

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
20. September 2012 (20.09.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/123232 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
H05G 1/20 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/053152
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
24. Februar 2012 (24.02.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2011 005 446.4 11. März 2011 (11.03.2011) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** BEYERLEIN, Walter [DE/DE]; Schönbacher Str. 20, 91088 Bubenreuth (DE).
- (74) **Gemeinsamer Vertreter:** SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

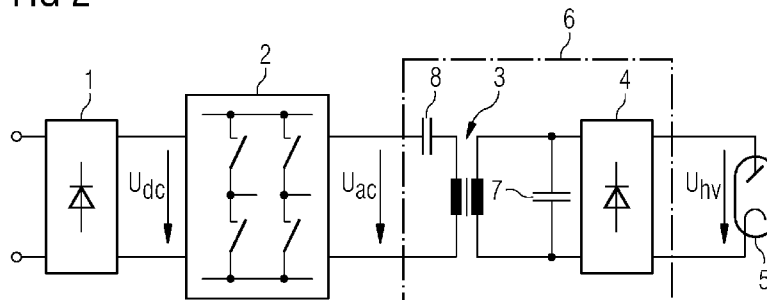
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) **Title:** CIRCUIT ASSEMBLY COMPRISING INVERTERS FOR SUPPLYING AN X-RAY TUBE WITH POWER AND ASSOCIATED METHOD

(54) **Bezeichnung :** SCHALTUNGSANORDNUNG MIT WECHSELRICHTER ZUR SPANNUNGSVERSORUNG EINER RÖNTGENRÖHRE UND ZUGEHÖRIGES VERFAHREN

FIG 2



(57) **Abstract:** The invention relates to a circuit assembly and to an associated method for generating an X-ray tube voltage (U_{hv}). The assembly comprises a mains input circuit (1) for generating a DC link voltage (U_{dc}), an inverter circuit (2) for converting the DC link voltage (U_{dc}) to a high-frequency AC voltage (U_{ac}), and a high-voltage generator (6), which converts the high-frequency AC voltage (U_{ac}) to a high voltage (U_{hv}) for the X-ray tube (5), wherein the high-voltage generator (6) comprises a transformer (3) and a high-voltage capacitor (7) which is connected in parallel to the secondary winding of the transformer (3) and which, together with the inductance of the secondary winding, forms an oscillating circuit having the natural frequency thereof in the frequency range between 10 kHz and 500 kHz. The invention offers the advantage that the existing parasitic winding capacitance of the transformer is optionally increased by an additional capacitor so much that it can be beneficially utilized as a component for increasing the voltage of a high-voltage source.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/123232 A1



Die Erfindung gibt eine Schaltungsanordnung und ein zugehöriges Verfahren zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung (U_{hv}) an. Die Anordnung umfasst eine Netzeingangsschaltung (1) zur Erzeugung einer Zwischenkreisspannung (U_{dc}), eine Wechselrichterschaltung (2) zur Umwandlung der Zwischenkreisspannung (U_{dc}) in eine hochfrequente Wechselspannung (U_{ac}) und einem Hochspannungserzeuger (6), der die hochfrequente Wechselspannung (U_{ac}) in eine Hochspannung (U_{hv}) für die Röntgenröhre (5) umwandelt, wobei der Hochspannungserzeuger (6) einen Transformator (3) und einen zur Sekundärwicklung des Transformators (3) parallel geschalteten Hochspannungskondensator (7) aufweist, der zusammen mit der Induktivität der Sekundärwicklung einen Schwingkreis bildet, der im Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 500 kHz seine Resonanzfrequenz hat. Die Erfindung bietet den Vorteil, dass die vorhandene parasitäre Wicklungskapazität des Transformators gegebenenfalls durch einen zusätzlichen Kondensator soweit vergrößert wird, dass sie als Bauelement nutzbringend zur Spannungserhöhung einer Hochspannungsquelle verwendet werden kann.

Beschreibung

Schaltungsanordnung mit Wechselrichter zur Spannungsversorgung einer Röntgenröhre und zugehöriges Verfahren

5

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung mit einer Eingangsschaltung zur Erzeugung einer Zwischenkreisspannung, mit einer Wechselrichterschaltung zur Umwandlung der Zwischenkreisspannung in eine hochfrequente Wechselspannung und mit einem Hochspannungserzeuger, der die hochfrequente Wechselspannung mit einem bestimmten Übersetzungsverhältnis in eine Hochspannung für die Röntgenröhre umwandelt. Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen Röntgengenerator mit einer derartigen Schaltungsanordnung sowie ein entsprechendes Verfahren zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung.

Moderne Generatoren weisen zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung häufig Schaltungsanordnungen der eingangs genannten Art auf. Da die Netzfrequenz zunächst gleichgerichtet und dann wieder in eine hochfrequente Wechselspannung umgewandelt wird, welche schließlich auf die gewünschte Spannung transformiert wird, werden derartige Generatoren auch als Hochfrequenzgeneratoren bezeichnet. Gegenüber konventionellen Generatoren, bei denen die Hochspannung mit der vorliegenden Netzfrequenz zunächst transformiert, dann gleichgerichtet und schließlich der Röntgenröhre zugeführt wird, hat eine solche Schaltungsanordnung den Vorteil, dass sie durch einen schnellen Regelkreis von Änderungen sowohl der Netzspannung als auch des Röhrenstroms nahezu unabhängig gemacht werden kann und daher die Röhrenspannung sehr gut reproduzierbar ist und konstant gehalten werden kann. Gegenüber den ebenfalls bekannten sogenannten Gleichspannungsgeneratoren, bei denen eine mit Netzfrequenz transformierte und gleichgerichtete Hochspannung mit Hilfe von Trioden fein geregelt wird, haben die Hochfrequenzgeneratoren den Vorteil eines relativ kleinen Bauvolumens und niedrigerer Herstellungskosten. Diese Vortei-

le sind der Grund für den bevorzugten Einsatz solcher Schaltungsanordnungen in den heutigen Röntgengeneratoren.

Die Schaltungsanordnungen müssen hierbei so dimensioniert
5 sein, dass sie über einem sehr großen Spannungsbereich eine konstante Leistung zur Verfügung stellen. Üblicherweise reicht der bei Röntgenröhren in der medizinischen Diagnostik genutzte Spannungsbereich von 40 kV bis 150 kV. Um über diesen Bereich eine konstante Leistung abzugeben, muss der Strom
10 bei dem untersten Spannungswert von 40 kV nahezu viermal so hoch sein wie bei einer Einstellung am obersten Grenzbereich von 150 kV.

Der Hochspannungserzeuger muss dabei in seinem Übersetzungsverhältnis so gewählt werden, dass die höchste geforderte
15 Röhrenspannung bei einer durch die zur Verfügung stehende Netzspannung gegebenen Zwischenkreisspannung erreicht wird. Das Übersetzungsverhältnis des Hochspannungserzeugers wird bei solchen Röntgengeneratoren üblicherweise als das Verhältnis
20 nis der Ausgangsspannung zur Eingangsspannung des Hochspannungserzeugers definiert. In der Regel besteht der Hochspannungserzeuger im Wesentlichen aus einem Transformator und einer nachgeschalteten Gleichricht- und Glättungsschaltung. Wird davon ausgegangen, dass die effektive Spannung nahe der
25 Wechselrichterschaltung in etwa der Zwischenkreisspannung entspricht und dass der Hochspannungserzeuger so ausgeführt ist, dass durch eine geeignete, dem Transformator nachgeschaltete Gleichrichterschaltung eine Spannungsverdopplung erreicht wird, so ergibt sich für das Übersetzungsverhältnis
30 ü des Transformators des Hochspannungserzeugers:

$$\ddot{u} = \frac{U_t}{2 \cdot U_{dc}} \quad (1)$$

35 wobei U_{dc} die gleichgerichtete Zwischenkreisspannung und U_t die an der Röntgenröhre anliegende, gleichgerichtete Hochspannung ist.

Bei einem gewünschten Röhrenstrom I_t ist damit folglich die
mittlere Strombelastung $I_{\text{avg WR}}$ für die Primärseite des Hoch-
spannungserzeugers und für die davor geschaltete Wechselrich-
terschaltung

$$I_{\text{avg WR}} = I_t \cdot 2 \cdot \ddot{u} \quad (2)$$

Daraus ist ersichtlich, dass bei einer konstanten Ausgangs-
leistung $P_t = U_t \cdot I_t$ der Schaltungsanordnung der Wechselrichter
mit einem hohen Strom belastet ist, und zwar insbesondere
dann, wenn die Röntgenröhrenspannung U_t relativ niedrig ein-
gestellt ist. Dies hat zur Folge, dass der Wechselrichter mit
seinen passiven Bauteilen und Leistungshalbleitern sowie der
Zwischenkreis und der Hochspannungserzeuger für diese Ströme
ausgelegt werden müssen. Neben höheren Kosten für die Bautei-
le führt dies dazu, dass neben der Wirkleistung auch viel
Blindleistung im Wechselrichter und Transformator verarbeitet
wird.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Alter-
native zu dem genannten Stand der Technik zu schaffen, die
diese Nachteile vermeidet.

Gemäß der Erfindung wird die gestellte Aufgabe mit der Schal-
tungsanordnung und dem Verfahren der unabhängigen Patentan-
sprüche gelöst.

Die Erfindung beansprucht eine Schaltungsanordnung zur Erzeu-
gung einer Röntgenröhrenspannung mit einer Netzeingangsschal-
tung zur Erzeugung einer Zwischenkreisspannung, mit einer
Wechselrichterschaltung zur Umwandlung der Zwischenkreisspan-
nung in eine hochfrequente Wechselspannung und mit einem
Hochspannungserzeuger, der die hochfrequente Wechselspannung
in eine Hochspannung für die Röntgenröhre umwandelt, wobei
der Hochspannungserzeuger einen Transformator und einen zur
Sekundärwicklung des Transformators parallel geschalteten
Hochspannungskondensator aufweist, der zusammen mit der In-

duktivität der Sekundärwicklung einen Schwingkreis bildet, der im Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 50 kHz seine Resonanzfrequenz hat. Die Erfindung bietet den Vorteil, dass die vorhandene parasitäre Wicklungskapazität des Transformators
5 gegebenenfalls durch einen zusätzlichen Kondensator soweit vergrößert wird, dass sie als Bauelement nutzbringend zur Spannungserhöhung einer Hochspannungsquelle verwendet werden kann. Dadurch kann der Wechselrichter für kleinere Ströme ausgelegt werden. Ebenfalls werden die Übertragungsleistungen
10 zwischen Wechselrichter und Transformator entlastet.

In einer Weiterbildung der Erfindung kann die Kapazität des Hochspannungskondensators derart gewählt sein, dass bei einem vorgebbaren Arbeitspunkt der Röntgenröhre bei der Resonanz-
15 frequenz der Wechselspannung die Spannung an der Röntgenröhre sich mindestens verdoppelt.

Die Erfindung beansprucht auch eine Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung mit einer Netzeingangsschaltung zur Erzeugung einer Zwischenkreisspannung, einer Wechselrichterschaltung zur Umwandlung der Zwischenkreisspannung in eine hochfrequente Wechselspannung und einem Hochspannungserzeuger, der die hochfrequente Wechselspannung in eine Hochspannung für die Röntgenröhre umwandelt, wobei der
25 Hochspannungserzeuger einen Transformator und einen zur Primärwicklung des Transformators parallel geschalteten Schwingkreiskondensator und einen zur Primärwicklung und dem Schwingkreiskondensator in Reihe geschaltete Schwingkreisspule aufweist, die einen Schwingkreis bildet, der im Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 500 kHz seine Resonanzfrequenz
30 hat.

In einer weiteren Ausführungsform können die Kapazität des Schwingkreiskondensators und die Induktivität der Schwingkreisspule derart gewählt sein, dass bei einem vorgebbaren
35 Arbeitspunkt der Röntgenröhre bei der Resonanzfrequenz der Wechselspannung die Spannung an der Röntgenröhre sich mindestens verdoppelt.

Die Erfindung beansprucht auch einen Röntgengenerator mit einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung.

- 5 Die Erfindung beansprucht auch eine Röntgeneinrichtung mit einem erfindungsgemäßen Röntgengenerator.

Die Erfindung beansprucht auch ein Verfahren zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung, bei dem aus einer Netzeingangsspannung eine Zwischenkreisspannung erzeugt und aus der Zwischenkreisspannung eine hochfrequente Wechselspannung erzeugt wird, die mit einem Hochspannungserzeuger mit einem Transformator in eine Hochspannung für die Röntgenröhre umgewandelt wird, wobei ein zur Sekundärwicklung des Transformators parallel geschalteter Hochspannungskondensator zusammen mit der Induktivität der Sekundärwicklung im Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 500 kHz in Resonanz gebracht wird.

Die Erfindung beansprucht des Weiteren auch ein Verfahren zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung, bei dem aus einer Netzeingangsspannung eine Zwischenkreisspannung erzeugt und aus der Zwischenkreisspannung eine hochfrequente Wechselspannung erzeugt wird, die mit einem Hochspannungserzeuger mit einem Transformator in eine Hochspannung für die Röntgenröhre umgewandelt wird, wobei ein zur Primärwicklung des Transformators parallel geschalteter Schwingkreiskondensator zusammen mit einer zur Primärwicklung und zum Schwingkreiskondensator in Reihe geschalteten Schwingkreisspule im Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 500 kHz in Resonanz gebracht werden.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens kann bei einem vorgebbaren Arbeitspunkt der Röntgenröhre bei der Resonanzfrequenz die Spannung an der Röntgenröhre mindestens verdoppelt werden.

Weitere Besonderheiten und Vorteile der Erfindung werden aus den nachfolgenden Erläuterungen mehrerer Ausführungsbeispiele anhand von schematischen Zeichnungen ersichtlich.

5 Es zeigen:

Figur 1: ein Blockschaltbild einer Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer Hochspannung gemäß Stand der Technik,

10 Figur 2: ein Blockschaltbild einer Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer Hochspannung mit einem sekundärseitigen Hochspannungskondensator,

Figur 3: ein Blockschaltbild einer Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer Hochspannung mit einem primärseitigen Schwingkreiskondensator und einer primärseitigen Schwingkreisspule,

15 Figur 4: ein Diagramm der Röhrenspannung in Abhängigkeit der Wechselrichterfrequenz für unterschiedliche Röhrenströme,

20 Figur 5: ein Blockschaltbild eines Hochspannungserzeugers und

Figur 6: ein Blockschaltbild eines weiteren Hochspannungserzeugers.

25 Figur 1 zeigt in einem Blockschaltbild die typischen Komponenten und ihre Verschaltung eines Hochfrequenz-Röntgengenerators zur Erzeugung der Hochspannung für eine Röntgenröhre gemäß Stand der Technik, wie beispielsweise in der DE 10227841 A1 angegeben.

30

Hierzu gehört netzeingangsseitig eine Netzeingangsschaltung 1, die aus der zwei- oder dreiphasigen Eingangsspannung eine gleichgerichtete Zwischenkreisspannung U_{dc} erzeugt. Diese gleichgerichtete Zwischenkreisspannung U_{dc} wird dann auf den Eingang einer Wechselrichterschaltung 2 gegeben, welche die Zwischenkreisspannung U_{dc} in eine hochfrequente Wechselspannung umwandelt. In dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist ein Rechteckwechselrichter gezeigt. Anstelle ei-

nes solchen Rechteckwechselrichters werden oft auch Schwingkreiswechselrichter eingesetzt.

Die am Ausgang der Wechselrichterschaltung 2 vorliegende,
5 hochfrequente Wechselspannung wird dann an einen Hochspannungserzeuger 6 weitergeleitet, der im Wesentlichen aus einem Transformator 3 und einer dem Transformator 3 sekundärseitig angeschalteten Gleichricht- und Glättungseinrichtung 4 besteht. Die Gleichricht- und Glättungseinrichtung 4 ist häufig
10 als Verdopplerschaltung ausgeführt. Die am Ausgang des Hochspannungserzeugers 6 anliegende, gleichgerichtete Hochspannung U_{hv} wird dann an die Röntgenröhre 5 angelegt.

Eine Regelung erfolgt üblicherweise derart, dass der an der
15 Röntgenröhre 5 anliegende Wert der Hochspannung U_{hv} als Istwert einem Regler (nicht dargestellt) zugeführt wird, dort mit einem vom Bediener des Röntgengeräts vorgegebenen Spannungssollwert verglichen wird und entsprechend ein Korrekturwert erzeugt wird, der beispielsweise als Stellgröße an die
20 Wechselrichterschaltung gegeben wird, so dass dort entsprechend die Frequenz und damit letztlich die Hochspannung in der gewünschten Weise verändert wird.

Der Transformator muss in seinem Übersetzungsverhältnis \ddot{u} so
25 gewählt werden, dass bei einer durch die letztlich aus dem Netz vorgegebene Zwischenkreisspannung U_{dc} die höchste geforderte Röhrenspannung U_{hv} erreicht wird. Sofern die Gleichricht- und Glättungseinrichtung 4 als Verdopplerschaltung ausgebildet ist, ist das notwendige Übersetzungsverhältnis \ddot{u}
30 durch die eingangs genannte Gleichung (1) gegeben.

Im folgenden Rechenbeispiel wird davon ausgegangen, dass die
Spannungsversorgung der Röntgenröhre 5 über einen Spannungsbereich zwischen 40 und 160 kV eine konstante Leistung von
35 40 kW zur Verfügung stellen muss. Bei 40 kV beträgt dann der maximale Strom $I_{t \max}$, der an der Röntgenröhre zur Verfügung stehen muss 1 A.

Wird weiterhin davon ausgegangen, dass als gleichgerichtete Zwischenkreisspannung $U_{dc} = 500 \text{ V}$ zur Verfügung stehen, ergibt sich aus Gleichung (1) für das erforderliche Übersetzungsverhältnis \ddot{u} des Transformators 3:

5

$$\ddot{u} = \frac{160\text{kV}}{(2 \cdot 500\text{V})} = 160 \quad (3)$$

Nur mit diesem Übersetzungsverhältnis \ddot{u} kann bei der gegebenen Eingangsspannung die maximale Röntgenröhrenspannung von
10 160 kV erreicht werden.

Gemäß Gleichung (2) ergibt sich bei dem Übersetzungsverhältnis $\ddot{u} = 160$ und bei einem maximalen Strom $I_{t \text{ max}} = 1 \text{ A}$ an der Röntgenröhre für die maximale Strombelastung $I_{\text{avg WR}}$ auf der
15 Primärseite des Transformators und des Wechselrichters:

$$I_{\text{avg WR max}} = I_{t \text{ max}} \cdot 2 \cdot \ddot{u} = 1\text{A} \cdot 2 \cdot 160 = 320 \text{ A} \quad (4)$$

Gleichung (4) zeigt, dass beim maximalen Röhrenstrom der
20 Wechselrichterschaltung 2 ein sehr hoher Strom entnommen werden muss. Um den maximalen Strombedarf zu reduzieren, muss daher das Übersetzungsverhältnis \ddot{u} reduziert werden. Dies gelingt durch die erfindungsgemäße Anordnung wie in Figur 2 dargestellt.

25

Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild wie in Figur 1 beschrieben. Zusätzlich ist in dem Hochspannungserzeuger 6 zur Sekundärwicklung des Transformators 3 ein Hochspannungskondensator 7 parallel und in Serie zur Primärwicklung ein Schwingkreiskondensator 8 geschaltet. Der Hochspannungskondensator 7 und der
30 Schwingkreiskondensator 8 bilden mit der Streuinduktivität des Transformators 3 einen Serienschwingkreis. Die Kapazität des Hochspannungskondensators 7 wird so gewählt, dass die Resonanzfrequenz des Schwingkreises für Röhrenströme zwischen
35 0,5 und 1 A im Bereich 10 kHz bis 500 kHz liegt. Alternativ kann die parasitäre Kapazität des Transformators 3 durch bauliche Maßnahmen vergrößert werden.

Wird der Serienschwingkreis bei oder in der Nähe seiner Resonanzfrequenz betrieben, verhält er sich wie eine Konstantleistungsquelle. Durch die entsprechende Dimensionierung des Schwingkreises kann die Röhrenspannung U_{hv} höher als die Sekundärspannung des Transformators 3 sein. Dies kann nun dafür genutzt werden, bei geringeren Röhrenströmen eine höhere Röhrenspannung U_{hv} zu erzielen. Dadurch kann ein kleineres Übersetzungsverhältnis $ü$ des Transformators 3 gewählt werden, wodurch der Strom in der Wechselrichterschaltung 2 wesentlich reduziert wird. Wie aus Figur 4 abzulesen ist, kann eine Verdoppelung der Spannung erreicht werden, wodurch das Übersetzungsverhältnis u halbiert werden kann. Dies bedeutet nach Gleichung (4) eine Halbierung der maximalen Strombelastung $I_{avg\ WR}$ des Wechselrichters 2. Die erforderliche Kapazität des Hochspannungskondensators beträgt etwa 100 pF. Sie ist einer immer vorhandenen Streukapazität des Transformators 3 parallel geschaltet.

Figur 3 zeigt ein Blockschaltbild einer alternativen Ausführungsform zu Figur 2. Anstelle des parallel zur Sekundärwicklung des Transformators 3 geschalteten Hochspannungskondensators 7 in Figur 2 wird auf der Primärseite des Transformators 3 ein Schwingkreis ausgebildet, der seine Resonanzfrequenz für Röhrenströme zwischen 0,5 A und 1 A im Bereich 10 kHz bis 500 kHz hat. Dazu wird ein Schwingkreiskondensator 8 parallel zur Primärwicklung des Transformators 3 geschaltet. Zusätzlich wird in Reihe zu der Primärwicklung und dem Schwingkreiskondensator 8 eine Schwingkreisspule 9 eingefügt. Diese Ausführungsform erzielt die gleiche erfindungsgemäße Wirkung wie die Ausführungsform nach Figur 2.

Figur 4 zeigt in Form eines Diagramms die durch den erfindungsgemäßen Schwingkreis in den Schaltungen nach den Figuren 2 und 3 verursachte Spannungsüberhöhung in Abhängigkeit der Wechselstromfrequenz f (in kHz) des Wechselrichters für drei verschiedene Arbeitspunkte (Röhrenströme). Die Größe des Röhrenstroms wird bei Röntgenröhren durch die der Kathode zuge-

führte Heizleistung bestimmt. In y -Richtung ist in Figur 4 das Verhältnis s der Röhrenspannung zur Sekundärspannung des Transformators aufgetragen.

5 Die Lastkennlinie A zeigt das Spannungsverhältnis s für einen Röhrenstrom von 0,5 A. Die Resonanzfrequenz des durch den Röhrenwiderstand bedämpften Schwingkreis ist etwa 35 kHz. Die Spannungsüberhöhung bei der Resonanzfrequenz beträgt mehr als das zweifache. Über eine Variation der Ansteuerfrequenz des
10 Wechselrichters kann die Röhrenspannung entlang der Lastkennlinie A auf den gewünschten Wert eingestellt werden. Es ist auch möglich, den Wechselrichter mit der Resonanzfrequenz anzusteuern und die Spannungsregelung über eine Pulsweitenmodulation bzw. Phasenverschiebung zu realisieren.

15

Die Lastkennlinie B in der Figur 4 zeigt des Verlauf des Spannungsverhältnisses s für einen Röhrenstrom von 0,75 A und die Lastkennlinie C den Verlauf für 1 A Röhrenstrom.

20 Figur 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Hochspannungserzeugers 6 ähnlich der Schaltungsanordnung in Figur 2, wobei lediglich keine primärseitige Schwingkreiskapazität vorhanden ist.

25 Figur 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Hochspannungserzeugers 6 ähnlich der Schaltungsanordnung in Figur 3, wobei die Serienschaltung der primärseitigen Spule und Kondensator durch eine Parallelschaltung eines Schwingkreis-kondensators 8 und eine Schwingkreisspule 9 ersetzt wurden.

30

Bevorzugt wird die Erfindung bei Röntgengeneratoren und Röntgeneinrichtungen verwendet.

Bezugszeichenliste

1	Netzeingangsschaltung
2	Wechselrichterschaltung
3	Transformator
4	Gleichricht- und Glättungseinrichtung
5	Röntgenröhre
6	Hochspannungserzeuger
7	Hochspannungskondensator
8	Schwingkreiskondensator
9	Schwingkreisspule
A	Lastkennlinie
B	Lastkennlinie
C	Lastkennlinie
f	Wechselspannungsfrequenz
s	Spannungsverhältnis
U_{ac}	Hochfrequente Wechselspannung
U_{dc}	Zwischenkreisgleichspannung
U_{hv}	Röhrenspannung

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung (U_{hv}) mit

- 5 - einer Netzeingangsschaltung (1) zur Erzeugung einer Zwischenkreisspannung (U_{dc}),
- einer Wechselrichterschaltung (2) zur Umwandlung der Zwischenkreisspannung (U_{dc}) in eine hochfrequente Wechselspannung (U_{ac}),
10 - und einem Hochspannungserzeuger (6), der die hochfrequente Wechselspannung (U_{ac}) in eine Hochspannung (U_{hv}) für die Röntgenröhre (5) umwandelt,

dadurch gekennzeichnet,

- 15 dass der Hochspannungserzeuger (6) einen Transformator (3) und einen zur Sekundärwicklung des Transformators (3) parallel geschalteten Hochspannungskondensator (7) aufweist, der zusammen mit der Induktivität der Sekundärwicklung einen Schwingkreis bildet, wobei die Kapazität des Hochspannungskondensators (7) derart gewählt ist, dass der Schwingkreis im
20 Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 500 kHz seine Resonanzfrequenz hat.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

- 25 dass die Kapazität des Hochspannungskondensators (7) derart ist, dass bei einem vorgebbaren Arbeitspunkt der Röntgenröhre (5) bei der Resonanzfrequenz der Wechselspannung die Spannung (U_{hv}) an der Röntgenröhre (5) sich mindestens verdoppelt.

30 3. Schaltungsanordnung zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung (U_{hv}) mit

- einer Netzeingangsschaltung (1) zur Erzeugung einer Zwischenkreisspannung (U_{dc}),
- einer Wechselrichterschaltung (2) zur Umwandlung der Zwischenkreisspannung (U_{dc}) in eine hochfrequente Wechselspannung (U_{ac}),
35

- und einem Hochspannungserzeuger (6), der die hochfrequente Wechselspannung (U_{ac}) in eine Hochspannung (U_{hv}) für die Röntgenröhre (5) umwandelt,

dadurch gekennzeichnet,

5 dass der Hochspannungserzeuger (6) einen Transformator (3) und einen zur Primärwicklung des Transformators (3) parallel geschalteten Schwingkreiskondensator (8) und einen zur Pri-
märwicklung und dem Schwingkreiskondensator (8) in Reihe ge-
schaltete Schwingkreisspule (9) aufweist, die einen Schwing-
10 kreis bildet, wobei die Kapazität des Schwingkreiskondensa-
tors (8) und die Induktivität der Schwingkreisspule (9) der-
art gewählt sind, dass der Schwingkreis im Frequenzbereich
zwischen 10 kHz und 500 kHz seine Resonanzfrequenz hat.

15 4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kapazität des Schwingkreiskondensators (8) und die
Induktivität der Schwingkreisspule (9) derart sind, dass bei
einem vorgebbaren Arbeitspunkt der Röntgenröhre (5) bei der
20 Resonanzfrequenz der Wechselspannung die Spannung (U_{hv}) an
der Röntgenröhre (5) sich mindestens verdoppelt.

5. Röntgengenerator mit einer Schaltungsanordnung nach einem
der Ansprüche 1 bis 4.

25

6. Röntgeneinrichtung mit einem Röntgengenerator nach An-
spruch 5.

7. Verfahren zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung (U_{hv}),
30 bei dem aus einer Netzeingangsspannung eine Zwischenkreis-
spannung (U_{dc}) erzeugt und aus der Zwischenkreisspannung (U_{dc})
eine hochfrequente Wechselspannung (U_{ac}) erzeugt wird, die mit
einem Hochspannungserzeuger (6) mit einem Transformator (3)
in eine Hochspannung (U_{hv}) für die Röntgenröhre (5) umgewan-
35 delt wird,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Kapazität eines zur Sekundärwicklung des Transforma-
tors (3) parallel geschalteter Hochspannungskondensator (7)

derart gewählt wird, dass ein aus dem Hochspannungskondensator und der Induktivität der Sekundärwicklung gebildeter Schwingkreis im Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 500 kHz in Resonanz gebracht wird.

5

8. Verfahren zur Erzeugung einer Röntgenröhrenspannung (U_{hv}), bei dem aus einer Netzeingangsspannung eine Zwischenkreisspannung (U_{dc}) erzeugt und aus der Zwischenkreisspannung (U_{dc}) eine hochfrequente Wechselspannung (U_{ac}) erzeugt wird, die mit einem Hochspannungserzeuger (6) mit einem Transformator (3) in eine Hochspannung (U_{hv}) für die Röntgenröhre (5) umgewandelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass aus einem zur Primärwicklung des Transformators (3) parallel geschalteter Schwingkreiskondensator (8) und eine zur Primärwicklung und zum Schwingkreiskondensator (8) in Reihe geschalteten Schwingkreisspule (9) ein Schwingkreis gebildet wird, wobei die Kapazität des Schwingkreiskondensators (8) und die Induktivität der Schwingkreisspule (9) derart gewählt werden, dass der Schwingkreis im Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 500 kHz seine Resonanzfrequenz hat.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem vorgebbaren Arbeitspunkt der Röntgenröhre (5) bei der Resonanzfrequenz die Spannung (U_{hv}) an der Röntgenröhre (5) mindestens verdoppelt wird.

25

FIG 1

Stand der Technik

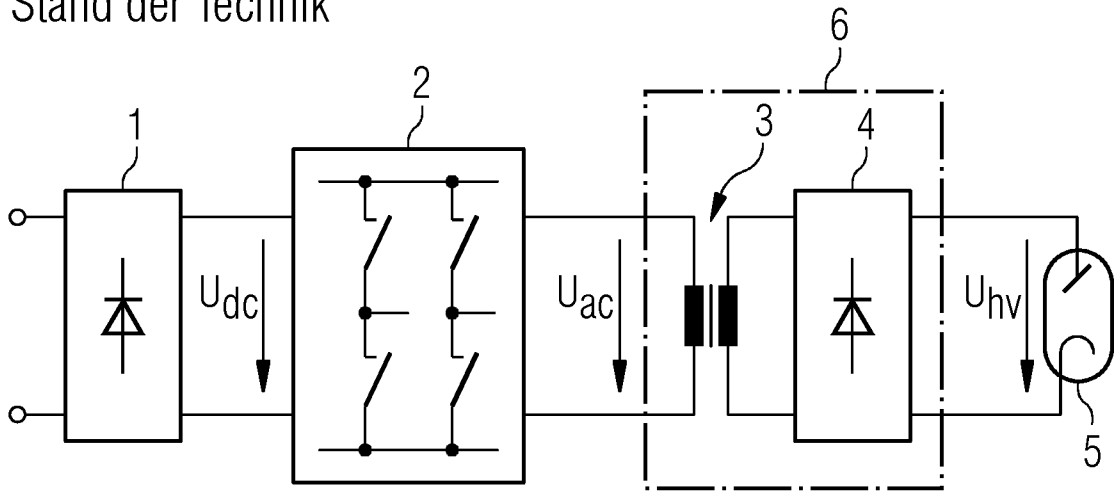


FIG 2

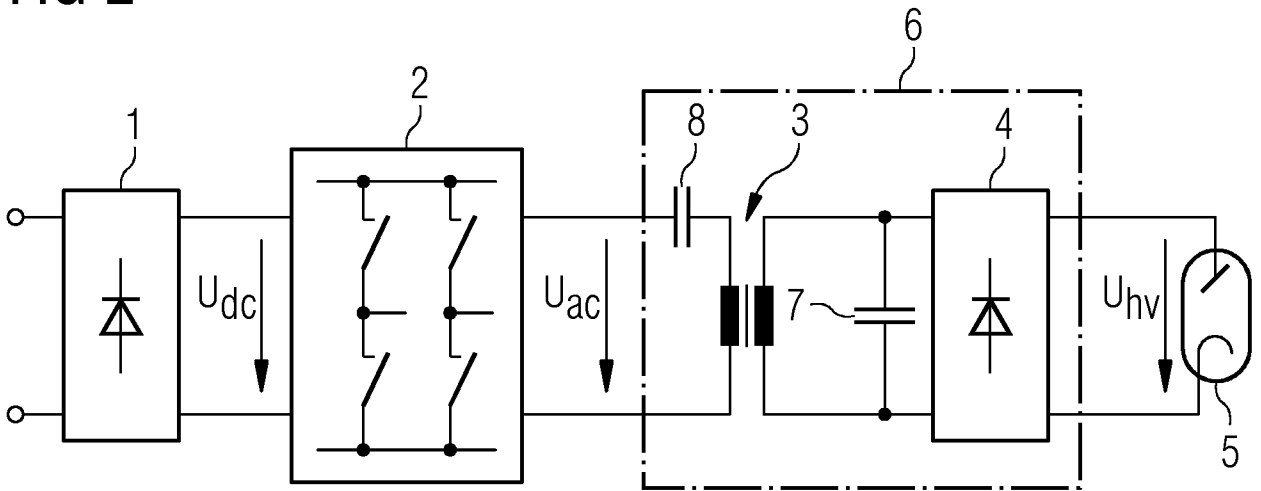


FIG 3

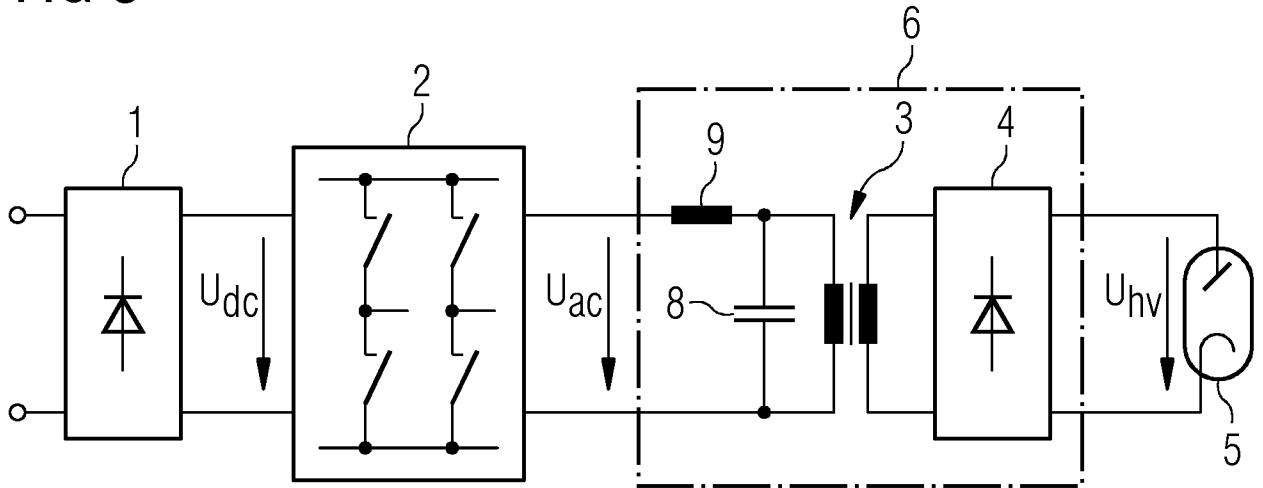


FIG 4

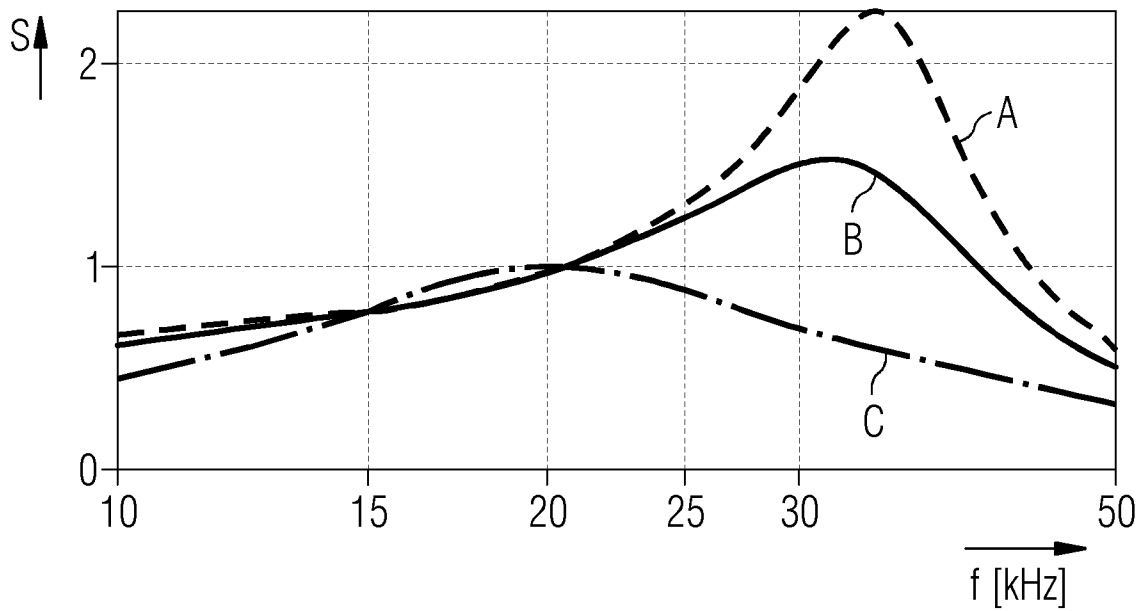


FIG 5

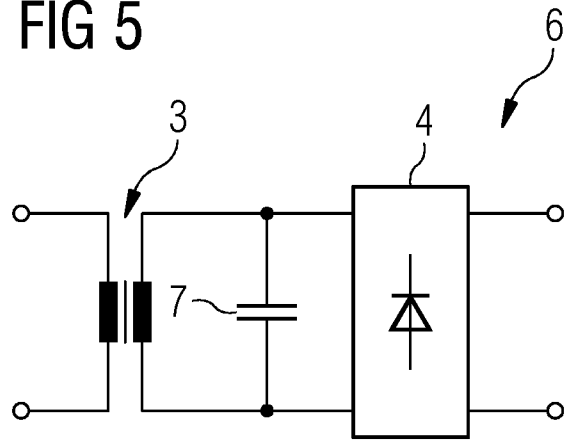
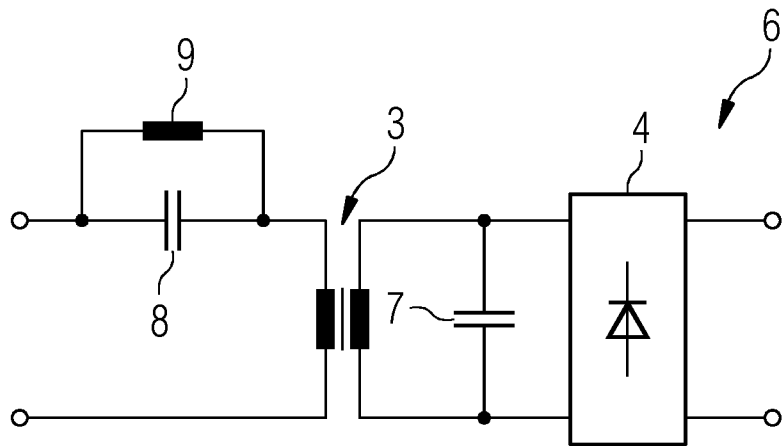


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/053152

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H05G1/20
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H05G
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 272 612 A (HARADA TOYOSHIGE [JP] ET AL) 21 December 1993 (1993-12-21) figures 3-4,13c column 1, lines 14-20,35-46 column 2, line 43 - column 3, line 11 column 4, lines 5-25 column 5, lines 30-41 column 8, lines 31-35 column 9, line 46 - column 12, line 8 -----	1,2,7,9
X	JP 2002 065657 A (HITACHI MEDICAL CORP) 5 March 2002 (2002-03-05) abstract; figures 2,4 paragraphs [0001], [0018] - [0020], [0027], [0028] ----- -/--	3-6,8,9

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 29 May 2012	Date of mailing of the international search report 05/06/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Giovanardi, Chiara

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/053152

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 072 856 A (VAN DER BROECK HEINZ [DE] ET AL) 6 June 2000 (2000-06-06) figures 1,5 sentences 5-18, paragraph 1 sentence 34, paragraph 4 - sentence 60, paragraph 7	3-6,8,9
A	----- DE 44 12 766 C1 (SIEMENS AG [DE]) 20 April 1995 (1995-04-20) figures 1,3 column 1, lines 1-45 column 2, line 39 - column 3, line 4 column 3, line 59 - column 4, line 20 -----	3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/053152

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5272612	A	21-12-1993	NONE

JP 2002065657	A	05-03-2002	JP 4569995 B2 27-10-2010
			JP 2002065657 A 05-03-2002

US 6072856	A	06-06-2000	DE 19724931 A1 17-12-1998
			EP 0884830 A2 16-12-1998
			JP 4065054 B2 19-03-2008
			JP 11075376 A 16-03-1999
			US 6072856 A 06-06-2000

DE 4412766	C1	20-04-1995	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H05G1/20
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H05G

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 272 612 A (HARADA TOYOSHIGE [JP] ET AL) 21. Dezember 1993 (1993-12-21) Abbildungen 3-4,13c Spalte 1, Zeilen 14-20,35-46 Spalte 2, Zeile 43 - Spalte 3, Zeile 11 Spalte 4, Zeilen 5-25 Spalte 5, Zeilen 30-41 Spalte 8, Zeilen 31-35 Spalte 9, Zeile 46 - Spalte 12, Zeile 8 -----	1,2,7,9
X	JP 2002 065657 A (HITACHI MEDICAL CORP) 5. März 2002 (2002-03-05) Zusammenfassung; Abbildungen 2,4 Absätze [0001], [0018] - [0020], [0027], [0028] ----- -/--	3-6,8,9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. Mai 2012

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

05/06/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Giovanardi, Chiara

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 072 856 A (VAN DER BROECK HEINZ [DE] ET AL) 6. Juni 2000 (2000-06-06) Abbildungen 1,5 Sätze 5-18, Absatz 1 Satz 34, Absatz 4 - Satz 60, Absatz 7 -----	3-6,8,9
A	DE 44 12 766 C1 (SIEMENS AG [DE]) 20. April 1995 (1995-04-20) Abbildungen 1,3 Spalte 1, Zeilen 1-45 Spalte 2, Zeile 39 - Spalte 3, Zeile 4 Spalte 3, Zeile 59 - Spalte 4, Zeile 20 -----	3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/053152

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5272612	A	21-12-1993	KEINE

JP 2002065657	A	05-03-2002	JP 4569995 B2 27-10-2010
			JP 2002065657 A 05-03-2002

US 6072856	A	06-06-2000	DE 19724931 A1 17-12-1998
			EP 0884830 A2 16-12-1998
			JP 4065054 B2 19-03-2008
			JP 11075376 A 16-03-1999
			US 6072856 A 06-06-2000

DE 4412766	C1	20-04-1995	KEINE
