



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.02.2021 Patentblatt 2021/05

(21) Anmeldenummer: **20184972.6**

(22) Anmeldetag: **09.07.2020**

(51) Int Cl.:

H01F 1/34 (2006.01)

H01F 41/02 (2006.01)

H01F 27/32 (2006.01)

H01F 1/37 (2006.01)

H01F 27/255 (2006.01)

H01F 41/12 (2006.01)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **31.07.2019 DE 102019211439**

(71) Anmelder: **Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG**
74638 Waldenburg (DE)

(72) Erfinder: **Patel, Arpankumar**
74523 Schwäbisch Hall (DE)

(74) Vertreter: **Rau, Schneck & Hübner**
Patentanwälte Rechtsanwälte PartGmbB
Königstraße 2
90402 Nürnberg (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES INDUKTIVEN BAUTEILS SOWIE INDUKTIVES BAUTEIL**

(57) Bei einem Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauteils (1) wird ein Grundkörper, der ein magnetisches Material umfasst, gesintert und anschließend zerkleinert. Durch das Zerkleinern entstehen gesinterte Partikel (P_1 , P_2), die mit einem Bindemittel (B_1 , B_2) zu mindestens einer Mischung gemischt werden. Die mindestens eine Mischung und mindestens eine Spule (2) werden in einer Form angeordnet und anschließend das

Bindemittel (B_1 , B_2) aktiviert, so dass die gesinterten Partikel (P_1 , P_2) mit dem Bindemittel (B_1 , B_2) mindestens einen magnetischen Kern (3, 4) ausbilden, der die mindestens eine Spule (2) zumindest teilweise umgibt. Das Verfahren ermöglicht eine einfache und kostengünstige Herstellung des induktiven Bauteils (1) mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften.

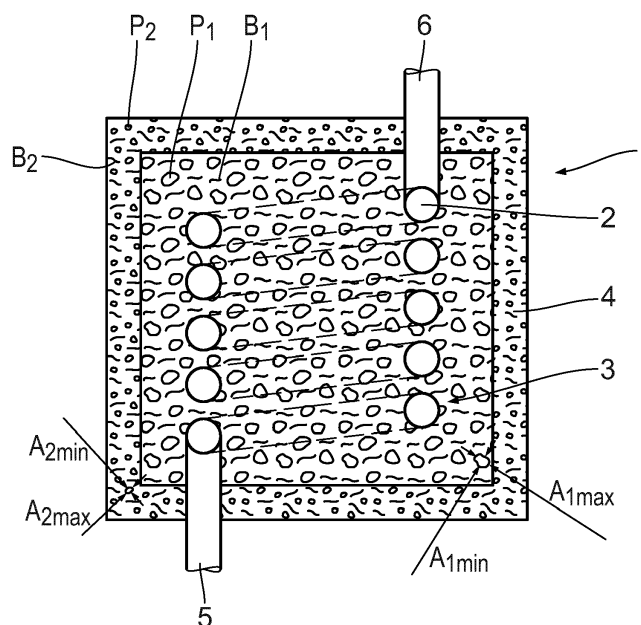


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Patentanmeldung nimmt die Priorität der deutschen Patentanmeldung DE 10 2019 211 439.3 in Anspruch, deren Inhalt durch Bezugnahme hierin aufgenommen wird.

[0002] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauteils sowie ein induktives Bauteil.

[0003] Aus der EP 2 211 360 A2 ist ein Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauteils bekannt. Aus einer Spule und mehreren magnetischen Pulvern wird sukzessive ein fester Körper geformt. Der Körper wird daraufhin in einem Ofen angeordnet und bei ca. 900 °C zu dem induktiven Bauteil gesintert.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, das eine einfache und kostengünstige Herstellung eines induktiven Bauteils mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften ermöglicht.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Zunächst wird ein Grundkörper bereitgestellt, der ein magnetisches Material umfasst. Das magnetische Material kann beispielsweise durch das Wiederaufbereiten von magnetischem Abfallmaterial oder durch das Aufbereiten von Rohmaterial erzeugt werden. Beispielsweise kann magnetisches Abfallmaterial zerkleinert, gefiltert und/oder gemischt werden und zu dem magnetischen Material aktiviert werden. Der Grundkörper wird insbesondere aus dem magnetischen Material geformt. Das Sintern des Grundkörpers kann in einfacher und kostengünstiger Weise bei einer vergleichsweise hohen Temperatur erfolgen, da das Sintern ohne die mindestens eine Spule erfolgt und die Schmelztemperatur des Materials der mindestens einen Spule nicht beachtet werden muss. Nach dem Sintern wird der gesinterte Grundkörper zerkleinert, so dass gesinterte Partikel entstehen. Durch das Zerkleinern und/oder das Auswählen der gesinterten Partikel für das Erzeugen der mindestens einen Mischung können die elektromagnetischen Eigenschaften des induktiven Bauteils beeinflusst werden. Anschließend wird aus den gesinterten Partikeln und einem Bindemittel mindestens eine Mischung erzeugt. Die mindestens eine Mischung wird zusammen mit der mindestens einer Spule in einer Form angeordnet und anschließend das Bindemittel aktiviert, so dass das Bindemittel die gesinterten Partikel zu mindestens einem magnetischen Kern verbindet. Der ausgebildete magnetische Kern umgibt die mindestens eine Spule in der gewünschten Weise. Vorzugsweise umgibt der mindestens eine magnetische Kern die mindestens eine Spule mit Ausnahme von Anschlusskontakten vollständig. Dadurch, dass das Sintern ohne die mindestens eine Spule erfolgt und die gesinterten Partikel mittels des Bindemittels zu dem mindestens einen magnetischen Kern verbunden werden, ist die Herstellung des induktiven Bauteils einfach und kostengünstig. Durch das Zerkleinern des gesinterten

Grundkörpers und die Auswahl der zum Erzeugen der mindestens einen Mischung verwendeten gesinterten Partikel können die elektromagnetischen Eigenschaften des induktiven Bauteils gezielt beeinflusst werden.

[0006] Ein Verfahren nach Anspruch 2 gewährleistet eine einfache und kostengünstige Herstellung des induktiven Bauteils mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften. Das mindestens eine Ferritmaterial ist einfach und kostengünstig verfügbar. Das mindestens eine Ferritmaterial ermöglicht eine hohe Induktivität und/oder eine weiche Sättigung. Das mindestens eine Ferritmaterial ermöglicht vergleichsweise geringere Wechselspannungsverluste (AC Losses) und/oder vergleichsweise höhere Spannungen bei Hochspannungstests (AC HiPot test). Das mindestens eine Ferritmaterial umfasst insbesondere Mangan (Mn), Zink (Zn) und/oder Nickel (Ni), beispielsweise NiZn und/oder MnZn.

[0007] Ein Verfahren nach Anspruch 3 gewährleistet eine einfache und kostengünstige Herstellung des induktiven Bauteils mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften. Dadurch, dass das Sintern ohne die mindestens eine Spule erfolgt, ist das Sintern mit einer vergleichsweise hohen Temperatur T_s möglich. Die Zeitdauer des Sintervorgangs ist umso kürzer, je höher die Temperatur T_s ist. Die Zeitdauer des Sintervorgangs kann dementsprechend verkürzt werden. Das Sintern beeinflusst die elektromagnetischen Eigenschaften der gesinterten Partikel. Dadurch, dass die Temperatur T_s und die Zeitdauer des Sinterns einfach und flexibel wählbar bzw. einstellbar sind, können die elektromagnetischen Eigenschaften in gewünschter Weise beeinflusst werden.

[0008] Ein Verfahren nach Anspruch 4 gewährleistet eine einfache und kostengünstige Herstellung des induktiven Bauteils mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften. Das Aspektverhältnis charakterisiert das Verhältnis einer minimalen Abmessung $A_{\min}$ zu einer maximalen Abmessung $A_{\max}$ des jeweiligen gesinterten Partikels. Für das Aspektverhältnis A gilt somit: $A = A_{\min}/A_{\max}$. Vor dem Erzeugen der mindestens einen Mischung werden die gesinterten Partikel derart bearbeitet, dass sich ihre Form einer Kugelform und/oder Würfelform annähert. Die Aspektverhältnisse der gesinterten Partikel werden durch eine Bearbeitung zumindest teilweise verkleinert. Dadurch, dass die gesinterten Partikel ihre Form einer Kugelform bzw. Würfelform annähern, weist der mindestens eine magnetische Kern eine im Wesentlichen gleichmäßige Dichte und somit im Wesentlichen gleichmäßige elektromagnetische Eigenschaften auf. Darüber hinaus weist der mindestens eine magnetische Kern eine hohe mechanische Stabilität auf, da die gesinterten Partikel von dem Bindemittel gleichmäßig benetzt werden.

[0009] Ein Verfahren nach Anspruch 5 gewährleistet eine einfache und kostengünstige Herstellung des induktiven Bauteils mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften. Dadurch, dass die gesinterten Partikel mittels einer Kugelmühle bearbeitet werden, nähert sich ihre

Form einer Kugelform und/oder Würfelform an. Durch das Bearbeiten werden vorzugsweise die Aspektverhältnisse der gesinterten Partikel zumindest teilweise verkleinert. Die Kugelmühle umfasst eine rotierende Trommel, in der sich Kugeln, beispielsweise Metallkugeln, befinden. Die gesinterten Partikel werden als Mahlgut der Kugelmühle zugeführt und von den Kugeln in der Trommel in der beschriebenen Weise bearbeitet.

[0010] Ein Verfahren nach Anspruch 6 gewährleistet eine einfache und kostengünstige Herstellung des induktiven Bauteils mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften. Dadurch, dass die gesinterten Partikel anhand der Partikelform und/oder der Partikelgröße separiert werden, können die für die mindestens eine Mischung verwendeten gesinterten Partikel in gewünschter Weise ausgewählt werden. Das Separieren bzw. Auswählen anhand der Partikelform erfolgt beispielsweise derart, dass gesinterte Partikel mit einem Aspektverhältnis A von mindestens 0,5, insbesondere mindestens 0,6, insbesondere mindestens 0,7, insbesondere mindestens 0,8, und insbesondere mindestens 0,9 separiert und für das Erzeugen der mindestens einen Mischung verwendet werden. Weiterhin werden die gesinterten Partikel anhand der Partikelgröße beispielsweise derart separat, dass eine erste grobe Fraktion und eine zweite feine Fraktion von gesinterten Partikeln erzeugt werden. Weiterhin werden die gesinterten Partikel anhand der Partikelgröße beispielsweise derart separiert, dass die Partikelgröße in einem gewünschten Bereich liegt. Durch die Auswahl der gesinterten Partikel nach ihrer Partikelform und/oder Partikelgröße können die elektromagnetischen Eigenschaften des mindestens einen Kerns gezielt beeinflusst werden.

[0011] Ein Verfahren nach Anspruch 7 gewährleistet eine einfache und kostengünstige Herstellung des induktiven Bauteils mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften. Vorzugsweise haben mindestens 80 %, insbesondere mindestens 90 %, und insbesondere mindestens 95 % der zum Erzeugen der mindestens einen Mischung verwendeten gesinterten Partikel das jeweilige Aspektverhältnis A . Das Aspektverhältnis A gewährleistet, dass die gesinterten Partikel in ihrer Form einer Kugelform bzw. Würfelform möglichst nahekommen. Das Aspektverhältnis A charakterisiert das Verhältnis einer minimalen Abmessung $A_{\min}$ zu einer maximalen Abmessung $A_{\max}$ des jeweiligen gesinterten Partikels. Für das Aspektverhältnis A gilt: $A = A_{\min}/A_{\max}$. Vorzugsweise gilt für das Aspektverhältnis A : $0,5 \leq A \leq 1$, insbesondere $0,6 \leq A \leq 0,9$, und insbesondere $0,7 \leq A \leq 0,8$. Das Aspektverhältnis A kann in Abhängigkeit der gewünschten Verteilung des magnetischen Flusses gewählt werden. Vorteilhafte Eigenschaften ergeben sich bei einem Aspektverhältnis $A \approx 0,75$.

[0012] Ein Verfahren nach Anspruch 8 gewährleistet eine einfache und kostengünstige Herstellung des induktiven Bauteils mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften. Vorzugsweise haben mindestens 80 %, insbesondere mindestens 90 %, und insbesondere min-

destens 95 % der verwendeten gesinterten Partikel die jeweilige minimale Abmessung $A_{\min}$. Vorzugsweise werden die verwendeten gesinterten Partikel nach ihrer Partikelgröße in eine erste Fraktion mit ersten gesinterten Partikeln und in eine zweite Fraktion mit zweiten gesinterten Partikeln separiert. Für eine minimale Abmessung $A_{1\min}$ der ersten gesinterten Partikel gilt vorzugsweise: $500 \mu\text{m} \leq A_{1\min} \leq 1000 \mu\text{m}$, insbesondere $600 \mu\text{m} \leq A_{1\min} \leq 900 \mu\text{m}$, und insbesondere $700 \mu\text{m} \leq A_{1\min} \leq 800 \mu\text{m}$. Für eine minimale Abmessung $A_{2\min}$ der zweiten gesinterten Partikel gilt vorzugsweise: $10 \mu\text{m} \leq A_{2\min} \leq 500 \mu\text{m}$, insbesondere $100 \mu\text{m} \leq A_{2\min} \leq 400 \mu\text{m}$, und insbesondere $200 \mu\text{m} \leq A_{2\min} \leq 300 \mu\text{m}$. Vorzugsweise haben mindestens 70 %, insbesondere mindestens 80 %, insbesondere mindestens 90 %, und insbesondere mindestens 95 % der verwendeten gesinterten Partikel die minimale Abmessung $A_{1\min}$ bzw. $A_{2\min}$.

[0013] Ein Verfahren nach Anspruch 9 gewährleistet eine einfache und kostengünstige Herstellung des induktiven Bauteils mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften. Vorzugsweise unterscheiden sich die ersten gesinterten Partikel und die zweiten gesinterten Partikel in ihrer Partikelform und/oder in ihrer Partikelgröße. Vorzugsweise werden die gesinterten Partikel nach ihrem Aspektverhältnis und/oder ihrer Partikelgröße, insbesondere ihrer minimalen Abmessung und/oder ihrer maximalen Abmessung separiert. Durch die gezielte Auswahl der verwendeten gesinterten Partikel können die elektromagnetischen Eigenschaften des induktiven Bauteils in gewünschter Weise beeinflusst werden.

[0014] Vorzugsweise werden die gesinterten Partikel in eine erste grobe Fraktion mit ersten gesinterten Partikeln und in eine zweite feine Fraktion mit im Vergleich zu den ersten gesinterten Partikeln kleineren zweiten gesinterten Partikeln separiert. Dadurch, dass die gesinterten Partikel in eine erste grobe Fraktion und eine zweite feine Fraktion separiert werden, können eine erste Mischung zur Ausbildung eines ersten magnetischen Kerns und eine zweite Mischung zur Ausbildung eines zweiten magnetischen Kerns erzeugt werden. Zum Erzeugen der ersten Mischung werden die ersten gesinterten Partikel mit einem Bindemittel gemischt. Entsprechend werden zum Erzeugen der zweiten Mischung die zweiten gesinterten Partikel mit einem Bindemittel gemischt. Die mindestens eine Spule und die erste Mischung werden in einer Form angeordnet und anschließend das Bindemittel der ersten Mischung aktiviert, so dass die ersten gesinterten Partikel mit dem Bindemittel den ersten magnetischen Kern ausbilden. Das erhaltene Bauteil mit der mindestens einen Spule und dem ersten magnetischen Kern wird zusammen mit der zweiten Mischung in einer zweiten Form angeordnet. Anschließend wird das Bindemittel in der zweiten Mischung aktiviert, so dass die zweiten gesinterten Partikel mit dem Bindemittel einen zweiten magnetischen Kern ausbilden. Der zweite magnetische Kern umgibt den ersten magnetischen Kern und die mindestens eine Spule zumindest teilweise.

[0015] Für eine minimale Abmessung $A_{1\min}$ der ersten

gesinterten Partikel gilt vorzugsweise: $500\ \mu\text{m} \leq A_{1\text{min}} \leq 1000\ \mu\text{m}$, insbesondere $600\ \mu\text{m} \leq A_{1\text{min}} \leq 900\ \mu\text{m}$, und insbesondere $700\ \mu\text{m} \leq A_{1\text{min}} \leq 800\ \mu\text{m}$. Für eine minimale Abmessung $A_{2\text{min}}$ der zweiten gesinterten Partikel gilt vorzugsweise: $10\ \mu\text{m} \leq A_{2\text{min}} \leq 500\ \mu\text{m}$, insbesondere $100\ \mu\text{m} \leq A_{2\text{min}} \leq 400\ \mu\text{m}$, und insbesondere $200\ \mu\text{m} \leq A_{2\text{min}} \leq 300\ \mu\text{m}$. Vorzugsweise haben mindestens 70 %, insbesondere mindestens 80 %, insbesondere mindestens 90 %, und insbesondere mindestens 95 % der verwendeten gesinterten Partikel die minimale Abmessung $A_{1\text{min}}$ bzw. $A_{2\text{min}}$.

[0016] Durch das zweistufige Herstellungsverfahren werden die elektromagnetischen und mechanischen Eigenschaften des induktiven Bauteils optimiert. Durch die Aufteilung der gesinterten Partikel in mehrere Fraktionen und die Auswahl und Aufteilung der gesinterten Partikel können die elektromagnetischen Eigenschaften in gewünschter Weise beeinflusst werden. Vorzugsweise umgibt der erste magnetische Kern die mindestens eine Spule mit Ausnahme von Anschlusskontakten vollständig. Vorzugsweise umgibt der zweite magnetische Kern mit Ausnahme von Anschlusskontakten den ersten magnetischen Kern und die mindestens eine Spule vollständig. Durch das Erzeugen mehrerer magnetischer Kerne mit sich unterscheidenden gesinterten Partikeln können die elektromagnetischen und/oder mechanischen Eigenschaften des Bauteils in gewünschter Weise beeinflusst werden. Dadurch, dass die vergleichsweise kleineren zweiten gesinterten Partikel den außenliegenden zweiten magnetischen Kern ausbilden, hat das Bauteil insbesondere eine glatte Oberfläche.

[0017] Ein Verfahren nach Anspruch 10 gewährleistet eine einfache und kostengünstige Herstellung des induktiven Bauteils mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften. Die gesinterten Partikel werden vorzugsweise nach ihrer Partikelform und/oder ihrer Partikelgröße in erste gesinterte Partikel und zweite gesinterte Partikel separiert. Vorzugsweise werden die gesinterten Partikel nach ihrer Partikelgröße, insbesondere ihrer minimalen Abmessung und/oder ihrer maximalen Abmessung, in eine erste grobe Fraktion mit den ersten gesinterten Partikeln und eine zweite feine Fraktion mit im Vergleich zu den ersten gesinterten Partikeln kleineren zweiten gesinterten Partikeln separiert. Aus den ersten gesinterten Partikeln und einem Bindemittel wird eine erste Mischung erzeugt. Entsprechend wird aus den zweiten gesinterten Partikeln und einem Bindemittel eine zweite Mischung erzeugt. Die mindestens eine Spule und die erste Mischung werden in einer ersten Form angeordnet und anschließend das Bindemittel in der ersten Mischung aktiviert, so dass die ersten gesinterten Partikel mit dem Bindemittel den ersten magnetischen Kern ausbilden. Der erste magnetische Kern umgibt die mindestens eine Spule zumindest teilweise. Das entstandene Bauteil mit der mindestens einen Spule und dem ersten magnetischen Kern und die zweite Mischung werden in einer zweiten Form angeordnet und anschließend das Bindemittel in der zweiten Mischung aktiviert, so dass die zwei-

ten gesinterten Partikel mit dem Bindemittel den zweiten magnetischen Kern ausbilden. Der zweite magnetische Kern umgibt den ersten magnetischen Kern und die mindestens eine Spule zumindest teilweise. Vorzugsweise umgibt der erste magnetische Kern die mindestens eine Spule mit Ausnahme von Anschlusskontakten vollständig. Vorzugsweise umgibt der zweite magnetische Kern mit Ausnahme von Anschlusskontakten den ersten magnetischen Kern und die mindestens eine Spule vollständig. Durch das Erzeugen mehrerer magnetischer Kerne mit sich unterscheidenden gesinterten Partikeln können die elektromagnetischen und/oder mechanischen Eigenschaften des Bauteils in gewünschter Weise beeinflusst werden.

[0018] Ein Verfahren nach Anspruch 11 gewährleistet eine einfache und kostengünstige Herstellung des induktiven Bauteils mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften. Das Bindemittel wird in einfacher Weise durch Erhöhen der Temperatur der mindestens einen Mischung und/oder durch Erhöhen des Drucks auf die mindestens eine Mischung aktiviert. Durch das Aktivieren des Bindemittels werden die gesinterten Partikel miteinander zu dem mindestens einen Kern verbunden. Als Binder wird beispielsweise ein Polymermaterial und/oder ein Harz verwendet.

[0019] Ein Verfahren nach Anspruch 12 gewährleistet eine einfache und kostengünstige Herstellung des induktiven Bauteils mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften. Durch das Massenverhältnis m wird die Dichte und/oder der Luftspalt des induktiven Bauteils in gewünschter Weise eingestellt. Das Massenverhältnis m beschreibt das Verhältnis der Masse m_P der gesinterten Partikel zu der Masse m_B des Bindemittels. Für das Massenverhältnis m gilt: $m = m_P/m_B$. Mit einem höheren Massenanteil der gesinterten Partikel zu dem Bindemittel steigt die Dichte und/oder verringert sich der Luftspalt des induktiven Bauteils und umgekehrt. Die Dichte und/oder der Luftspalt beeinflussen das Sättigungsverhalten des induktiven Bauteils.

[0020] Ein Verfahren nach Anspruch 13 gewährleistet eine einfache und kostengünstige Herstellung des induktiven Bauteils mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften. Der Grundkörper wird in einfacher Weise durch Pressen des magnetischen Materials erzeugt. Das magnetische Material liegt vorzugsweise als Granulat und/oder Pulver vor. Das magnetische Material umfasst mindestens ein Ferritmaterial. Vorzugsweise wird das magnetische Material derart bereitgestellt, dass mindestens ein Rohmaterial und/oder mindestens ein Abfallmaterial aufbereitet und/oder aktiviert wird. Vorzugsweise werden mehrere Rohmaterialien und/oder mehrere Abfallmaterialien gemischt und/oder aufbereitet. Vorzugsweise werden magnetische Abfallmaterialien wiederaufbereitet.

[0021] Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein induktives Bauteil zu schaffen, das einfach, kostengünstig und mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften herstellbar ist.

[0022] Diese Aufgabe wird durch ein induktives Bauteil mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst. Die Vorteile des induktiven Bauteils entsprechen den bereits beschriebenen Vorteilen des Verfahrens. Das induktive Bauteil kann insbesondere auch mit den Merkmalen mindestens eines der Ansprüche 1 bis 13 weitergebildet werden. Die gesinterten Partikel sind mit dem aktivierten Bindemittel zu dem mindestens einen Kern verbunden. Die gesinterten Partikel umfassen ein magnetisches Material, insbesondere mindestens ein Ferritmaterial. Die gesinterten Partikel haben eine jeweilige Partikelform, insbesondere ein jeweiliges Aspektverhältnis, und/oder eine jeweilige Partikelgröße, wie dies zu den Ansprüchen 1 bis 13 bereits beschrieben wurde. Auf die entsprechenden Merkmale wird Bezug genommen.

[0023] Ein induktives Bauteil nach Anspruch 15 gewährleistet eine einfache und kostengünstige Herstellung mit verbesserten elektromagnetischen Eigenschaften. Durch die Ausbildung mehrerer magnetischer Kerne und die Auswahl der hierfür verwendeten gesinterten Partikel können die elektromagnetischen Eigenschaften in gewünschter Weise beeinflusst werden.

[0024] Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Schnittdarstellung eines induktiven Bauteils,
- Fig. 2A und 2B ein Ablaufdiagramm mit den Schritten zur Herstellung des induktiven Bauteils gemäß Fig. 1,
- Fig. 3 Diagramme des Gütefaktors Q in Abhängigkeit der Zeit t und der Frequenz f , wobei das obere Diagramm ein induktives Bauteil umfassend eine Eisenlegierung nach dem Stand der Technik, das mittlere Diagramm ein erfindungsgemäßes induktives Bauteil mit Ferritmaterial umfassend Mangan und Zink und das untere Diagramm ein erfindungsgemäßes induktives Bauteil mit Ferritmaterial umfassend Nickel und Zink veranschaulicht,
- Fig. 4 Diagramme der Wechselspannungsverlustleistung P_{AC} in Abhängigkeit der Zeit t und der Frequenz f , wobei das obere Diagramm ein induktives Bauteil umfassend eine Eisenlegierung nach dem Stand der Technik, das mittlere Diagramm ein erfindungsgemäßes induktives Bauteil mit Ferritmaterial umfassend Mangan und Zink und das untere Diagramm ein erfindungsgemäßes induktives

Bauteil mit Ferritmaterial umfassend Nickel und Zink veranschaulicht,

- Fig. 5 ein Diagramm des Gütefaktors Q in Abhängigkeit der Frequenz f und der Zeit t für ein induktives Bauteil umfassend eine Eisenlegierung nach dem Stand der Technik, und
- Fig. 6 ein Diagramm des Gütefaktors Q in Abhängigkeit der Frequenz f und der Zeit t für ein erfindungsgemäßes induktives Bauteil mit Ferritmaterial umfassend Mangan und Zink.

[0025] Ein induktives Bauteil 1 umfasst eine Spule 2, einen ersten magnetischen Kern 3 und einen zweiten magnetischen Kern 4. Die Spule 2 ist beispielsweise als Zylinderspule ausgebildet. Die Spule 2 besteht aus einem elektrisch leitfähigen Material. Die Spule 2 weist Anschlusskontakte 5, 6 auf.

[0026] Der erste magnetische Kern 3 umgibt die Spule 2. Der erste magnetische Kern 3 umfasst erste gesinterte Partikel P_1 , die mittels eines ersten Bindemittels B_1 miteinander verbunden sind. Der zweite magnetische Kern 4 umgibt den ersten magnetischen Kern 3 und die Spule 2. Der zweite magnetische Kern 4 umfasst zweite gesinterte Partikel P_2 , die mittels eines zweiten Bindemittels B_2 miteinander verbunden sind. Die Anschlusskontakte 5, 6 sind durch den ersten magnetischen Kern 3 und den zweiten magnetischen Kern 4 nach außen geführt.

[0027] Die ersten gesinterten Partikel P_1 weisen jeweils eine minimale Abmessung A_{1min} und eine maximale Abmessung A_{1max} auf. Die ersten gesinterten Partikel P_1 haben ein jeweiliges erstes Aspektverhältnis A_1 , wobei gilt:

$A_1 = A_{1min}/A_{1max}$. Mindestens 70 %, insbesondere mindestens 80 %, insbesondere mindestens 90 %, und insbesondere mindestens 95 % der ersten gesinterten Partikel P_1 haben eine jeweilige minimale Abmessung A_{1min} , wobei gilt: $500 \mu m \leq A_{1min} \leq 1000 \mu m$, insbesondere $600 \mu m \leq A_{1min} \leq 900 \mu m$, und insbesondere $700 \mu m \leq A_{1min} \leq 800 \mu m$. Mindestens 70 %, insbesondere mindestens 80 %, insbesondere mindestens 90 %, und insbesondere mindestens 95 % der ersten gesinterten Partikel P_1 haben ein jeweiliges Aspektverhältnis A_1 , wobei gilt: $0,5 \leq A_1 \leq 1$, insbesondere $0,6 \leq A_1 \leq 1$, insbesondere $0,7 \leq A_1 \leq 1$, insbesondere $0,8 \leq A_1 \leq 1$, und insbesondere $0,9 \leq A_1 \leq 1$. Vorzugsweise gilt für das Aspektverhältnis A_1 : $0,5 \leq A_1 \leq 1$, insbesondere $0,6 \leq A_1 \leq 0,9$, und insbesondere $0,7 \leq A_1 \leq 0,8$. Das Aspektverhältnis A_1 kann in Abhängigkeit der gewünschten Verteilung des magnetischen Flusses gewählt werden. Vorteilhafte Eigenschaften ergeben sich bei einem Aspektverhältnis $A_1 \approx 0,75$.

[0028] Die zweiten gesinterten Partikel P_2 weisen jeweils eine minimale Abmessung A_{2min} und eine maximale Abmessung A_{2max} auf. Die zweiten gesinterten Partikel P_2 haben ein jeweiliges zweites Aspektverhältnis A_2 , wo-

bei gilt: $A_2 = A_{2\min}/A_{2\max}$. Mindestens 70 %, insbesondere mindestens 80 %, insbesondere mindestens 90 %, und insbesondere mindestens 95 % der zweiten gesinterten Partikel P_2 haben eine jeweilige minimale Abmessung $A_{2\min}$, wobei gilt: $10 \mu\text{m} \leq A_{2\min} \leq 500 \mu\text{m}$, insbesondere $100 \mu\text{m} \leq A_{2\min} \leq 400 \mu\text{m}$, und insbesondere $200 \mu\text{m} \leq A_{2\min} \leq 300 \mu\text{m}$. Mindestens 70 %, insbesondere mindestens 80 %, insbesondere mindestens 90 %, und insbesondere mindestens 95 % der zweiten gesinterten Partikel P_2 haben ein jeweiliges Aspektverhältnis A_2 , wobei gilt: $0,5 \leq A_2 \leq 1$, insbesondere $0,6 \leq A_2 \leq 1$, insbesondere $0,7 \leq A_2 \leq 1$, insbesondere $0,8 \leq A_2 \leq 1$, und insbesondere $0,9 \leq A_2 \leq 1$. Vorzugsweise gilt für das Aspektverhältnis A_2 : $0,5 \leq A_2 \leq 1$, insbesondere $0,6 \leq A_2 < 0,9$, und insbesondere $0,7 \leq A_2 < 0,8$. Das Aspektverhältnis A_2 kann in Abhängigkeit der gewünschten Verteilung des magnetischen Flusses gewählt werden. Vorteilhaft Eigenschaften ergeben sich bei einem Aspektverhältnis $A_2 \approx 0,75$.

[0029] Die ersten gesinterten Partikel P_1 und die zweiten gesinterten Partikel P_2 unterscheiden sich in ihrer Partikelform bzw. in ihrem Aspektverhältnis A_1 bzw. A_2 und/oder in ihrer Partikelgröße bzw. in ihrer minimalen Abmessung $A_{1\min}$ bzw. $A_{2\min}$.

[0030] Nachfolgend ist das Verfahren zur Herstellung des induktiven Bauteils 1 anhand von Fig. 2 beschrieben: In einem Schritt S_1 werden zunächst Ausgangsmaterialien R_1 bis R_n zu einer Ausgangsmaterial-Mischung R_M miteinander vermischt. Die Ausgangsmaterialien R_1 bis R_n sind beispielsweise Rohmaterialien und/oder Abfallmaterialien, die recycelt bzw. wiederaufbereitet werden sollen. Die Ausgangsmaterialien R_1 bis R_n umfassen beispielsweise Zinkoxid (ZnO), Manganoxid (MnO) und/oder Eisenoxid.

[0031] Die Ausgangsmaterial-Mischung R_M wird in einem Schritt S_2 aktiviert und/oder kalzinieren. Beim Kalzinieren wird eine calcium- und magnesiumcarbonathaltige Ausgangsmaterial-Mischung R_M zur Entwässerung und/oder zur Zersetzung erhitzt.

[0032] Die aktivierte Rohmaterial-Mischung R_M bildet ein magnetisches Material M aus. Das magnetische Material M ist beispielsweise pulverförmig und/oder granulatförmig. Das magnetische Material M umfasst mindestens ein Ferritmaterial, beispielsweise MnZn -Ferritmaterial und/oder NiZn -Ferritmaterial.

[0033] Das magnetische Material M wird in einem Schritt S_3 zu einem Grundkörper G gepresst. Der Grundkörper G wird auch als Grünkörper bezeichnet.

[0034] In einem nachfolgenden Schritt S_4 wird der Grundkörper G gesintert. Das Sintern erfolgt bei einer Temperatur T_s , wobei gilt: $T_s \geq 1000^\circ\text{C}$, insbesondere $T_s \geq 1100^\circ\text{C}$, insbesondere $T_s \geq 1200^\circ\text{C}$. Der gesinterte Grundkörper wird mit G_s bezeichnet.

[0035] In einem Schritt S_5 wird der gesinterte Grundkörper G_s zerkleinert. Das Zerkleinern erfolgt beispielsweise mittels einer Brechmaschine bzw. Zerkleinerungsmaschine (crusher). Durch das Zerkleinern entstehen gesinterte Partikel, die allgemein mit P bezeichnet wer-

den. Die gesinterten Partikel P weisen jeweils eine minimale Abmessung $A_{\min}$ und eine maximale Abmessung $A_{\max}$ auf, die ein jeweiliges Aspektverhältnis A definieren. Für das jeweilige Aspektverhältnis gilt: $A = A_{\min}/A_{\max}$. Nach dem Zerkleinern des gesinterten Grundkörpers G_s sind die Aspektverhältnisse A der gesinterten Partikel P breit gestreut. Insbesondere entstehen beim Zerkleinern auch gesinterte Partikel P mit einer länglichen Form, die ein jeweiliges kleines Aspektverhältnis A haben. Für die weitere Verarbeitung der gesinterten Partikel P ist eine Form erwünscht, die im Wesentlichen einer Kugelform und/oder einer Würfelform entspricht.

[0036] In einem Schritt S_6 werden die Aspektverhältnisse A der gesinterten Partikel P verkleinert. Das bedeutet, dass die maximale Abmessung $A_{\max}$ des jeweiligen gesinterten Partikels P an die minimale Abmessung $A_{\min}$ angeglichen wird. Hierzu werden die gesinterten Partikel P beispielsweise mittels einer Kugelmühle bearbeitet. Die Kugelmühle umfasst eine Trommel und darin angeordnete Metallkugeln. Die gesinterten Partikel P werden in die Trommel gegeben und aufgrund einer Rotation der Trommel mittels der Metallkugeln durch weitere Zerkleinerung und/oder Reibung bearbeitet, so dass sich die Aspektverhältnisse A der gesinterten Partikel P zumindest teilweise verkleinern.

[0037] In einem Schritt S_7 werden die gesinterten Partikel P anhand ihrer Partikelform und/oder anhand ihrer Partikelgröße separiert. Die gesinterten Partikel P werden in eine erste Fraktion mit ersten gesinterten Partikeln P_1 und eine zweite Fraktion mit zweiten gesinterten Partikeln P_2 separiert. Die ersten gesinterten Partikel P_1 haben die minimale Abmessung $A_{1\min}$ und die maximale Abmessung $A_{1\max}$ sowie das Aspektverhältnis A_1 , wohingegen die zweiten gesinterten Partikel P_2 die minimale Abmessung $A_{2\min}$, die maximale Abmessung $A_{2\max}$ und das Aspektverhältnis A_2 haben. Die erste Fraktion umfasst im Vergleich zu der zweiten Fraktion gröbere Partikel. Dementsprechend gilt für mindestens 70 % der gesinterten Partikel P_1, P_2 : $A_{1\min} > A_{2\min}$ und/oder $A_{1\max} > A_{2\min}$ und/oder $A_{1\min} \geq A_{2\max}$.

[0038] In Schritt S_7 aussortierte gesinterte Partikel P , die weder der ersten Fraktion noch der zweiten Fraktion zugehören, können zurückgeführt werden und in Schritt S_5 weiter zerkleinert und/oder in Schritt S_6 weiter bearbeitet werden. Dies ist in Fig. 2 durch die gestrichelten Linien veranschaulicht.

[0039] In einem nachfolgenden Schritt S_{81} wird aus den ersten gesinterten Partikeln P_1 und dem ersten Bindemittel B_1 eine erste Mischung X_1 erzeugt. Entsprechend wird in einem Schritt S_{82} aus den zweiten gesinterten Partikeln P_2 und dem zweiten Bindemittel B_2 eine zweite Mischung X_2 erzeugt. Die Bindemittel B_1 und B_2 können gleich oder unterschiedlich sein. Die Bindemittel B_1, B_2 sind beispielsweise ein Polymerkunststoff und/oder ein Harz.

[0040] Die erste Mischung X_1 hat ein Massenverhältnis m_1 der Masse m_{P1} der ersten gesinterten Partikel P_1 zu der Masse m_{B1} des ersten Bindemittels B_1 . Für das Mas-

senverhältnis m_1 gilt somit $m_1 = m_{P1}/m_{B1}$. Für das Massenverhältnis m_1 gilt vorzugsweise: $75/25 \leq m_1 \leq 99/1$, insbesondere $80/20 \leq m_1 \leq 98/2$, und $85/15 \leq m_1 \leq 95/5$. Die zweite Mischung X_2 hat ein Massenverhältnis m_2 der Masse m_{P2} der zweiten gesinterten Partikel P_2 zu der Masse m_{B2} des zweiten Bindemittels B_2 . Für das Massenverhältnis m_2 gilt somit $m_2 = m_{P2}/m_{B2}$. Für das Massenverhältnis m_2 gilt vorzugsweise: $75/25 \leq m_2 \leq 99/1$, insbesondere $80/20 \leq m_2 \leq 98/2$, und $85/15 \leq m_2 \leq 95/5$. Das Massenverhältnis wird allgemein mit m bezeichnet.

[0041] In einem Schritt S_9 werden die erste Mischung X_1 und die Spule 2 in einer ersten Form F_1 angeordnet. Anschließend wird das erste Bindemittel B_1 aktiviert, so dass das erste Bindemittel B_1 die ersten gesinterten Partikel P_1 zu dem ersten magnetischen Kern 3 verbindet. Zum Aktivieren des ersten Bindemittels B_1 wird ein Druck p_1 auf die erste Mischung X_1 und/oder eine Temperatur T_1 der ersten Mischung X_1 erhöht. Nach dem Aushärten des ersten Bindemittels B_1 wird der erste magnetische Kern 3 mit der Spule 2 entformt.

[0042] In einem nachfolgenden Schritt S_{10} wird der erste magnetische Kern 3 mit der Spule 2 und die zweite Mischung X_2 in einer zweiten Form F_2 angeordnet. Anschließend wird das zweite Bindemittel B_2 aktiviert, so dass das zweite Bindemittel B_2 die zweiten gesinterten Partikel P_2 zu dem zweiten magnetischen Kern 4 verbindet. Das zweite Bindemittel B_2 wird durch ein Erhöhen eines Drucks p_2 auf die zweite Mischung X_2 und/oder durch Erhöhen einer Temperatur T_2 der zweiten Mischung X_2 aktiviert. Nach dem Aushärten des zweiten Bindemittels B_2 wird der zweite Kern 4 mit dem ersten magnetischen Kern 3 und der Spule 2 entformt.

[0043] Durch das Entformen wird in einem Schritt S_{11} das induktive Bauteil 1 bereitgestellt.

[0044] Fig. 3 veranschaulicht Messkurven für den Gütefaktor Q (Q -Value) bei Frequenzen f von 100 kHz, 500 kHz und 1 MHz über der Zeit t . Der Gütefaktor Q der erfindungsgemäßen induktiven Bauteile 1 (vgl. mittleres und unteres Diagramm) ist gegenüber dem induktiven Bauteil nach dem Stand der Technik (vgl. oberes Diagramm) über die Zeit t konstanter. Ergänzend zu den Messkurven sind in Fig. 3 geglättete Messkurven veranschaulicht, die einen einfacheren Vergleich hinsichtlich der Konstanz der Gütefaktoren Q ermöglichen sollen.

[0045] In entsprechender Weise veranschaulicht Fig. 4 Messkurven für die Wechselspannungsverlustleistung P_{AC} bei Frequenzen f von 400 kHz und 1,2 MHz über der Zeit t . Die Wechselspannungsverlustleistung P_{AC} der erfindungsgemäßen induktiven Bauteile 1 (vgl. mittleres und unteres Diagramm) ist im Vergleich zu dem induktiven Bauteil nach dem Stand der Technik (vgl. oberes Diagramm) über der Zeit t konstanter. Ergänzend zu den Messkurven sind in Fig. 4 geglättete Messkurven veranschaulicht, die einen einfacheren Vergleich hinsichtlich der Konstanz der Wechselspannungsverlustleistung P_{AC} ermöglichen sollen.

[0046] Die erfindungsgemäßen Bauteile 1 altern thermisch kaum und gewährleisten somit, dass sich das Ver-

halten einer elektrischen Schaltung mit den erfindungsgemäßen induktiven Bauteilen 1 infolge von sich über der Zeit t ändernden Parameter, wie beispielsweise dem Gütefaktor Q oder der Wechselspannungsverlustleistung P_{AC} nicht ändert und deren Funktion nicht beeinträchtigt ist. Ein Vergleich der Messkurven in Fig. 5 mit den Messkurven in Fig. 6 verdeutlicht, dass sich der Gütefaktor Q des erfindungsgemäßen induktiven Bauteils 1 über der Zeit t kaum ändert und die erfindungsgemäßen Bauteile 1 thermisch kaum altern.

[0047] Allgemein gilt:

Das induktive Bauteil 1 weist mindestens eine Spule 2 auf. Vorzugsweise weist das induktive Bauteil 1 genau eine Spule oder genau zwei Spulen auf.

[0048] Die durch Zerkleinern des gesinterten Grundkörpers G_s entstehenden gesinterten Partikel P können in beliebiger Weise bearbeitet, separiert und/oder ausgewählt werden. Die Reihenfolge der erwähnten Schritte ist hierbei beliebig. Zum Separieren und/oder Auswählen können bekannte Filter und/oder Siebe und/oder Separatoren verwendet werden. Durch das Bearbeiten, Separieren und/oder Auswählen der gesinterten Partikel P können die elektromagnetischen Eigenschaften des induktiven Bauteils 1 in gewünschter Weise eingestellt werden. Insbesondere können die Induktivität, das Sättigungsverhalten und/oder der Luftspalt eingestellt werden.

[0049] Das Aktivieren des Bindemittels B kann durch Kaltpressen oder Heißpressen erfolgen.

[0050] Das magnetische Material M und somit der mindestens eine magnetische Kern 3, 4 umfasst vorzugsweise mindestens ein Ferritmaterial. Ferritmaterial ist kostengünstig und einfach verfügbar. Durch die Verwendung von Ferritmaterial werden vergleichsweise gute elektromagnetische Eigenschaften des induktiven Bauteils 1 erzielt. Insbesondere weist das induktive Bauteil 1 eine hohe Induktivität, ein gewünschtes Sättigungsverhalten, geringe Verluste auf und/oder kann mit einer hohen Spannung betrieben werden. Derartige induktive Bauteile 1 bestehen beispielsweise einen Hochspannungstest (AC HiPot test) bei einer Spannung von 3 kV_{AC} (3 mA , 3 sec).

[0051] Die gesinterten Partikel werden allgemein mit P bezeichnet. Das Aspektverhältnis wird allgemein mit A bezeichnet. Die minimale Abmessung wird allgemein mit $A_{\min}$ bezeichnet. Die maximale Abmessung wird allgemein mit $A_{\max}$ bezeichnet.

50 Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauteils mit den Schritten:

- Bereitstellen eines ein magnetisches Material (M) umfassenden Grundkörpers (G),
- Sintern des Grundkörpers (G),
- Zerkleinern des gesinterten Grundkörpers (G_s)

- zu gesinterten Partikeln (P , P_1 , P_2),
 - Erzeugen mindestens einer Mischung (X_1 , X_2) aus den gesinterten Partikeln (P_1 , P_2) und einem Bindemittel (B_1 , B_2),
 - Anordnen der mindestens einen Mischung (X_1 , X_2) und mindestens einer Spule (2) in einer Form (F_1 , F_2), und
 - Aktivieren des Bindemittels (B_1 , B_2) in der mindestens einen Mischung (X_1 , X_2), so dass die gesinterten Partikel (P_1 , P_2) mit dem Bindemittel (B_1 , B_2) mindestens einen magnetischen Kern (3, 4) ausbilden, der die mindestens eine Spule (2) zumindest teilweise umgibt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
dass das magnetische Material (M) mindestens ein Ferritmaterial umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,
dass das Sintern bei einer Temperatur T_s erfolgt, wobei gilt: $T_s \geq 1000^\circ\text{C}$, insbesondere $T_s \geq 1100^\circ\text{C}$, insbesondere $T_s \geq 1200^\circ\text{C}$.
4. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die gesinterten Partikel (P , P_1 , P_2) ein jeweiliges Aspektverhältnis (A) haben und die Aspektverhältnisse (A) vor dem Erzeugen der mindestens einen Mischung (X_1 , X_2) zumindest teilweise verkleinert werden.
5. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die gesinterten Partikel (P , P_1 , P_2) vor dem Erzeugen der mindestens einen Mischung (X_1 , X_2) mittels einer Kugelmühle bearbeitet werden.
6. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die gesinterten Partikel (P , P_1 , P_2) vor dem Erzeugen der mindestens einen Mischung (X_1 , X_2) anhand der Partikelform und/oder der Partikelgröße separiert werden.
7. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass mindestens 70 % der zum Erzeugen der mindestens einen Mischung (X_1 , X_2) verwendeten gesinterten Partikel (P , P_1 , P_2) ein jeweiliges Aspektverhältnis A haben, für das gilt: $0,5 \leq A \leq 1$, insbesondere $0,6 \leq A \leq 1$, insbesondere $0,7 \leq A \leq 1$, insbesondere $0,8 \leq A \leq 1$, und insbesondere $0,9 \leq A \leq 1$.
8. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass mindestens 70 % der zum Erzeugen der mindestens einen Mischung (X_1 , X_2) verwendeten gesinterten Partikel (P , P_1 , P_2) eine jeweilige minimale Abmessung $A_{\min}$ haben, für die gilt: $10 \mu\text{m} \leq A_{\min} \leq 1000 \mu\text{m}$.
9. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die gesinterten Partikel (P , P_1 , P_2) vor dem Erzeugen der mindestens einen Mischung (X_1 , X_2) in eine erste Fraktion mit ersten gesinterten Partikeln (P_1) und in eine zweite Fraktion mit sich von den ersten gesinterten Partikeln (P_1) unterscheidenden zweiten gesinterten Partikeln (P_2) separiert werden.
10. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass mit ersten gesinterten Partikeln (P_1) ein erster magnetischer Kern (3) erzeugt wird, und
dass mit sich von den ersten gesinterten Partikeln (P_1) unterscheidenden zweiten gesinterten Partikeln (P_2) ein zweiter magnetischer Kern (4) erzeugt wird.
11. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass das Bindemittel (B_1 , B_2) durch Erhöhen einer Temperatur (T_1 , T_2) und/oder durch Erhöhen eines Drucks (p_1 , p_2) aktiviert wird.
12. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die mindestens eine Mischung (X_1 , X_2) derart erzeugt wird, dass für ein Massenverhältnis m der gesinterten Partikel (P_1 , P_2) zu dem Bindemittel (B_1 , B_2) gilt: $75/25 \leq m \leq 99/1$, insbesondere $80/20 \leq m \leq 98/2$, und insbesondere $85/15 \leq m \leq 95/5$.
13. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der Grundkörper (G) durch Pressen des magnetischen Materials (M) bereitgestellt wird.
14. Induktives Bauteil umfassend
 - mindestens eine Spule (2),
 - mindestens einen magnetischen Kern (3, 4), der die mindestens eine Spule (2) zumindest teilweise umgibt,
dadurch gekennzeichnet,
dass der mindestens eine Kern (3, 4) mittels gesinterten Partikel (P_1 , P_2) und eines Bindemittels (B_1 , B_2) ausgebildet ist.
15. Induktives Bauteil nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**,
dass ein erster magnetischer Kern (3) mit ersten gesinterten Partikeln (P_1) die mindestens eine Spule (2) zumindest teilweise umgibt, und
dass ein zweiter magnetischer Kern (4) mit sich von

den ersten gesinterten Partikeln (P_1) unterscheiden-
den zweiten gesinterten Partikeln (P_2) den ersten
magnetischen Kern (3) und die mindestens eine
Spule (2) zumindest teilweise umgibt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

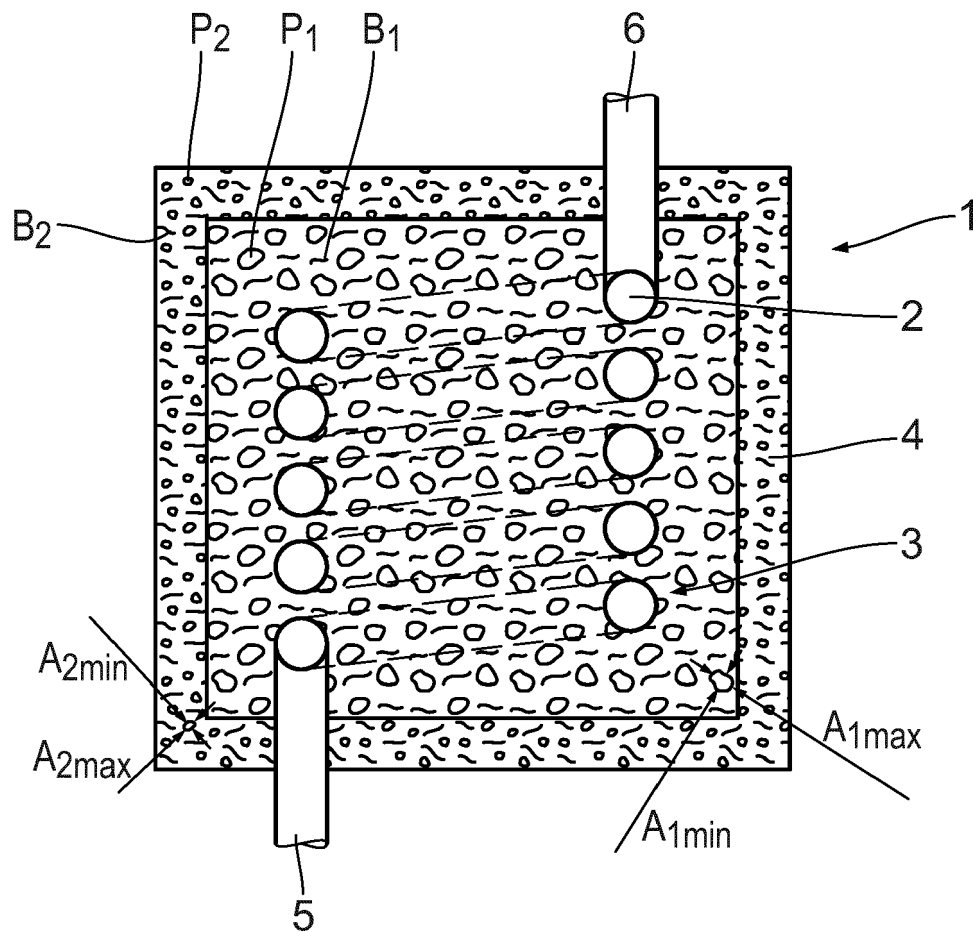


Fig. 1

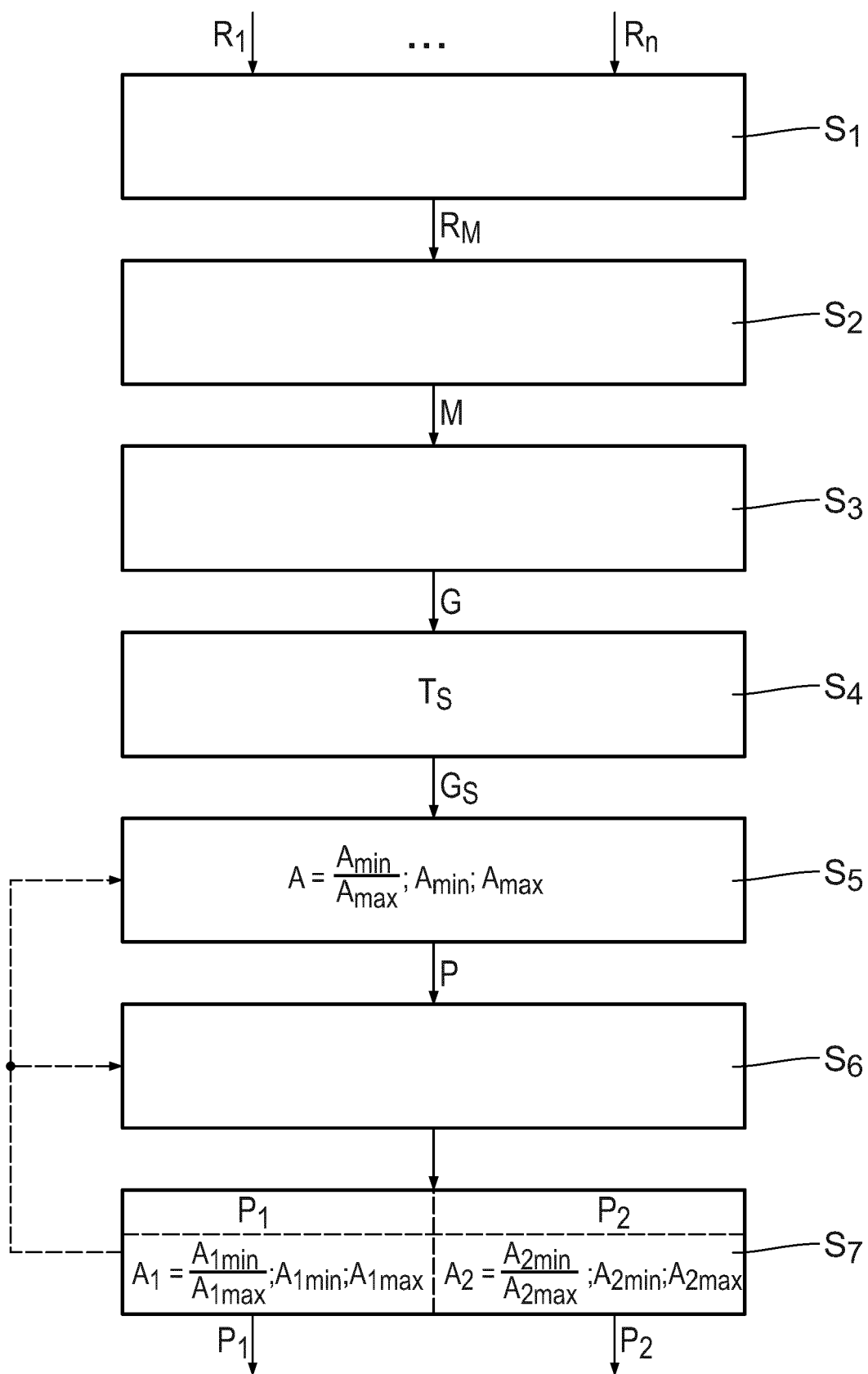


Fig. 2A

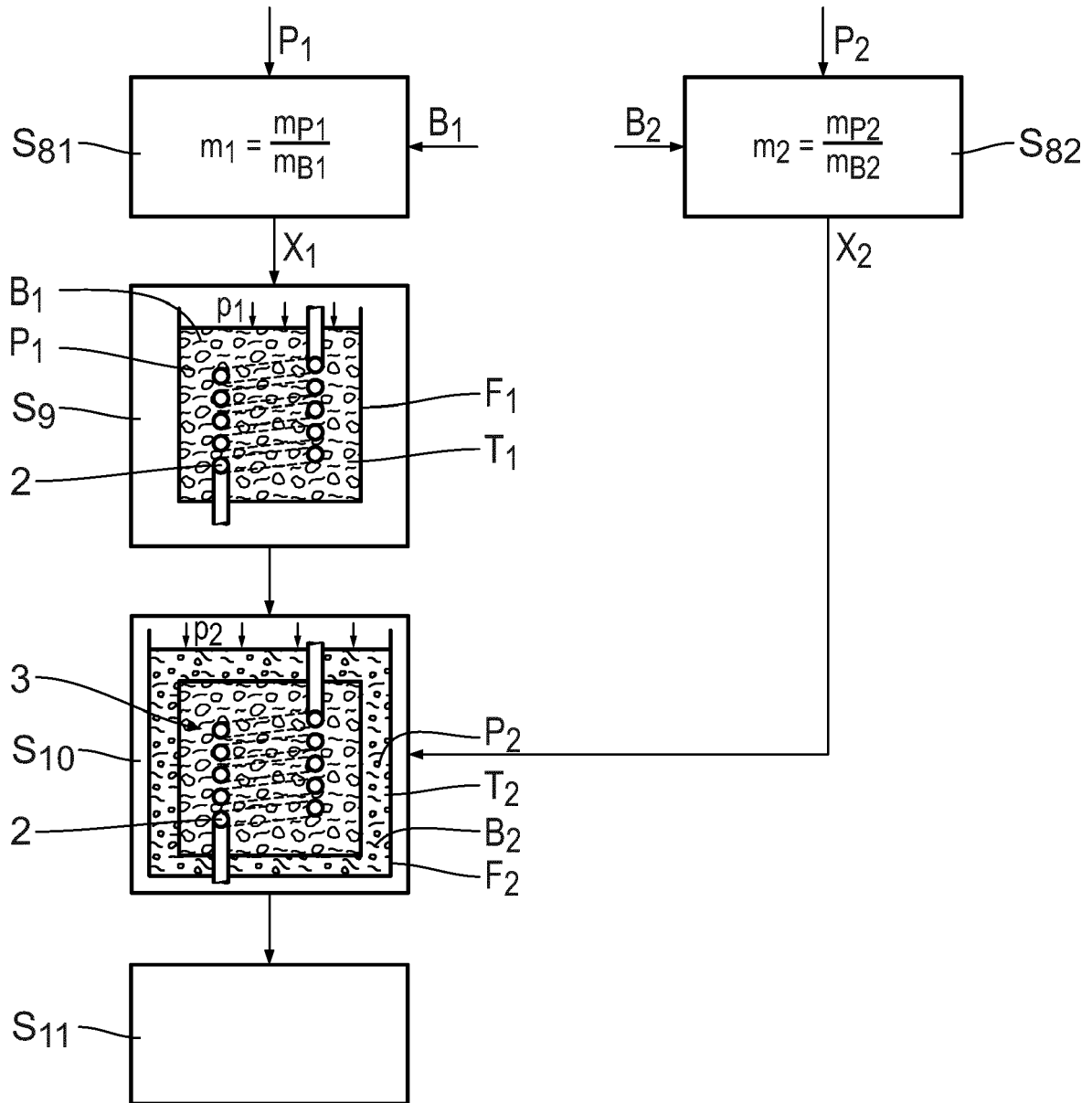


Fig. 2B

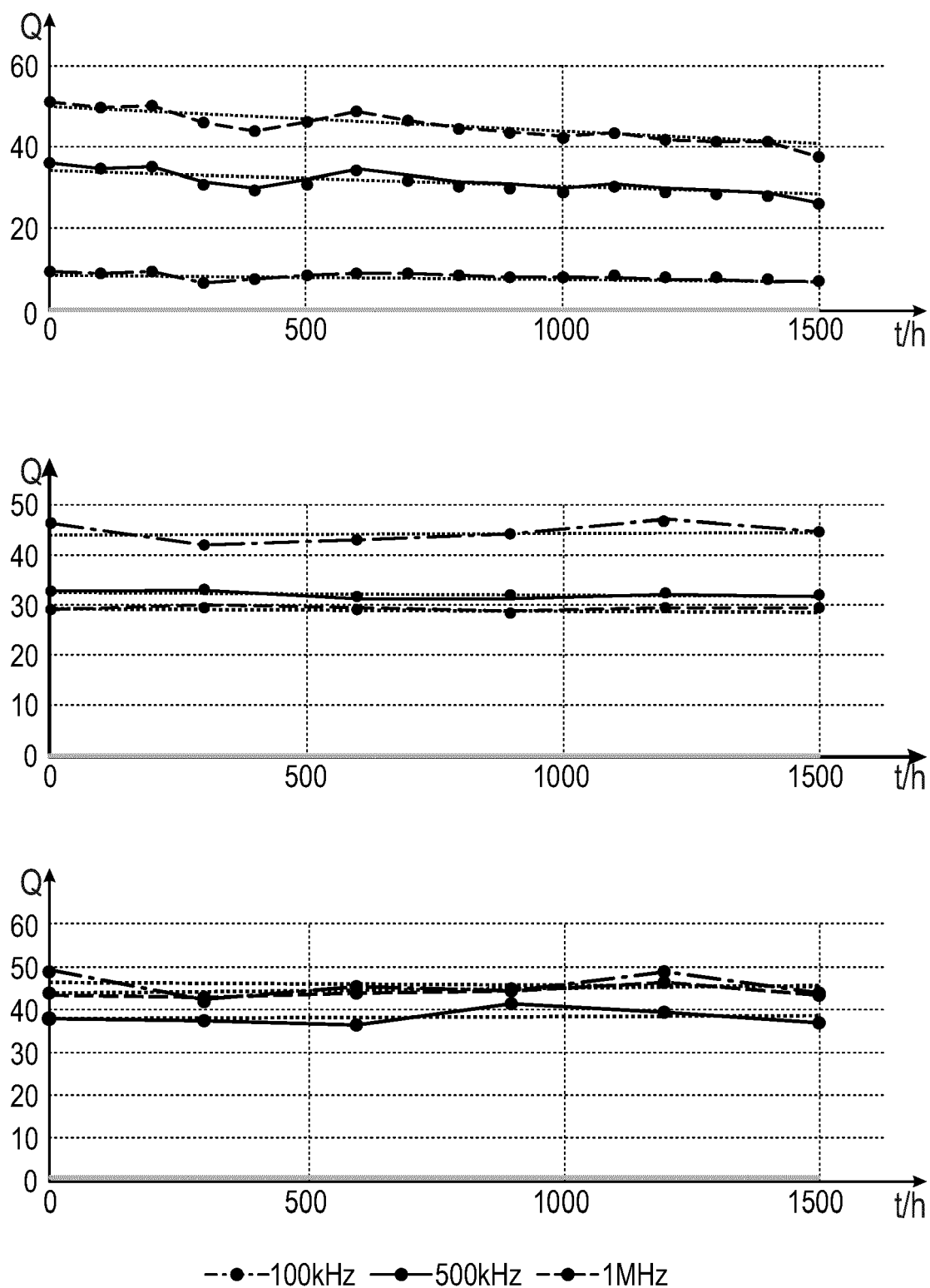


Fig. 3

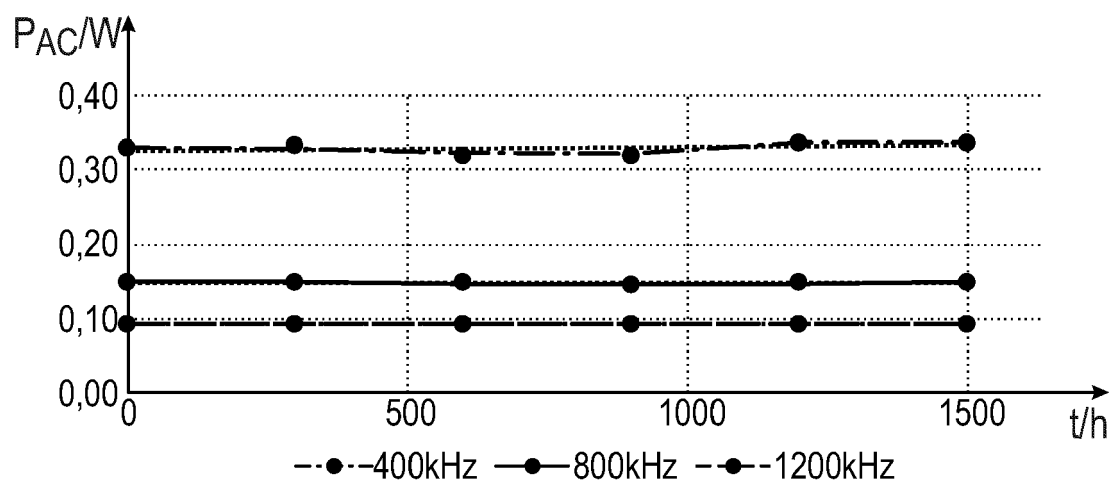
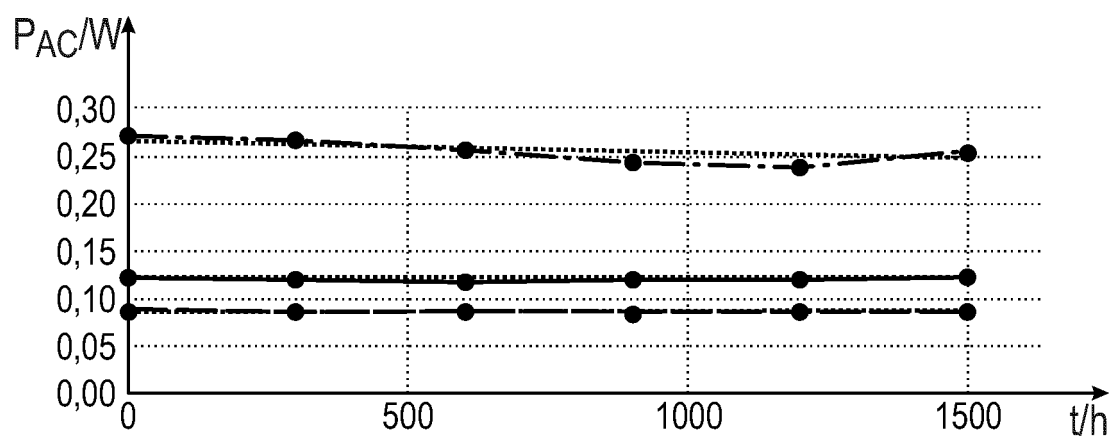
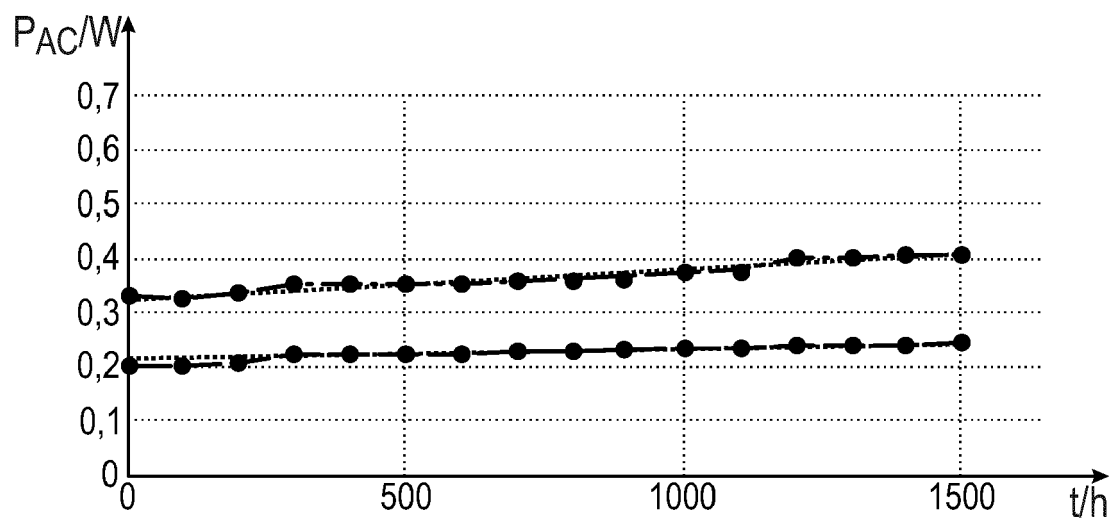


Fig. 4

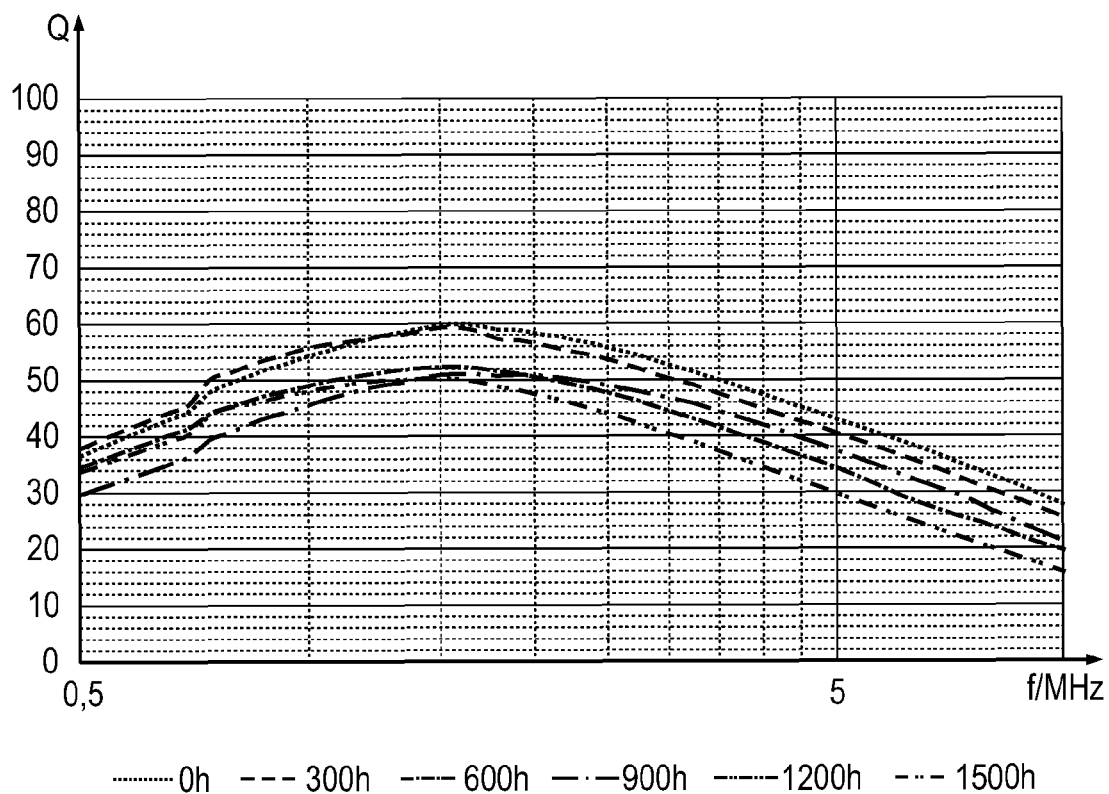


Fig. 5

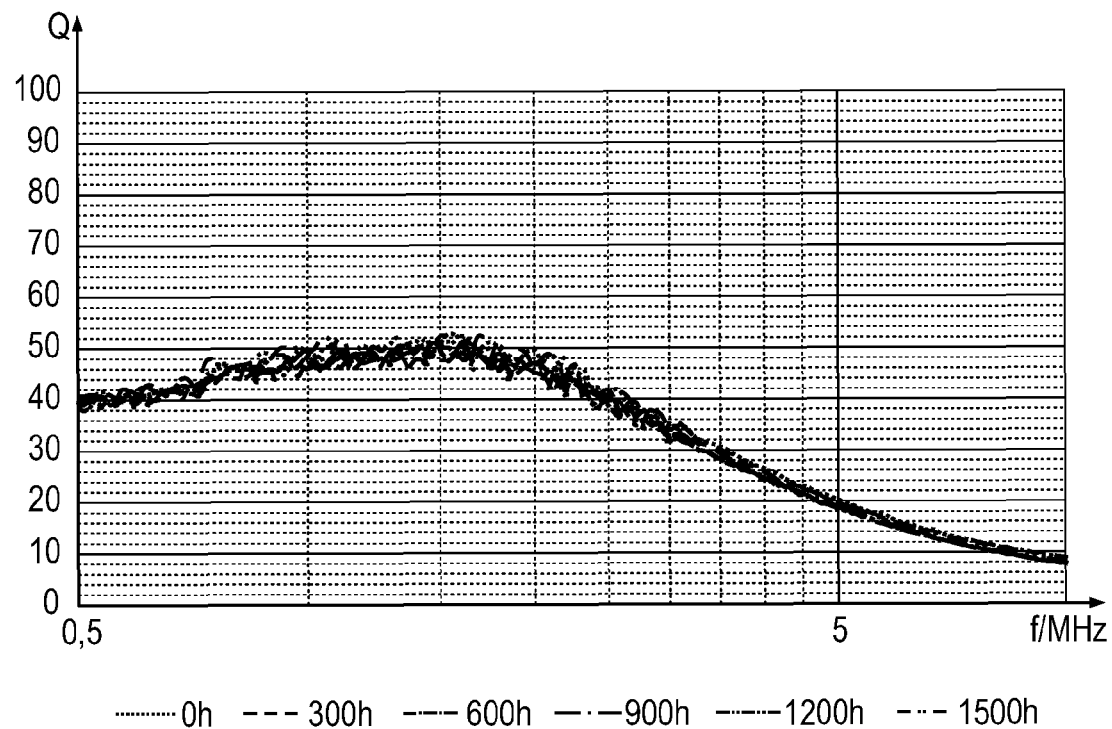


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 18 4972

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 302 647 A1 (NGK) 30. März 2011 (2011-03-30)	14,15	INV. H01F1/34 H01F1/37 H01F41/02 H01F27/255 H01F27/32 H01F41/12
Y	* Absätze [0011], [0056] * * Absätze [0065] - [0077] * * Absätze [0088] - [0090] * * Abbildungen 9-14 *	1-13	
Y	US 2016/351318 A1 (JEONG) 1. Dezember 2016 (2016-12-01)	1-14	
A	* Absatz [0029] * * Abbildungen 1-5 *	15	
Y	CN 103 304 186 B (UNIV ELECTRONIC SCIENCE) 13. August 2014 (2014-08-13)	1-14	
A	* Absätze [0011] - [0017] *	15	
A,D	EP 2 211 360 A2 (NGK) 28. Juli 2010 (2010-07-28) * Absatz [63+77] * * Abbildungen 5-7 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 18. November 2020	Prüfer Subke, Kai-Olaf
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 18 4972

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

18-11-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	EP 2302647	A1	30-03-2011	EP 2302647 A1		30-03-2011
				JP 5398676 B2		29-01-2014
15				JP 2011091378 A		06-05-2011
				US 2011121930 A1		26-05-2011

	US 2016351318	A1	01-12-2016	CN 106205951 A		07-12-2016
				KR 20160139969 A		07-12-2016
				US 2016351318 A1		01-12-2016
20	-----					
	CN 103304186	B	13-08-2014	KEINE		

	EP 2211360	A2	28-07-2010	EP 2211360 A2		28-07-2010
				JP 5325799 B2		23-10-2013
25				JP 2010192890 A		02-09-2010
				US 2010194511 A1		05-08-2010

30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102019211439 [0001]
- EP 2211360 A2 [0003]