitungsrichtung lässt sich dabei typischerweise über die Phasenbeziehung der Wellen zueinander einstellen. Durch die Verwendung einer solchen Phased-Array-Antenne kann das Modenmuster in der Kavität eingestellt werden, beispielsweise so, dass ein Gargut gezielt beaufschlagt werden kann. Dies ist grundsätzlich bei zwei Kanälen und mehr möglich. Es können jedoch auch mehr als zwei Kanäle verwendet werden. Trotz erhöhter Komplexität bleibt dabei der Vorteil erhalten, dass die Kanäle zumindest teilweise auf die gleiche Peripherie zurückgreifen können.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Ausführung weist der Mikrowellengenerator ferner einen Deckel auf, welcher den Mikrowellengenerator zumindest zu einer Seite hin mikrowellendicht abschließt, bevorzugt nach unten. Vorzugsweise besteht der Deckel aus Aluminium, beispielsweise Druckguss, wobei auch andere elektrisch leitfähige und damit schirmende Metalle, Legierungen oder Gemische zum Einsatz kommen können, beispielsweise aus Kunststoffen oder Keramiken mit leitfähigen Füllmitteln. Weiter be-

vorzugt bildet der Deckel zusammen mit dem Kühlkörper ein Gehäuse des Mikrowellengenerators. Die beschriebenen Ausführungen haben sich insbesondere im Hinblick auf die Mikrowellendichtigkeit als vorteilhaft erwiesen. Außerdem wird eine kompakte und damit einfach handhabbare Bauform erreicht. Zwischen Deckel und Kühlkörper kann man möglicherweise Mikrowellen-Dichtmittel einsetzen, die eine hochfrequenztaugliche, elektrische Verbindung zwischen den Gehäuseteilen sicherstellen.

[0024] Die Erfindung betrifft des Weiteren einen Mikrowellenofen, welcher eine Kavität sowie einen Mikrowellengenerator gemäß der Erfindung aufweist. Der Mikrowellengenerator ist dazu ausgebildet, Mikrowellen in die Kavität abzustrahlen. Mittels des erfindungsgemäßen Mikrowellenofens können die weiter oben beschriebenen Vorteile eines erfindungsgemäßen Mikrowellengenerators für einen Mikrowellenofen erreicht werden. Hinsichtlich des Mikrowellengenerators kann dabei auf alle beschriebenen Ausführungen und Varianten zurückgegriffen werden. Erläuterte Vorteile gelten entsprechend.

[0025] Unter einer Kavität wird insbesondere ein umschlossener Raum verstanden, in welchen ein Gargut oder ein anderer zu erwärmender Gegenstand eingebracht werden kann. Typischerweise ist eine solche Kavität mikrowellendicht umschlossen, um eine Gefährdung eines Benutzers auszuschließen.

[0026] Bei dem Mikrowellenofen kann es sich insbesondere um ein Kombi-Gerät handeln, welches eine Beheizungs-Kombination aus Mikrowellen und konventioneller Widerstandsheizung sein kann. Die Widerstandsheizung kann beispielsweise wie bei einem üblichen Backofen, Dampfgarer oder Grill ausgebildet sein. Insbesondere kann das Gerät als Einbaugerät ausgeführt sein.

[0027] Die Kavität weist bevorzugt eine Anzahl von Hohlleitern auf, wobei in jedem Hohlleiter eine der Antennen aufgenommen ist. Dies ermöglicht eine vorteilhafte Einkopplung der Mikrowellen in die Kavität.

[0028] Der Mikrowellenofen weist bevorzugt ein Luftleitblech zum Leiten von an einem Kühlkörper des Mikrowellengenerators erwärmter Luft in die Kavität auf. Dabei kann es sich vorzugsweise um den weiter oben bereits erwähnten Kühlkörper des Mikrowellengenerators handeln. Dies ermöglicht eine zusätzliche Heizung des Innenraums der Kavität durch von dem Mikrowellengenerator abgegebene Verlustleistung.

[0029] Ein Luftleitblech ist bevorzugt als betätigbare Luftweiche ausgebildet, so dass es umschaltbar ist zwischen einer ersten Stellung, in welcher es die Luft in die Kavität leitet, und einer zweiten Stellung, in welcher es die Luft zur Umgebung leitet. Dies ermöglicht es, die Luft nur dann in die Kavität zu führen, wenn

sie auch tatsächlich wärmer als der Innenraum der Kavität ist. Insbesondere im Fall einer bereits mittels einer Widerstandsheizung deutlich erwärmten Kavität kann in diesem Fall das Einblasen von kühlerer Luft verhindert werden.

[0030] Das Luftleitblech kann insbesondere dazu ausgebildet sein, Luft durch eine Frontblende zur Umgebung hin zu leiten. Damit kann auch eine Kühlung der Frontblende erreicht werden oder in bekannter Weise die Kühlung der Sichtscheibe, beispielsweise über den Venturi-Effekt.

[0031] Ein Lüfter des Mikrowellengenerators ist bevorzugt dazu ausgebildet, auch weitere Komponenten des Mikrowellenofens zu kühlen. Hierbei kann es sich insbesondere um Komponenten einer Widerstandsheizung oder einer Steuerung handeln. Damit kann insbesondere ein Lüfter bzw. Tangentiallüfter hierfür eingespart werden. Dies ermöglicht eine einfachere Bauform und damit eine weitere Reduzierung der Kosten der Peripherie des Mikrowellengenerators im Gerät.

[0032] Ein Kombigerät kann typischerweise in unterschiedlichen Betriebsarten betrieben werden, beispielsweise nur mit Mikrowellenheizung, nur mit Widerstandsheizung, sei es für erzwungene Konvektion als Heißluft/Umluft, freie Konvektion als Ober-/Unterhitze, Konduktion als heißer Stein/beheiztes Backblech, Dampferzeugung, Strahlung oder kombiniert mit Mikrowellen- und Widerstandsheizung. Grundsätzlich ist auch eine Kombination mit induktiver Beheizung denkbar.

[0033] Es sei verstanden, dass alle in dieser Beschreibung oder in der Zeichnung erwähnten oder gezeigten Merkmale auch von eigenständiger erfindungswesentlicher Bedeutung sein können und die Offenbarung dieser Anmeldung auch Mikrowellengeneratoren oder Mikrowellenöfen mit jeweils nur einem solchen Merkmal oder mit einer beliebigen Kombination solcher Merkmale umfasst. Insbesondere ist die oben erläuterte Aufteilung auf zwei Kanäle nicht zwingend erforderlich, um andere, möglicherweise erfindungswesentliche Merkmale auszuführen.

Figurenliste

[0034] Weitere Merkmale und Vorteile wird der Fachmann den nachfolgend mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschriebenen Ausführungsbeispielen entnehmen, die in den Zeichnungen schematisch dargestellt sind und im Folgenden näher erläutert werden. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: einen Mikrowellengenerator,

Fig. 2: eine Schaltung eines Mikrowellengenerators,

Fig. 3: einen Mikrowellenofen und

Fig. 4: eine schematische Ansicht einer Phased-Array-Antenne.

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0035] **Fig. 1** zeigt einen Mikrowellengenerator **100** gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Der Mikrowellengenerator **100** weist eine Steuerplatine **110** auf, auf der unter anderem ein Microcontroller **112** zur Steuerung des Mikrowellengenerators **100** angebracht ist. Die Steuerplatine **110** verfügt des Weiteren über einen ersten Anschluss **114** und einen zweiten Anschluss **116**. Der erste Anschluss **114** dient dazu, mit weiteren Komponenten eines Mikrowellenofens zu kommunizieren, in welchem der Mikrowellengenerator **100** verwendet wird. Der zweite Anschluss **116** dient als Lüfteranschluss, worauf weiter unten noch ausführlicher eingegangen werden wird.

[0036] Der Mikrowellengenerator **100** weist eine Verstärkerplatine **120** auf, die eine Anzahl elektrischer Komponenten beinhaltet, welche weiter unten näher beschrieben werden. Der Mikrowellengenerator **100** weist ferner unterhalb der Verstärkerplatine **120** einen Anschluss **130** für eine Spannungsversorgung für die Komponenten des Mikrowellengenerators **100** auf, welche an einer anderen Position im Gerät angeordnet sein kann.

[0037] Oberhalb der Verstärkerplatine **120** ist ein Kühlkörper **140** angeordnet, der unmittelbar auf der Verstärkerplatine **120** aufgebracht ist und mit dieser direkt verbunden ist. Er dient zum Abführen von Wärme, welche von Komponenten erzeugt wird, die auf der Verstärkerplatine **120** angeordnet sind und weiter unten näher beschrieben werden. Der Mikrowellengenerator **100** weist ferner einen Lüfter **150** auf, welcher an dem Kühlkörper **140** über einen Halter **152** angebracht ist. Der Halter **152** besteht vorliegend aus Kunststoff. Der Lüfter **150** ist dazu ausgebildet, einen Luftstrom **154** durch Rippen des Kühlkörpers **140** zu erzeugen und damit das Abführen von Wärme vom Kühlkörper **140** zu verbessern.

[0038] In dem Mikrowellengenerator **100** sind ein erster Kanal **200** und ein zweiter Kanal **300** ausgebildet. Die Kanäle **200**, **300** sind jeweils zur Erzeugung von Mikrowellen vorgesehen, wobei durch die Mikrowellen insbesondere ein Gargut in einer in **Fig. 1** nicht dargestellten Kavität eines Mikrowellenofens, dessen Bestandteil der Mikrowellengenerator **100** sein kann, erhitzt werden kann. Die beiden Kanäle **200**, **300** sind identisch aufgebaut und werden nachfolgend detaillierter beschrieben. Dabei wird zunächst der erste Kanal **200** ausführlich beschrieben.

[0039] Der erste Kanal **200** weist einen ersten Oszillator **210** auf, welcher auf der Steuerplatine **110** ange-

ordnet ist. Des Weiteren weist er eine erste Verstärkerschaltung **220** auf, welche auf der Verstärkerplatine **120** angeordnet ist. Die erste Verstärkerschaltung **220** wird weiter unten mit Bezug auf **Fig. 2** genauer beschrieben werden. Der erste Kanal **200** weist auch eine erste Leistungsmessschaltung **250** auf, welche dazu ausgebildet ist, eine vom ersten Kanal **200** abgegebene Leistung und auch eine reflektierte Leistung zu messen. Auch hierauf wird weiter unten mit Bezug auf **Fig. 2** näher eingegangen. Des Weiteren weist der erste Kanal **200** eine erste Antenne **260** auf, welche dazu ausgebildet ist, Mikrowellen abzustrahlen. Hierzu ist die erste Antenne **260** mit der ersten Leistungsmessschaltung **250** und diese wiederum mit der ersten Verstärkerschaltung **220** verbunden. Insgesamt ergibt sich ein erster Pfad **270**, welcher die Ausbreitung elektrischer Signale auf den Platinen **110**, **120** im ersten Kanal **200** sowie die Abstrahlung von Mikrowellen aus der ersten Antenne **260** beschreibt.

[0040] Der zweite Kanal **300** ist identisch zum ersten Kanal **200** aufgebaut. Alle Komponenten des zweiten Kanals **300** sind neben den entsprechenden Komponenten des ersten Kanals **200** angeordnet. So ist ein zweiter Oszillator **310** des zweiten Kanals **300** auf der Steuerplatine **110** angeordnet. Eine zweite Verstärkerschaltung **320** des zweiten Kanals **300** ist auf der Verstärkerplatine **120** angeordnet. Außerdem ist auf der Verstärkerplatine **120** auch eine zweite Leistungsmessschaltung **350** angeordnet. An dem Kühlkörper **140** ist neben der ersten Antenne **260** eine zweite Antenne **360** des zweiten Kanals **300** angeordnet. Elektrische Signale und Mikrowellen beschreiben einen zweiten Pfad **370** entlang des zweiten Kanals **300** und weg von der zweiten Antenne **360**.

[0041] Der weiter oben bereits beschriebene Lüfter **150** wird an dem zweiten Anschluss **116** der Steuerplatine **110** angeschlossen. Damit wird er mit elektrischer Energie versorgt und kann auch mittels des Microcontrollers **112** ein- und ausgeschaltet sowie in seiner Leistung reguliert werden.

[0042] Nach unten hin ist der Mikrowellengenerator **100** durch einen Deckel **160** abgeschlossen. Der Deckel **160** ist eigentlich aus Aluminium-Druckguss hergestellt, ist jedoch in **Fig. 1** transparent dargestellt, damit dahinterliegende Komponenten sichtbar sind. Der Deckel **160** bildet zusammen mit dem Kühlkörper **140** ein Gehäuse **140**, **160** des Mikrowellengenerators **100**, welches diesen bis auf die Antennen **260**, **360** mikrowellendicht umschließt.

[0043] Die beiden Kanäle **200**, **300** sowie weitere Komponenten des Mikrowellengenerators **100** sind in **Fig. 2** in einem Schaltbild näher erläutert. Dabei sind auch typische Signalwege mit Pfeilen eingezeichnet. Der Microcontroller **112** ist mit dem ersten Anschluss

114 und dem zweiten Anschluss **116** verbunden, um mit anderen Komponenten eines Mikrowellenofens zu kommunizieren und um den Lüfter **150** zu versorgen und zu steuern. Der Microcontroller **112** ist ferner mit dem ersten Oszillator **210** und dem zweiten Oszillator **310** verbunden. Der erste Oszillator **210** ist mit einer ersten Spannungsquelle **215** verbunden, und der zweite Oszillator **310** ist mit einer zweiten Spannungsquelle **315** verbunden. Die beiden ersten und zweiten Spannungsquellen **215**, **315** liefern vorliegend jeweils eine Spannung von 3,3 V als Eingangsspannung für die Oszillatoren **210**, **310**. Diese Spannungsquellen können ebenfalls im Mikrowellengenerator angeordnet sein, vorzugsweise auf der Steuerplatine. Die Oszillatoren **210**, **310** erzeugen ein jeweiliges Ausgangssignal, welches eine bestimmte Frequenz aufweist und an die erste Verstärkerschaltung **220** bzw. an die zweite Verstärkerschaltung **320** weitergegeben wird. Die beiden Oszillatoren **210**, **310** sind auch elektrisch unmittelbar miteinander verbunden, so dass über einen dadurch möglichen Austausch von Informationen Frequenz- oder Phasenbeziehungen zueinander eingestellt werden können. Beispielsweise können die Oszillatoren mit einstellbaren unterschiedlichen Frequenzen und/oder einstellbaren unterschiedlichen Phasen betrieben werden. Sie können jedoch auch mit identischer Frequenz und/oder identischer Phase betrieben werden.

[0044] Die erste Verstärkerschaltung **220** kann grundsätzlich mit Bauelementen wie Transistoren und/oder Operationsverstärkern aufgebaut sein. Insbesondere kann sie zweistufig ausgebildet sein. Vorliegend ist sie vereinfacht als Operationsverstärker **230** dargestellt, welcher von einer dritten Spannungsquelle **240** versorgt wird. Entsprechend ist die zweite Verstärkerschaltung vorliegend vereinfacht als Operationsverstärker **330** dargestellt, welcher von einer vierten Spannungsquelle **340** versorgt wird. Die dritten und vierten Spannungsquellen **240**, **340** werden von der Spannungsversorgung **130** gespeist und liefern vorliegend eine Spannung von jeweils 28 V.

[0045] Die erste Verstärkerschaltung **220** verstärkt das vom ersten Oszillator **210** gelieferte Signal und liefert es weiter an die erste Leistungsmessschaltung **250**. Entsprechend verstärkt die zweite Verstärkerschaltung **320** das vom zweiten Oszillator **310** gelieferte Signal und liefert es weiter an die zweite Leistungsmessschaltung **350**.

[0046] Die erste Leistungsmessschaltung **250** weist einen ersten Ausgangleistungsmesser **252**, einen ersten Zirkulator **254** und einen ersten Reflexionsleistungsmesser **256** auf. Der erste Zirkulator **254** ist wiederum mit der ersten Antenne **260** verbunden. Mittels des ersten Ausgangleistungsmessers **252** kann die von der Verstärkerschaltung **220** abgegebene Leistung ermittelt werden. Diese wird über den ersten Zirkulator **254** zur ersten Antenne **260** geleitet und

von dort abgestrahlt. Wenn von der ersten Antenne **260** reflektierte Wellen empfangen werden, so werden diese vom Zirkulator **254** an den ersten Reflexionsleistungsmesser **256** weitergeleitet und danach in einem Lastwiderstand in Form von Wärme dissipiert. Dieser Reflexionsleistungsmesser **256** misst die reflektierte Leistung, so dass aus der Differenz zwischen abgegebener und reflektierter Leistung eine tatsächlich im Gargut verbliebene Leistung berechnet werden kann. Die Leistungsmessung für die vorlaufende und rücklaufende Welle kann grundsätzlich auch in einer kombinierten Leistungsmesseinheit hinter dem Zirkulator **354** erfolgen.

[0047] Entsprechend weist die zweite Leistungsmessschaltung **350** einen zweiten Ausgangsleistungsmesser **352**, einen zweiten Zirkulator **354** und einen zweiten Reflexionsleistungsmesser **356** auf. Der zweite Zirkulator **354** ist mit der zweiten Antenne **360** verbunden. Die Funktion dieser Komponenten des zweiten Kanals **300** ist identisch zu denjenigen des ersten Kanals, welche zuvor beschrieben wurden.

[0048] Fig. 3 zeigt einen Mikrowellenofen **10** mit einem Mikrowellengenerator **100**, evtl. kann es auch ein sogenanntes Kombi-Gerät sein. Der Mikrowellenofen **10** ist als Kombi-Gerät ausgebildet, was bedeutet, dass er sowohl mit Mikrowellen als auch mit einer konventionellen Widerstandsheizung betrieben werden kann. Der Mikrowellenofen **10** weist eine Kavität **20** auf, welche über eine Tür **25** zugänglich ist. Die Tür **25** kann hierzu geöffnet und geschlossen werden. In die Kavität **20** kann Gargut eingebracht werden, welches mittels des Mikrowellenofens **10** erhitzt werden soll. Der Mikrowellenofen **10** weist eine Frontblende **30** auf mit einem ersten Drehregler **32**, einem zweiten Drehregler **34** und einem Display **36**. Mittels der Drehregler **32**, **34** und des Displays **36** kann ein Benutzer Einstellungen vornehmen, um den Mikrowellenofen **10** zu bedienen und zu verwenden.

[0049] Der Mikrowellengenerator **100** ist über der Kavität **20** angeordnet. Zwischen der Frontblende **30** und dem Mikrowellengenerator **100** ist ein Luftleitblech **60** angeordnet, das als steuerbare Luftweiche ausgebildet ist. Es kann den von dem Lüfter **150** des Mikrowellengenerators **100** erzeugten Luftstrom **154** entweder in die Kavität **20** oder durch einen Spalt zwischen der Tür **25** und der Frontblende **30** leiten. Somit kann der Luftstrom **154** in die Kavität **20** geleitet werden, wenn dieser wärmer ist als der Innenraum der Kavität **20**, um das Aufheizen zu unterstützen. Ist der Innenraum der Kavität **20** jedoch bereits wärmer als der Luftstrom **154**, so kann der Luftstrom nach außen geleitet werden, um die Kavität **20** nicht unnötig abzukühlen. Zur Temperaturmessung können geeignete, nicht dargestellte Temperatursensoren verwendet werden.

[0050] Auf dem Luftleitblech **60** ist ein Relaisboard **50** angeordnet, auf welchem diverse Schalter und Steuerungskomponenten für den Mikrowellenofen **10** angebracht sind. Darauf sind insbesondere auch Relais angeordnet, welche eine nicht näher dargestellte Widerstandsheizung des Mikrowellenofens **10** steuern. Das Relaisboard **50** wird durch seine Anordnung auf dem Luftleitblech **60** ebenfalls durch den Luftstrom **154** gekühlt, so dass auf zusätzliche Kühlkomponenten wie beispielsweise einen ansonsten üblichen Tangentiallüfter verzichtet werden kann. Die Frontscheibe kann auf bekannte Weise ebenfalls durch den Lüfter gekühlt werden bei einem Luftaustausch zwischen Frontblende **30** und Tür **25**.

[0051] Die beiden Antennen **260**, **360** des Mikrowellengenerators **100** sind in jeweiligen Hohlleitern **70**, **75** der Kavität **20** aufgenommen. Dies ermöglicht eine Einkopplung der von den Antennen **260**, **360** abgestrahlten Mikrowellen in die Kavität **20**, wie dies auch in Fig. 3 anhand der beiden Pfade **270**, **370** dargestellt ist, die schon in der Fig. 1 gezeigt sind. Je weiter die Antennen **260**, **360** durch die Hohlleiter von der eigentlichen Kavität **20** entfernt sind, desto mehr sind sie und damit der gesamte Mikrowellengenerator **100** von den Einflüssen in der Kavität **20** abgekoppelt. Dort kann es durch die zusätzlichen Beheizungen beispielsweise zu sehr hoher Temperatur oder Luftfeuchtigkeit kommen. Auch Verschmutzungen durch Spritzer des Gargutes sind möglich. An den Verbindungsstellen der Hohlleiter zur Kavität sind daher vorzugsweise Abschirmeinrichtungen angebracht, die zwar Mikrowellen passieren lassen, den Luftaustausch aber verhindern. Hierzu sind beispielsweise Kunststoffe, Gläser, Keramiken oder Glimmer geeignet. Diese Abschirmeinrichtungen verhindern auch, dass Verschmutzungen in den Hohlleiter **70**, **75** eintreten, da diese zur Reinigung nur schwer zugänglich wären.

[0052] Neben dem Mikrowellengenerator **100** ist ein übliches Netzteil **40** angeordnet, welches den gesamten Mikrowellenofen **10** oder nur den Mikrowellengenerator **100** mit elektrischer Energie versorgt.

[0053] Fig. 4 zeigt schematisch eine Phased-Array-Antenne **400**, wie sie beispielsweise in einem Mikrowellenofen verwendet werden kann. Insbesondere kann diese Phased-Array-Antenne **400** in dem Mikrowellenofen aus Fig. 3 verwendet werden. Die Phased-Array-Antenne **400** weist einen Signaleingang **410** auf, an den ein Kanal eines Mikrowellengenerators angeschlossen werden kann. Der Signaleingang **410** ist mit insgesamt acht Phasenschiebern **420** verbunden, von denen jeder wiederum mit einer Antenne **430** verbunden ist. Die insgesamt acht Antennen **430** sind entlang einer Reihe mit einem jeweiligen Abstand angeordnet, der mit d bezeichnet ist. Dieser Abstand d ist identisch bei jeweils zwei benachbarten Antennen **430**.

[0054] Mittels der Phasenschieber **420** kann für jede der Antennen **430** eine individuelle Phasenverschiebung eingestellt werden. Insbesondere kann auf diese Weise eine Verteilung der Phasen erreicht werden, wobei die Phasenverschiebung zwischen jeweils zwei benachbarten Antennen in einer Richtung um einen konstanten Betrag zunimmt. Die Frequenz der jeweils abgestrahlten Mikrowellen ist hingegen identisch.

[0055] Mit einer solchen Phasenverschiebung kann auf bekannte Art und Weise eine Ausbreitungsrichtung von abgestrahlten Wellen **440** eingestellt werden. Die Wellen **440** nehmen zu einer Richtung, welche quer zur Reihe der Antennen **430** steht, einen Winkel von θ_S ein. Dieser Winkel θ_S kann durch unterschiedliche Phasenverschiebungen zwischen jeweils zwei benachbarten Antennen verändert werden. Jeweils quer zu den Wellen **440** verlaufen Wellenfronten **450**, deren Winkel zur Reihe der Antennen **430** identisch zum Winkel θ_S ist.

[0056] Die eben beschriebene Steuerung der Ausbreitungsrichtung der Wellen **440** mittels einer Phasenverschiebung kann insbesondere dazu verwendet werden, bestimmte Gebiete innerhalb einer Kavität gezielt anzustrahlen. Damit kann beispielsweise eine Funktion realisiert werden, in welcher ein Gargut oder auch Teile eines Garguts erkannt werden, beispielsweise mittels einer Kamera oder mittels Auswertung des Mikrowellenreflexionsverhaltens bei gezielt gewählten Einstellungen. Darauf basierend kann gezielt bzw. stärker oder auch schwächer erhitzt werden. Es sei verstanden, dass jede Kombination von einem bestimmten Phasenschieber mit zugehöriger Antenne in diesem Fall als Kanal bezeichnet werden kann, wobei hier alle Kanäle mit der gleichen Frequenz betrieben werden und sich nur die Phasen unterscheiden. Solche Funktionen können ebenso bei Betrieb der Kanäle mit unterschiedlichen Frequenzen eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Mikrowellengenerator (100) für einen Mikrowellenofen (10), wobei

- der Mikrowellengenerator (100) zumindest einen ersten Kanal (200) und einen zweiten Kanal (300) und einen Kühlkörper (140) aufweist,
- der erste Kanal (200) eine erste Verstärkerschaltung (220) und eine daran angeschlossene erste Antenne (260) zur Erzeugung von Mikrowellen mit einer Leistung bis zu maximal einer ersten Teilleistung aufweist,
- der zweite Kanal (300) eine zweite Verstärkerschaltung (320) und eine daran angeschlossene zweite Antenne (360) zur Erzeugung von Mikrowellen mit einer Leistung bis zu maximal einer zweiten Teilleistung aufweist,

- sich eine maximale Gesamtleistung des Mikrowellengenerators (100) aus den Teilleistungen seiner Kanäle (200, 300) zusammensetzt,
- eine Steuerplatine (110), eine Verstärkerplatine (120) mit den Verstärkerschaltungen (220, 320) und die Antennen (260, 360) an dem Kühlkörper (140) direkt montiert sind.

2. Mikrowellengenerator (100) nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** eine Anzahl weiterer Kanäle, wobei jeder weitere Kanal eine jeweilige Verstärkerschaltung und eine jeweilige daran angeschlossene Antenne zur Erzeugung von Mikrowellen mit einer Leistung bis zu maximal einer jeweiligen Teilleistung aufweist.

3. Mikrowellengenerator (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstärkerschaltungen (220, 320) jeweils eine Anzahl von Transistoren (230, 330), insbesondere Leistungstransistoren, zur Erzeugung oder Verstärkung eines die jeweilige Antenne (260, 360) betreibenden Stroms aufweisen.

4. Mikrowellengenerator (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstärkerschaltungen (220, 320) auf einer gemeinsamen Verstärkerplatine (120) angeordnet sind, wobei insbesondere die Verstärkerplatine (120) unmittelbar an dem Kühlkörper (140) des Mikrowellengenerators (100) montiert ist, vorzugsweise an einer ebenen Unterseite des Kühlkörpers (140).

5. Mikrowellengenerator (100) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Kühlkörper (140) ein Lüfter (150) zugeordnet ist, welcher vorzugsweise von einer mit der Verstärkerplatine (120) verbundenen Steuerplatine (110) elektrisch versorgt wird.

6. Mikrowellengenerator (100) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass Lüfter (150) und/oder weitere Komponenten an dem Kühlkörper (140) montiert sind, wobei vorzugsweise die Platinen (110, 120) und/oder Antennen (260, 360) direkt an dem Kühlkörper (140) angeschraubt sind, und wobei insbesondere Lüfter (150) über einen jeweiligen Halter (152) an dem Kühlkörper (140) befestigt sind.

7. Mikrowellengenerator (100) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antennen (260, 360) unmittelbar an einem Ende des Kühlkörpers (140) angebracht sind, vorzugsweise direkt bzw. ohne Flanschblech.

8. Mikrowellengenerator (100) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antennen (260, 360) mit den jeweiligen Verstärkerschaltungen (220, 320) direkt verdrahtet sind, ins-

besondere ohne Zwischenschaltung von Koaxialsteckern und/oder Koaxialkabeln.

9. Mikrowellengenerator (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass er ausgebildet ist die Kanäle (200, 300) mit unterschiedlichen Frequenzen und/oder unterschiedlichen Phasen zu betreiben, wobei insbesondere die Antennen (260, 360) zusammen eine Phased-Array-Antenne (400) bilden und wobei vorzugsweise der Mikrowellengenerator (100) dazu ausgebildet ist, eine Ausbreitungsrichtung von Mikrowellen, welche von der Phased-Array-Antenne (400) abgestrahlt werden, über Phasenbeziehungen der Kanäle (200, 300) zueinander einzustellen.

10. Mikrowellengenerator (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass er einen Deckel (160) aufweist, insbesondere aus Aluminium-Druckguss, welcher den Mikrowellengenerator (100) zumindest zu einer Seite hin mikrowellendicht abschließt, vorzugsweise nach unten, wobei insbesondere der Deckel (160) zusammen mit einem Kühlkörper (140) ein Gehäuse (140, 160) des Mikrowellengenerators (100) bildet.

11. Mikrowellenofen (10), **gekennzeichnet durch**:
- eine Kavität (20), und
- einen Mikrowellengenerator (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- wobei der Mikrowellengenerator (100) dazu ausgebildet und in dem Mikrowellenofen angeordnet ist, Mikrowellen in die Kavität (20) abzustrahlen.

12. Mikrowellenofen (10) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass er ein Luftleitblech (60) zum Leiten von an dem Kühlkörper (140) des Mikrowellengenerators (100) erwärmter Luft in die Kavität (20) aufweist, wobei vorzugsweise das Luftleitblech (60) als betätigbare Luftweiche ausgebildet ist, so dass es umschaltbar ist zwischen einer ersten Stellung, in welcher es die Luft in die Kavität (20) leitet, und einer zweiten Stellung, in welcher es die Luft zur Umgebung leitet.

13. Mikrowellenofen (10) nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Lüfter (150) des Mikrowellengenerators (100) dazu ausgebildet ist, auch weitere Komponenten (50) des Mikrowellenofens (10) zu kühlen, insbesondere Komponenten einer Widerstandsheizung oder einer Steuerung des Mikrowellenofens (10).

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

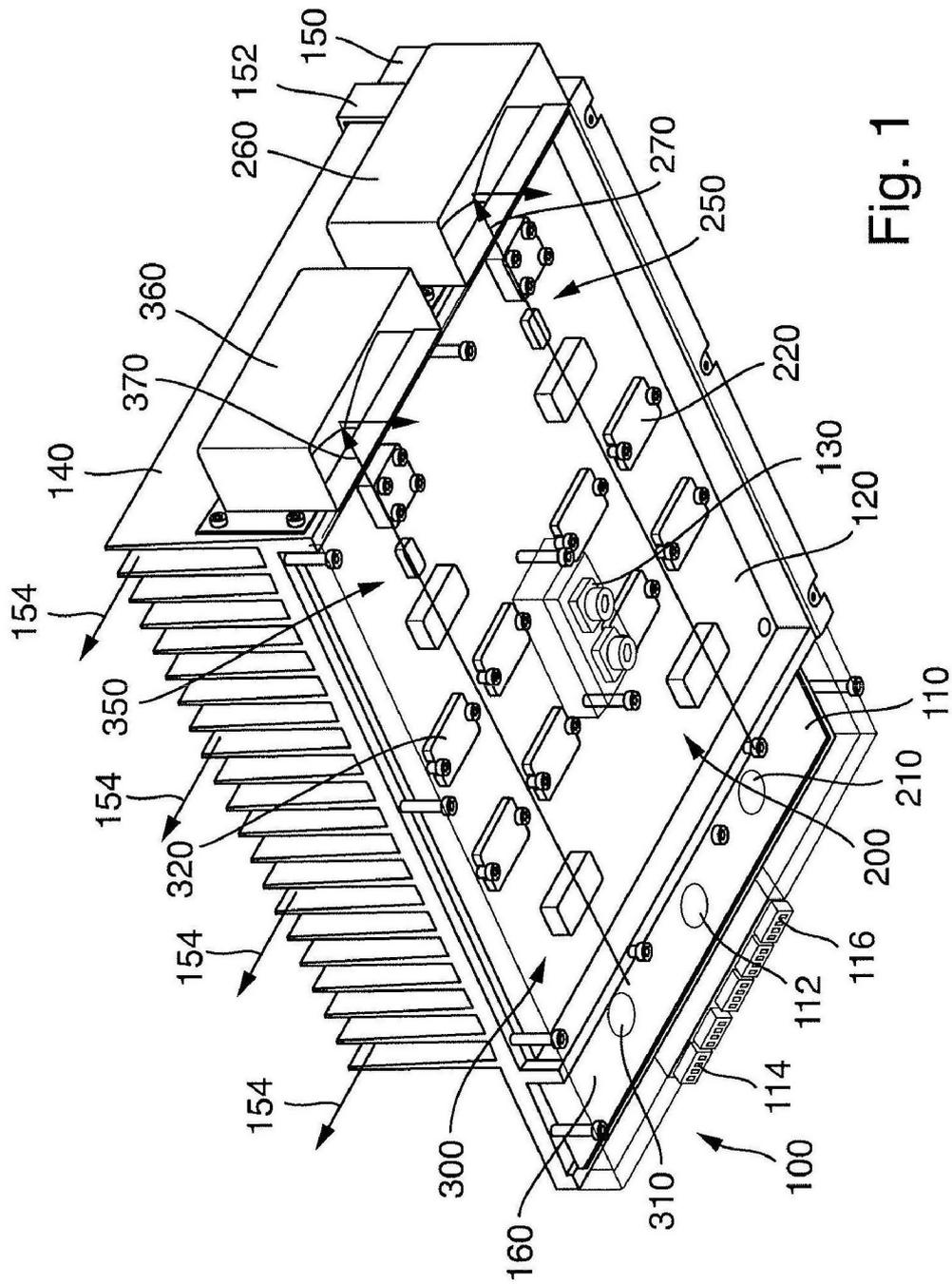


Fig. 1

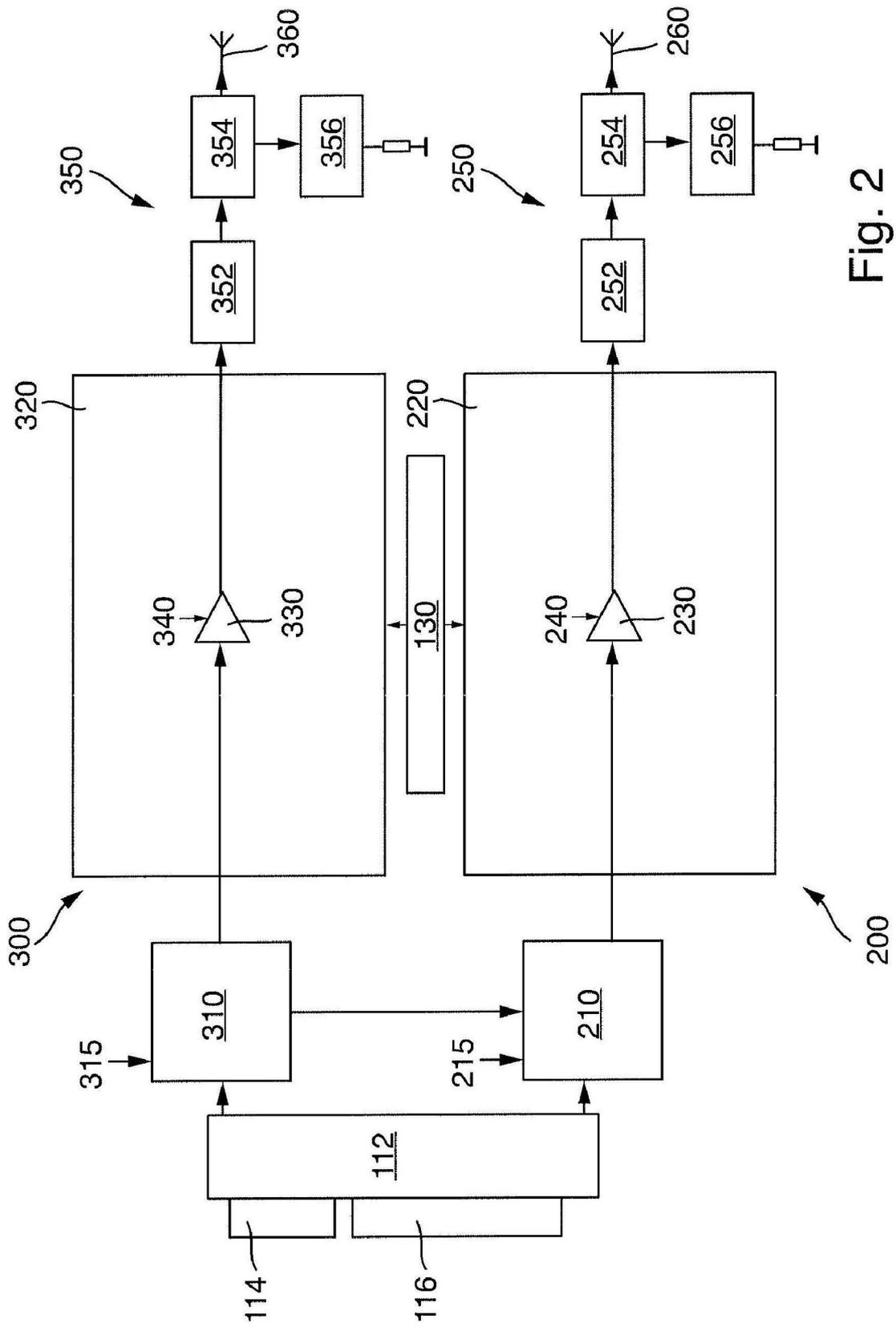


Fig. 2

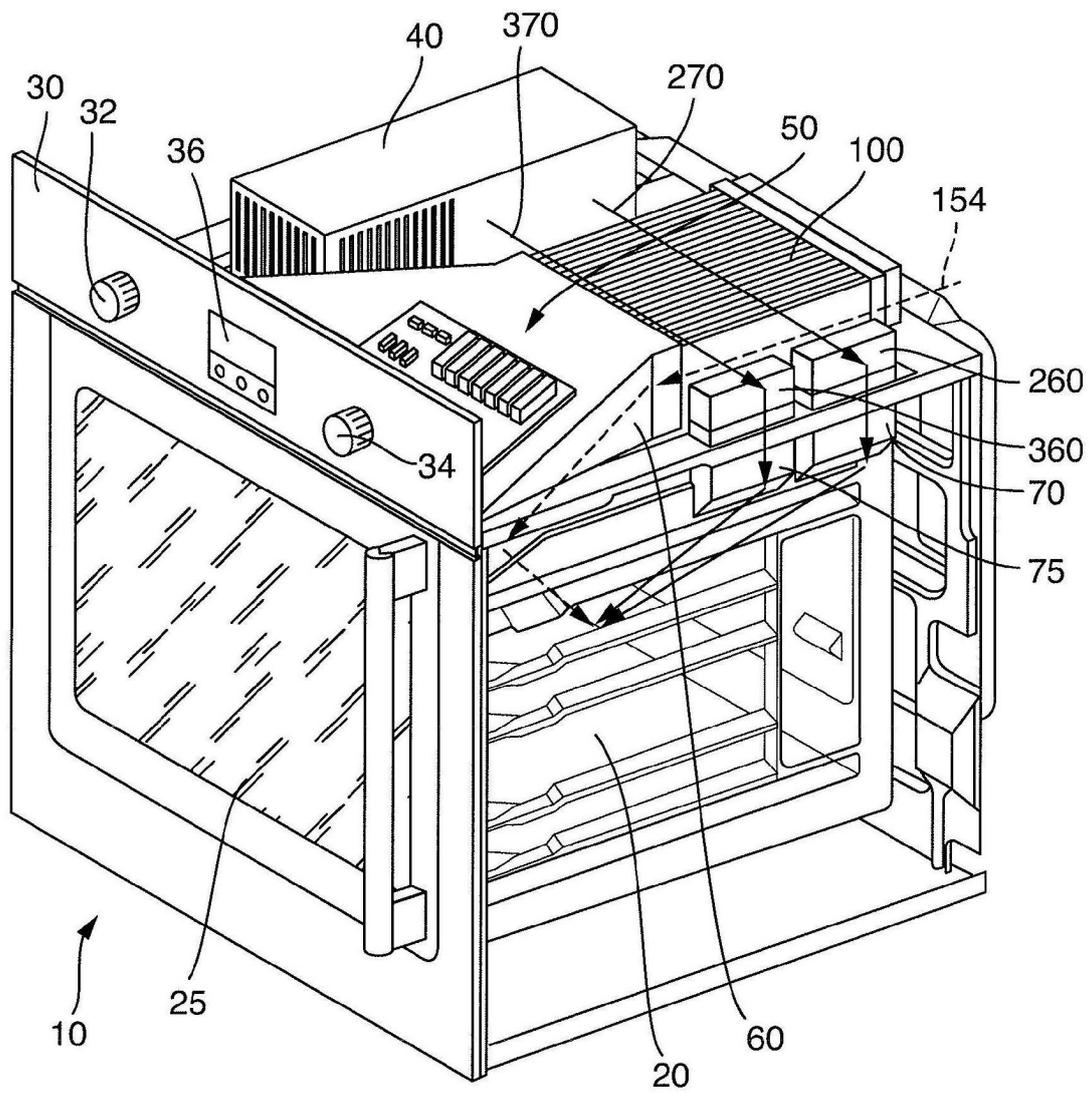


Fig. 3

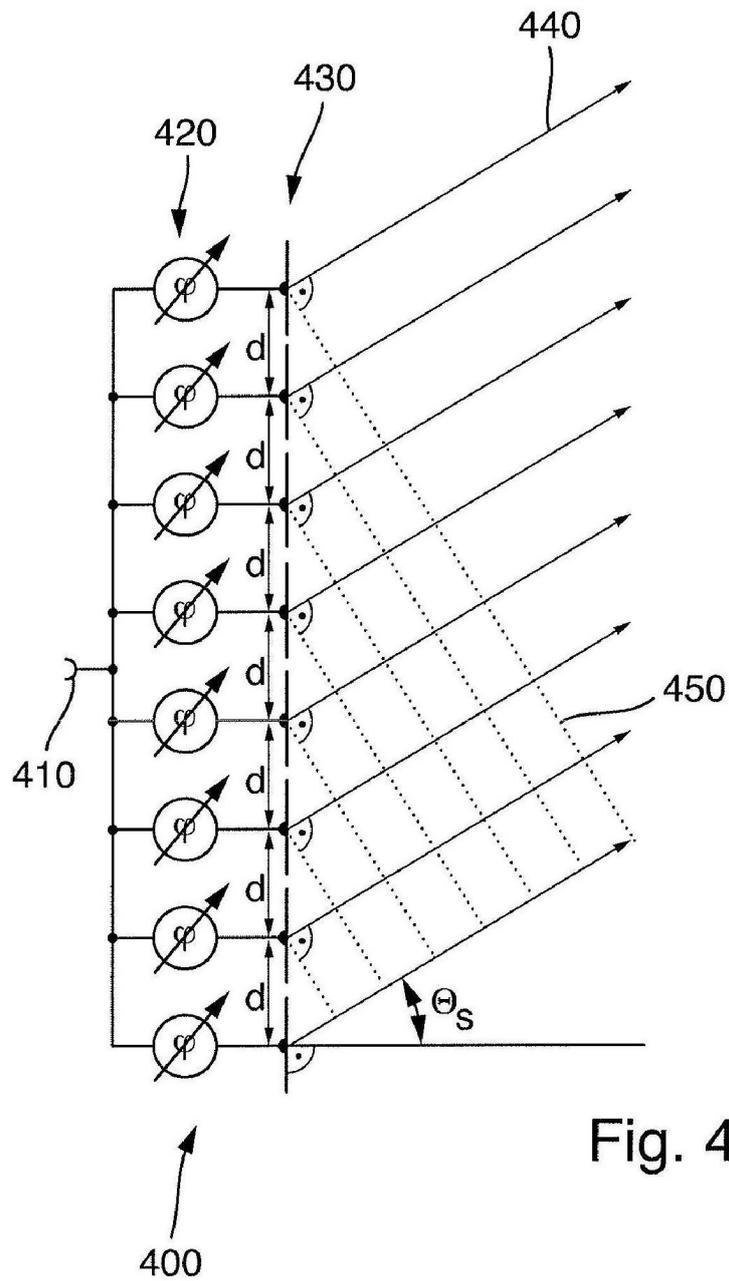


Fig. 4