



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 11 2006 004 048 B4 2010.06.17**

(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2006 004 048.0**  
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2006/320970**  
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2008/047452**  
 (86) PCT-Anmeldetag: **20.10.2006**  
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **24.04.2008**  
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
 in deutscher Übersetzung: **30.07.2009**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **17.06.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B23H 1/02 (2006.01)**

Innerhalb von drei 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:  
**Mitsubishi Electric Corp., Tokyo, JP**

(74) Vertreter:  
**HOFFMANN & EITLE, 81925 München**

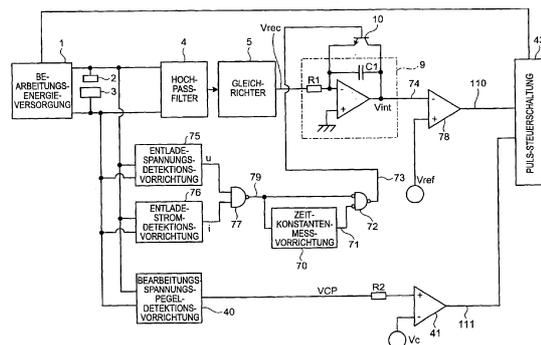
(72) Erfinder:  
**Ukai, Hiroshi, Tokyo, JP; Morita, Kazunari, Tokyo, JP; Sasaki, Shiro, Tokyo, JP**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

<b>EP</b>	<b>14 64 430</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>54 96 984</b>	<b>A</b>
<b>CH</b>	<b>6 62 074</b>	<b>A</b>
<b>DE</b>	<b>195 29 186</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>690 14 093</b>	<b>T2</b>
<b>JP</b>	<b>05-2 93 714</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>61-1 49 326</b>	<b>A</b>

(54) Bezeichnung: **Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung**

(57) Hauptanspruch: Energieversorgungs-Steuervorrichtung, die einen zu einer Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung zugeführten Entladepuls steuert, die ein Werkstück durch Erzeugen einer Pulsentladung in einem Bearbeitungsspalt zwischen einer Bearbeitungselektrode und dem Werkstück bearbeitet, wobei die Energieversorgungs-Steuervorrichtung Folgendes aufweist:  
 eine Hochfrequenzkomponenten-Detektionseinheit (4, 5, 9), die eine Hochfrequenzkomponente einer Entladespannung an dem Bearbeitungsspalt detektiert;  
 eine Spannungspegel-Detektionseinheit (40), die einen Spannungspegel der Entladespannung detektiert;  
 eine Hochfrequenzkomponenten-Vergleichseinheit (78), die eine detektierte Hochfrequenzkomponente mit einer Referenz-Hochfrequenzkomponente vergleicht, um ein erstes Vergleichsergebnis zu erhalten;  
 eine Spannungspegel-Vergleichseinheit (41), die einen detektierten Spannungspegel mit einem Referenzspannungspegel vergleicht um ein zweites Vergleichsergebnis zu erhalten; und  
 eine Puls-Steuereinheit (43), die eine Puls-Auszeit, wobei die Puls-Auszeit ein Intervall zwischen Entladepulsen ist, basierend auf dem ersten Vergleichsergebnis steuert und einen Entladepuls basierend auf dem zweiten Vergleichsergebnis abschneidet.



**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Energieversorgungs-Steuervorrichtung, die Entladepulse steuert, die zu einer Gravur-Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung zugeführt werden, die ein Werkstück durch Erzeugen einer Pulsentladung in einem Bearbeitungsspalt zwischen einer Bearbeitungselektrode und dem Werkstück, die einander gegenüberliegen, bearbeitet.

## STAND DER TECHNIK

**[0002]** Es ist bekannt gewesen, dass bei einer Gravur-Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung, die ein Werkstück durch Erzeugen einer Pulsentladung in einem Bearbeitungsspalt zwischen einer Bearbeitungselektrode und dem Werkstück, die einander gegenüberliegen, bearbeitet, ein Entladezustand während einer Bearbeitung mit elektrischer Entladung durch Detektieren einer Hochfrequenzkomponente in einer Entladespannung und durch Beurteilen der Größe der Hochfrequenzkomponente bestimmt werden kann. Beispielsweise offenbart ein Patentedokument 1 eine solche Technologie zum Beurteilen des Entladezustands aus einer Hochfrequenzkomponente.

**[0003]** [Fig. 13](#) ist ein Schaltungsdiagramm eines relevanten Teils einer Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung, die im Wesentlichen bezüglich einer Konfiguration identisch zu derjenigen ist, die im Patentedokument 1 beschrieben ist. Eine gepulste Entladespannung wird zu einem Bearbeitungsspalt zwischen einer Elektrode **2** der Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung und einem Werkstück **3** zugeführt. Ein Hochpassfilter **4** extrahiert eine Hochfrequenzkomponente aus der Entladespannung. Ein Gleichrichter **5** richtet die durch das Hochpassfilter **4** extrahierte Hochfrequenzkomponente gleich und gibt die gleichgerichtete Hochfrequenzkomponente als Ausgangssignal  $V_{rec}$  aus. Eine Entladespannungs-Detektionsvorrichtung **75** detektiert die Entladespannung am Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**. Eine Entladestrom-Detektionsvorrichtung **76** detektiert einen Entladestrom am Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**.

**[0004]** Ein Ausgangssignal  $u$  von der Entladespannungs-Detektionsvorrichtung **75** und ein Ausgangssignal  $i$  von der Entladestrom-Detektionsvorrichtung **76** werden zu einer Logikschaltung **77** eingegeben. Eine Zeitkonstanten-Messvorrichtung **70** und eine Logikschaltung **72** bilden eine Verzögerungsschaltung. Die Zeitkonstanten-Messvorrichtung **70** misst eine Zeitkonstante  $t_H$  des Hochpassfilters **4**. Ein Ausgangssignal **79** von der Logikschaltung **77** wird zu der Zeit-

konstanten-Messvorrichtung **70** und der Logikschaltung **72** eingegeben. Ein Ausgangssignal **71** von der Zeitkonstanten-Messvorrichtung **70** wird zu der Logikschaltung **72** eingegeben. Eine Integrierschaltung **9** enthält einen Kondensator  $C_1$  und einen Widerstand  $R_1$ . Der Kondensator  $C_1$  ist zwischen einer invertierenden ( $-$ ) Eingangsseite und einer Ausgangsseite eines Operationsverstärkers angeschlossen. Der Widerstand  $R_1$  ist zwischen einer Ausgangsseite des Gleichrichters **5** und der invertierenden ( $-$ ) Eingangsseite des Operationsverstärkers in Reihe geschaltet. Eine nicht invertierende ( $+$ ) Eingangsseite des Operationsverstärkers ist geerdet.

**[0005]** Eine Rücksetzschaltung **10** enthält einen Transistor. Ein Kollektor-Emitter des Transistors ist zwischen beiden Anschlüssen des Kondensators  $C_1$  angeschlossen. Ein Ausgangssignal **73** von der Logikschaltung **72** wird zu der Rücksetzschaltung **10** eingegeben. Ein integrierter Ausgangswert  $V_{int}$ , der ein Ausgangssignal von dem Operationsverstärker der Integrierschaltung **9** ist, wird zu einer invertierenden ( $-$ ) Eingangsseite eines Komparators **78** eingegeben. Eine Referenzspannung  $V_{ref}$  wird zu einer nicht invertierenden ( $+$ ) Eingangsseite des Komparators **78** eingegeben.

**[0006]** [Fig. 14](#) ist ein Zeitdiagramm von Eingangs- und Ausgangssignalwellenformen in der in [Fig. 13](#) gezeigten Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung. Eine Wellenform A ist eine Entladespannungswellenform an dem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**. Eine Wellenform B ist eine Ausgangssignalwellenform von dem Hochpassfilter **4**. Eine Wellenform G ist eine Ausgangssignalwellenform von der Logikschaltung **77**. Eine Wellenform H ist eine Ausgangssignalwellenform von der Zeitkonstanten-Messvorrichtung **70**. Eine Wellenform I ist eine Ausgangssignalwellenform von der Logikschaltung **72**. Eine Wellenform F ist eine integrierte Ausgangssignalwellenform von der Integrierschaltung **9**.

**[0007]** Als Nächstes wird der Betrieb unter Bezugnahme auf die [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) beschrieben. In [Fig. 14](#) ist eine Wellenform **80** die Entladespannungswellenform an dem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**. Ein Zeitintervall  $T_{on}$  zeigt eine Entladepulsbreite an. Ein Zeitintervall  $T_{off}$  zeigt eine Puls-Auszeit an. Nachdem eine Spannung an den Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3** angelegt ist, wird eine elektrische Entladung erzeugt. Wenn die elektrische Entladung erzeugt wird, werden Pegel von Ausgangssignalen von der Entladespannungs-Detektionsvorrichtung **75** und der Entladestrom-Detektionsvorrichtung **76** beide hoch (H). Die Ausgangssignale werden zu der Logikschaltung **77** eingegeben. Wenn die Pegel von beiden Signalen, die zu der Logikschaltung **77** eingegeben sind, H sind

oder, anders ausgedrückt, wenn die elektrische Entladung in dem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3** erzeugt wird, gibt die Logikschaltung **77** ein Signal mit niedrigem (L) Pegel aus. Eine Zeit, zu welcher die Logikschaltung **77** das L-Pegel-Signal ausgibt, ist eine Entladungs-Detektionszeit  $t_1$ . Eine Zeit  $t_2$  ist eine Zeit ( $t_2 = t_1 + t_H$ ) nach der Zeitkonstanten  $t_H$  des Hochpassfilters **4** mit der Entladungs-Detektionszeit  $t_1$  als Startstelle.

**[0008]** Eine Wellenform **82** zeigt die Hochfrequenzkomponente der Entladespannung an. Eine Wellenform **83** zeigt eine Störungswellenform aufgrund einer Übergangscharakteristik des Hochpassfilters **4** an. Die Zeitkonstanten-Messvorrichtung **70** gibt ein H-Pegel-Signal während der Zeit  $t_H$  mit einer Zeit, zu welcher das Ausgangssignal **79** von der Logikschaltung **77** abfällt, als Startstelle (H in [Fig. 14](#)) aus. Das Ausgangssignal **79** von der Logikschaltung **77** und das Ausgangssignal **71** von der Zeitkonstanten-Messvorrichtung **70** werden zu der Logikschaltung **72** eingegeben. Die Logikschaltung **72** gibt das Ausgangssignal **73** aus, wie es in [Fig. 14](#) bei I angezeigt ist. Eine Zeit, zu welcher das Ausgangssignal **73** abfällt, ist in [Fig. 14](#) bei I durch  $t_2$  angezeigt. Die Rücksetzschaltung **10** setzt die Integrierschaltung **9** zurück, während ein Pegel des Ausgangssignals **73** von der Logikschaltung **72** H ist. Anders ausgedrückt integriert die Integrierschaltung **9** das Ausgangssignal  $V_{rec}$  von dem Gleichrichter **5** nur, während der Pegel des Ausgangssignals **73** von der Logikschaltung **72** L ist. Der Komparator **78** vergleicht die Referenzspannung  $V_{ref}$  mit der integrierten Ausgabe  $V_{int}$ , die in [Fig. 14](#) bei F angezeigt ist. Wenn die integrierte Ausgabe  $V_{int}$  größer als die Referenzspannung  $V_{ref}$  an einem Ende der Entladepulsbreite Ton ist, beurteilt der Komparator **78** den Entladepuls derart, dass er ein normaler Entladepuls ist. Wenn das Gegenteil richtig ist, beurteilt der Komparator **78** den Entladepuls derart, dass er ein anormaler Entladepuls ist, wie beispielsweise ein Bogenentladungspuls.

**[0009]** Es ist bekannt gewesen, dass der Entladezustand der Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung während einer Bearbeitung mit elektrischer Entladung durch eine Detektion eines Entladespannungspegels beurteilt werden kann. Beispielsweise offenbart ein Patentdokument 2 eine solche Technologie zum Beurteilen des Entladezustands aus dem Entladespannungspegel.

**[0010]** [Fig. 15](#) ist ein Schaltungsdiagramm eines relevanten Teils einer Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung, die bezüglich einer Konfiguration im Wesentlichen identisch zu derjenigen ist, die im Patentdokument 2 beschrieben ist. In [Fig. 15](#) beziehen sich gleiche Bezugszeichen auf Teilabschnitte entsprechend denjenigen, die in [Fig. 13](#) gezeigt sind, und Erklärungen davon sind weggelassen. Eine Bearbeitungspuls-Erzeugungsschaltung enthält

eine Bearbeitungs-Energieversorgung **1**, einen stromaufwärtigen Widerstand **100** und einen Schalter **90**. Der Schalter **90** wird durch eine Schmitt-Trigger-Schaltung **91**, ein erstes monostabiles Flip-Flop **92**, ein zweites monostabiles Flip-Flop **93** und ein UND-Gatter **94** gesteuert. Die Schmitt-Trigger-Schaltung **91** wird zum Detektieren der Erzeugung der elektrischen Entladung verwendet, nachdem die Spannung an den Bearbeitungsspalt angelegt ist. Das erste monostabile Flip-Flop **92** wird zum Festlegen der Entladepulsbreite Ton verwendet. Das zweite monostabile Flip-Flop **93** wird zum Festlegen der Puls-Auszeit Toff eines Intervalls zwischen zwei Entladespannungspulsen verwendet. Eine Eingabeeinheit des UND-Gatters **94** ist an das Flip-Flop **93** angeschlossen. Eine weitere Eingabeeinheit des UND-Gatters **94** ist an eine Steuerschaltung angeschlossen. Die Steuerschaltung enthält zwei Komparatoren **95** und **96**. Die Steuerschaltung vergleicht eine obere Schwelle  $V_2$  und eine untere Schwelle  $V_1$  einer Spannung, die als Referenzspannungswerte dienen, mit der Entladespannung an dem Bearbeitungsspalt. Wenn eine gemessene Spannung in einer Mitte von zwei Referenzspannungen enthalten ist, sendet ein UND-Gatter **97** ein Ausgangssignal während eines Verstreichens einer Zeit  $F$ , die durch ein monostabiles Flip-Flop **98** festgelegt ist.

**[0011]** [Fig. 16](#) ist ein schematisches Diagramm zum Erklären einer Beziehung zwischen verschiedenen Entladespannungswellenformen **80** der in [Fig. 15](#) gezeigten Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung und Stromwellenformen **84** basierend auf einer Dauer  $F$  eines Spannungs-Lesefensters. Eine Wellenform A ist die Entladespannungswellenform. Eine Wellenform B ist eine Ausgangssignalwellenform **85** der Dauer  $F$  des Lesefensters, während welcher der Spannungspegel der Entladespannungswellenform **80** detektiert wird. Eine Wellenform C ist die Entladestromwellenform **84**. Eine Form A1 und eine Form A2 der Entladespannungswellenform sind höher als die obere Schwelle  $V_2$  (beispielsweise 20 Volt) der Entladespannung. Die Pulsbreiten der Entladespannung und des Stroms werden während der Entladepulsbreite Ton gehalten. Eine Form B1 und eine Form B2 der Entladespannungswellenform sind niedriger als die obere Schwelle  $V_2$  der Entladespannung und höher als die untere Schwelle  $V_1$  (beispielsweise 5 Volt) der Spannung. Die Pulsbreiten der Entladespannung und des Stroms werden abgeschnitten, nachdem ein Lesen beendet ist. Eine Form C der Entladespannungswellenform ist niedriger als die untere Schwelle  $V_1$ . Die Pulsbreiten der Entladespannung und des Stroms werden während der Entladespannungsbreite Ton gehalten.

**[0012]** Es ist eine Technologie bekannt gewesen, bei welcher der Entladezustand durch Steuern der Puls-Auszeit verbessert wird, und Bearbeitungsbedingungen gesteuert werden, um eine Bearbeitungs-

effizienz zu erhöhen, wenn beurteilt wird, dass der Entladepuls anormal ist. Eine solche Technologie ist beispielsweise im Patentedokument 1 offenbart.

**[0013]** [Fig. 17](#) ist ein Schaltungsdiagramm eines relevanten Teils einer weiteren Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung, die bezüglich einer Konfiguration im Wesentlichen identisch zu derjenigen ist, die im Patentedokument 1 beschrieben ist. In [Fig. 17](#) beziehen sich gleiche Bezugszeichen auf Teilabschnitte entsprechend denjenigen, die in [Fig. 13](#) gezeigt sind, und Erklärungen davon sind weggelassen. Die Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung enthält eine Kurzschluss-Detektionsvorrichtung **28**, einen ersten Komparator **29**, eine Vergleichsreferenzwert-Erzeugungsvorrichtung **30**, einen zweiten Komparator **31** und eine zweite Vergleichswert-Erzeugungsvorrichtung **32**.

**[0014]** [Fig. 18](#) ist ein Zeitdiagramm von Eingangs- und Ausgangssignalwellenformen in einem relevanten Teil einer in [Fig. 17](#) gezeigten Energieversorgungs-Steuervorrichtung. Eine Wellenform A ist die Entladespannungswellenform an dem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**. Eine Wellenform B ist die Ausgangssignalwellenform von dem Hochpassfilter **4**. Eine Wellenform C ist eine Ausgangssignalwellenform von dem Gleichrichter **5**. Eine Wellenform P ist eine Ausgangssignalwellenform von einer Integrierschaltung **9**. Eine Wellenform Q ist eine Ausgangssignalwellenform von einem Zeitgeber **24**. Eine Wellenform F ist eine Ausgangssignalwellenform von der Integrierschaltung **9**. Eine Wellenform S ist eine Ausgangssignalwellenform von dem ersten Komparator **29**. Der erste Komparator **29** vergleicht eine Ausgabe von der Integrierschaltung **9** mit einem ersten Referenzwert. Eine Wellenform T ist eine Ausgangssignalwellenform von dem zweiten Komparator **31**. Der zweite Komparator **31** vergleicht die Ausgabe von der Entladungs-Detektionsvorrichtung **23** mit einem zweiten Referenzwert. Eine Wellenform U ist eine Ausgangssignalwellenform von der Kurzschluss-Detektionsvorrichtung **28**.

**[0015]** Als Nächstes wird der Betrieb unter Bezugnahme auf [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) beschrieben. Die Bearbeitungs-Energieversorgung **1** legt eine gepulste Spannung an den Bearbeitungsspalt an und eine Bearbeitung mit elektrischer Entladung wird durchgeführt. Das Hochpassfilter **4** extrahiert nur die Hochfrequenzkomponente von der Entladespannungswellenform A, die dann ausgegeben wird, wenn die Bearbeitung mit elektrischer Entladung durchgeführt wird. Die extrahierte Hochfrequenzkomponente wird die Ausgangssignalwellenform B. Der Gleichrichter **5** richtet die erfasste Hochfrequenzkomponente gleich. Die gleichgerichtete Hochfrequenzkomponente wird die Ausgangssignalwellenform C. Die Ausgangssignalwellenform C wird zu der Integrierschaltung **9** eingegeben. Wenn die elektrische Entladung erzeugt

wird, steigt die Ausgangssignalwellenform B von der Entladungs-Detektionsvorrichtung **23** an. Die Integrierschaltung **9** wird rückgesetzt und der Zeitgeber **24** startet. Die Ausgangssignalwellenform P wird die Ausgangssignalwellenform Q. Die Integrierschaltung **9** integriert die Ausgangssignalwellenform C. Die Ausgangssignalwellenform C wird die Ausgangssignalwellenform F. Wenn die elektrische Entladung endet, fällt eine Entladungs-Detektionsausgabe von der Entladungs-Detektionsvorrichtung **23** ab. Mit dem Abfall der Entladungs-Detektionsausgabe geben der erste Komparator **29** und der zweite Komparator **31** Vergleichsergebnisse eines Vergleichs von Referenzwerten von der ersten Vergleichsreferenzwert-Erzeugungsvorrichtung **30** und der zweiten Vergleichsreferenzwert-Erzeugungsvorrichtung **32** (der auf niedriger als der erste Referenzwert eingestellt ist) mit der Ausgabe von der Integrierschaltung **9** aus. Der erste Komparator **29** und der zweite Komparator **31** geben die Vergleichsergebnisse als die Ausgangssignalwellenform S und die Ausgangssignalwellenform T aus. Als Ergebnis wird der Entladepuls in drei Typen klassifiziert, die der normale Entladepuls, ein Quasi-Bogenentladungspuls und der Bogenentladungspuls sind.

**[0016]** Die Kurzschluss-Detektionsvorrichtung **28** prüft einen Spannungswert an dem Bearbeitungsspalt, wenn die Entladungs-Detektionsausgabe abfällt. Die Kurzschluss-Detektionsvorrichtung **28** vergleicht den Spannungswert mit einer Kurzschluss-Referenzspannung (vorzugsweise 15 Volt oder darunter) und gibt ein Kurzschluss-Detektionssignal (die Wellenform U in [Fig. 13](#)) aus. Ein hierin beschriebener kurzgeschlossener Zustand bezieht sich nicht nur auf eine direkte Verbindung zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**, sondern auch auf einen Kurzschluss über Teer, in welchem Bearbeitungsspäne und Bearbeitungsfluid transformiert sind, einen an einer Elektrodenoberfläche ausgebildeten Karbidfilm oder ähnlichem. Daher kann der Spannungswert an dem Bearbeitungsspalt nicht vollständig Null Volt sein. Eine Spannung von etwa einigen Volt wird erzeugt. Die Kurzschluss-Referenzspannung unterscheidet sich in Abhängigkeit von einem Elektrodenmaterial, wie es eine Bogenentladungsspannung tut. Daher gibt es keinen Standardwert für alle Fälle. Die Kurzschluss-Referenzspannung wird beispielsweise auf 15 Volt oder darunter und vorzugsweise 10 Volt oder darunter eingestellt, wenn die Elektrode **2** Kupfer ist und das Werkstück **3** Stahl ist.

**[0017]** Eine Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **27** erfasst drei Typen von Identifikationsausgaben von dem ersten Komparator **29** und dem zweiten Komparator **31**. Die drei Typen sind die normale Entladung, die Quasi-Bogenentladung und die Bogenentladung. Die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **27** erfasst auch zwei Typen von Identifikationsausgaben von der Kurzschluss-Detektions-

vorrichtung **28**, die anzeigen, ob der kurzgeschlossene Zustand vorhanden ist. Die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **27** erfasst die Identifikationsausgaben für jeden Puls. Daher erfasst die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **27** klassifizierte Identifikationsausgaben. Wenn der kurzgeschlossene Zustand vorhanden ist, ändert die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **27** Bearbeitungsbedingungen nicht. In dem Fall einer Quasi-Bogenentladung schaltet die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **27** die Puls-Auszeit auf eine längere um. In dem Fall einer Bogenentladung schaltet die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **27** die Puls-Auszeit auf eine noch längere um. In dem Fall einer nicht kurzgeschlossenen normalen Entladung verkürzt die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **27** die Puls-Auszeit. Wie es oben beschrieben ist, werden zusätzlich zu einer Erkennung des Entladezustands dadurch, ob die Hochfrequenzkomponente vorhanden ist, der Entladepuls und das Vorhandensein des kurzgeschlossenen Zustands beurteilt und wird die Bearbeitungsbedingung gesteuert. Als Ergebnis wird ein optimaler Bearbeitungszustand beibehalten.

Patentdokument 1: Offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. H5-293714

Patentdokument 2: Offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. S61-149326

**[0018]** Zusätzlich zum oben erläuterten Stand der Technik beschreibt die EP 1 464 430 A1 ein Verfahren zum funkenerosiven Bearbeiten eines Werkstückes, wobei die während der Dauer eines Erosionsimpulses an der Werkzeugelektrode anliegende Spannung erfasst wird und der Erosionsimpuls unterbrochen wird, nachdem die erfasste Spannung oder eine hieraus abgeleitete Größe ein asymptotisches Verhalten zeigt.

**[0019]** Des Weiteren beschreibt die DE 195 29 186 A1 eine Vorrichtung zur Erfassung eines Elektroerosionszustandes in einer Elektroerosions-Bearbeitungsmaschine, wobei ebenfalls ein Hochfrequenzanteil der Elektroerosionsspannung erfasst wird.

**[0020]** Schließlich offenbart auch die DE 690 14 093 T2 eine Vorrichtung zur Regelung des Impulses für eine Elektroerosions-Bearbeitungsmaschine. Dabei wird ebenfalls offenbart, abgegriffene Spannungsdaten zur Erzeugung eines Ansteuersignals für ein Leistungselement, das den Bearbeitungsstrom zwischen Elektrode und Werkstück steuert, heranzuziehen.

#### OFFENBARUNG DER ERFINDUNG DURCH DIE ERFINDUNG ZU LÖSENDES PROBLEM

**[0021]** Die herkömmlichen Bearbeitungsvorrichtungen mit elektrischer Entladung haben jedoch einige Probleme. Das erste Problem wird unter Bezugnahme auf [Fig. 19](#) beschrieben. [Fig. 19](#) ist ein Zeitdia-

gramm von Eingangs- und Ausgangssignalwellenformen, wenn ein Abfall bezüglich einer Bogenentladungsspannung aufgrund einer anormalen Bogenentladung in der in [Fig. 13](#) gezeigten Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung auftritt. In [Fig. 19](#) beziehen sich gleiche Bezugszeichen auf Teilabschnitte entsprechend denjenigen, die in [Fig. 14](#) gezeigt sind, und Erklärungen davon sind weggelassen. In der Entladespannungswellenform **80** können Bogenentladungsspannungsabfälle **84** und **85** zusätzlich zu der Hochfrequenzkomponente **82** auftreten. Bei den Bogenentladungsspannungsabfällen **84** und **85** erniedrigt sich die Bogenentladungsspannung synchron zu der anormalen Bogenentladungserzeugung (hier zeigt die Wellenform **84** einen geringen Spannungsabfall und zeigt die Wellenform **85** einen Spannungsabfall, der um ein vorbestimmtes Ausmaß niedriger als die Wellenform **84** ist). Die Bogenentladungsspannungsabfälle **84** und **85** treten häufig auf, wenn die Elektrode **2** aus Graphitmaterial oder ähnlichem ausgebildet ist. Die Bogenentladungsspannungsabfälle **84** und **85** können häufig nicht nur direkt nach einem Start einer elektrischen Entladung gesehen werden, sondern auch nach einem Verstreichen einer bestimmten Zeit, die eine Hälfte der Entladepulsbreite übersteigt. Wenn die Bogenentladungsspannungsabfälle **84** und **85** vorhanden sind, kann die in [Fig. 13](#) gezeigte Energieversorgungs-Steuervorrichtung, die die Hochfrequenzkomponente des Phänomens einer elektrischen Entladung detektiert, einen genauen Bearbeitungszustand nicht bestimmen.

**[0022]** Nachfolgend wird der Betrieb einer fehlerhaften Detektion beschrieben. Die Bogenentladungsspannungsabfälle **84** und **85** in der Entladespannungswellenform A, die in [Fig. 19](#) gezeigt ist, veranlassen, dass Störungswellenformen in der Ausgangssignalwellenform B von dem Hochpassfilter **4** erzeugt werden. Die Bogenentladungsspannungsabfälle **84** und **85** in der Entladespannungswellenform A beeinflussen auch die Ausgangssignalwellenform F von der Integrierschaltung **9**. Anders ausgedrückt erhöht sich dann, wenn die Bogenentladungsspannungsabfälle **84** und **85** auftreten, ein integrierter Ausgangswert der Ausgangssignalwellenform F von der Integrierschaltung **9**, wie es in [Fig. 19](#) durch eine durchgezogene Linie angezeigt ist. Der integrierte Ausgangswert Vint2 des erhöhten Bereichs wird ein Wert, der um ein vorbestimmtes Ausmaß größer als der integrierte Ausgangswert Vint1 ist. Der integrierte Ausgangswert Vint ist der Wert, der die integrierte Ausgabe sein sollte. Als Ergebnis kann die Hochfrequenzkomponente aufgrund eines Entladungsphänomens, die detektiert werden sollte, nicht genau detektiert werden.

**[0023]** Als Nächstes wird das zweite Problem beschrieben. Der Fall, in welchem die Bogenentladungsspannungsabfälle **84** und **85** während eines In-

tervalls der Entladepulsbreite Ton auftreten, wird beschrieben. Die Bogenentladungsspannungsabfälle **84** und **85** treten dann auf, wenn der Entladezustand sich verschlechtert oder das Entladungsphänomen anormal wird. Die Bogenentladungsspannungsabfälle **84** und **85** reduzieren eine Effizienz einer Entladebearbeitung und einer Erzeugung einer Bogenentladung. Daher sollte der Entladepuls nicht in diesem Zustand beibehalten werden (die Entladepulsbreite Ton sollte nicht gehalten werden). Andererseits wird bei der Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung in [Fig. 13](#) die Beurteilung des Entladezustands durch einen Vergleich der integrierten Ausgabe  $V_{int}$  mit der Referenzspannung  $V_{ref}$  auf eine Beendigung der Entladepulsbreite Ton hin durchgeführt. Der Entladezustand wird während der Entladepulsbreite Ton gehalten. Die in [Fig. 13](#) gezeigte Entladezustands-Detektionsvorrichtung, die den Entladezustand am Ende der Entladepulsbreite Ton beurteilt, kann die Entladepulsbreite Ton nicht optimal steuern, wenn die Bogenentladungsspannungsabfälle **84** und **85** auftreten.

**[0024]** Bei der in [Fig. 15](#) gezeigten Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung werden dann, wenn die Entladespannung an dem Bearbeitungsspalt höher als die obere Schwelle  $V_2$  (beispielsweise 20 Volt) der Entladespannung ist, die Pulsbreiten der Entladespannung und des Stroms während der Pulsbreite Ton gehalten. Wenn die Entladespannung niedriger als die obere Schwelle  $V_2$  der Entladespannung und höher als die untere Schwelle  $V_1$  (beispielsweise 5 Volt) der Entladespannung ist, werden die Pulsbreiten Ton der Entladespannung und des Stroms auf eine Beendigung eines Lesens hin abgeschnitten. Spannungspegel in einem Lesefenster, die signifikant niedriger als die Entladepulsbreiten beim Start der elektrischen Entladung sind (nachdem die Erzeugung der elektrischen Entladung detektiert ist), werden verglichen. Ein Phänomen, bei welchem die Bogenentladungsspannung synchron zu der anormalen Bogenentladungserzeugung zu einer beliebigen Zeit innerhalb der Periode der Entladepulsbreite Ton abfällt, kann nicht gelesen werden. Die in [Fig. 15](#) gezeigte Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung, die die Pulsbreiten Ton der Entladespannung und des Stroms unter Verwendung des Spannungswerts steuert, der beim Start der elektrischen Entladung beobachtet wird (nachdem die Erzeugung der elektrischen Entladung detektiert ist), kann den Bogenentladungsspannungsabfall nicht genau detektieren. Die Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung kann auch die Entladepulsbreite Ton nicht optimal steuern.

**[0025]** Wenn die obere Schwelle  $V_2$  der Entladespannung **20** Volt ist, ist eine Detektion von anormalen Pulsen in der Bogenentladung effektiv. Jedoch kann eine Ausbildung von granularen Projektionen (Karbiddablagerungen) in einem Elektrodenneckenbereich,

die dann erfolgt, wenn die Elektrode aus Graphitmaterial ausgebildet ist, nicht reduziert werden.

**[0026]** Als Nächstes wird das dritte Problem unter Bezugnahme auf [Fig. 20](#) beschrieben. [Fig. 20](#) ist ein Zeitdiagramm von Eingangs- und Ausgangssignalwellenformen, wenn ein Abfall bezüglich einer Bogenentladungsspannung aufgrund einer anormalen Bogenentladung in der in [Fig. 17](#) gezeigten Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung auftritt. In [Fig. 20](#) beziehen sich gleiche Bezugszeichen auf Teilabschnitte entsprechend denjenigen, die in [Fig. 18](#) gezeigt sind, und Erklärungen davon sind weggelassen. In der Entladespannungswellenform **80** können Bogenentladungsspannungsabfälle synchron zu der Erzeugung einer anormalen Bogenentladung, die durch die Wellenformen **84** und **85** angezeigt sind, und eine Wellenform **86**, zusätzlich zu der Hochfrequenzkomponente **82** auftreten. Die Bogenentladungsspannungsabfälle **84**, **85** und **86** treten dann häufig auf, wenn die Elektrode **2** aus Graphitmaterial oder ähnlichem ausgebildet ist. Die Bogenentladungsspannungsabfälle **84**, **85** und **86** können häufig nicht nur direkt nach dem Start der elektrischen Entladung gesehen werden, sondern auch nach dem Verstreichen einer bestimmten Zeit, die eine Hälfte der Entladepulsbreite übersteigt. Die Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung in [Fig. 17](#) behält einen optimalen Bearbeitungszustand durch Beurteilen des Entladezustands in Abhängigkeit von dem Vorhandensein der Hochfrequenzkomponente, durch Klassifizieren des Entladepulses in drei Typen unter Verwendung des Entladezustands zusätzlich dazu, ob der Kurzschlusszustand vorhanden ist, und durch Steuern der Bearbeitungsbedingungen basierend auf der Klassifizierung an dem Ende der Entladepulsbreite bei. Bei der Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung in [Fig. 12](#) tritt dann, wenn die Bogenentladungsspannungsabfälle **84**, **85** und **86**, wie beispielsweise diejenigen, die oben beschrieben sind, vorhanden sind, eine fehlerhafte Steuerung der Bearbeitungsbedingungen aufgrund einer fehlerhaften Detektion von Entladepulsen auf.

**[0027]** Der fehlerhafte Detektionsbetrieb wird beschrieben. Wenn die Bogenentladungsspannungsabfälle **84**, **85** und **86** auftreten, wird die Ausgangssignalwellenform von der Integrierschaltung **9** eine Wellenform, wie beispielsweise die Wellenform F in [Fig. 20](#), und wird als entweder der Quasi-Bogenentladungspuls oder der Bogenentladungspuls erkannt. Bei den Bogenentladungsspannungsabfällen **84** und **85** wird die Puls-Auszeit auf eine längere umgeschaltet. Bei dem Bogenentladungsspannungsabfall **86** wird die Puls-Auszeit auf eine noch längere umgeschaltet. Die Entladespannungen der Bogenentladungsspannungsabfälle **85** und **86**, bei welchen die Bogenentladungsspannungen abgefallen sind, reduzieren die Erzeugung der Bogenentladungen und die

Effizienz einer Bearbeitung mit elektrischer Entladung. Der Entladepuls sollte nicht beibehalten werden (die Entladepulsbreite sollte nicht für eine lange Zeitperiode gehalten werden). Bei der Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung in [Fig. 17](#), die am Ende der Entladepulsbreite den Entladezustand beurteilt und eine Puls-Auszeit steuert, wird die Beurteilung des Entladezustands verzögert. Die Entladevorrichtung mit elektrischer Entladung kann die Puls-Auszeit nicht genau steuern, wenn die Bogenentladungsspannungsabfälle **84**, **85** und **86** auftreten.

**[0028]** Die vorliegende Erfindung ist erreicht worden, um die obigen Probleme bei der herkömmlichen Technologie zu lösen, und es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung zur Verfügung zu stellen, die einen Entladezustand genau detektieren und einen Entladepuls und eine Puls-Auszeit basierend auf dem Entladezustand genau steuern kann, selbst wenn ein Bogenentladungsspannungsabfall auftritt.

#### MITTEL ZUR PROBLEMLÖSUNG

**[0029]** Um die obigen Probleme zu überwinden, weist gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung eine Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung, welche Steuervorrichtung zu der Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung zugeführte Entladepulse steuert, die ein Werkstück durch Erzeugen von Pulsentladungen in einem Bearbeitungsspalt bearbeitet, der durch eine Bearbeitungselektrode und das Werkstück ausgebildet ist, die einander gegenüberliegend angeordnet sind, eine Hochfrequenzkomponenten-Detektionseinheit auf, die eine Hochfrequenzkomponente einer Entladespannung an dem Bearbeitungsspalt detektiert, eine Spannungspegel-Detektionseinheit, die einen Entladespannungspegel an dem Bearbeitungsspalt detektiert, eine Hochfrequenzkomponenten-Vergleichseinheit, die die detektierte Hochfrequenzkomponente mit einer Referenz-Hochfrequenzkomponente vergleicht, eine Spannungspegel-Vergleichseinheit, die den detektierten Entladespannungspegel mit einem Referenz-Spannungspegel vergleicht, und eine Pulssteuereinheit, die eine Puls-Auszeit basierend auf einem Vergleichsergebnis steuert, das durch die Hochfrequenzkomponenten-Vergleichseinheit erhalten ist, und einen Entladepuls basierend auf einem Vergleichsergebnis abschaltet, das durch die Spannungspegel-Vergleichseinheit erhalten ist.

#### EFFEKT DER ERFINDUNG

**[0030]** Bei der Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektri-

scher Entladung gemäß der vorliegenden Erfindung steuert die Pulssteuereinheit eine Puls-Auszeit basierend auf einer Differenz zwischen einer Hochfrequenzkomponente und einer Referenz-Hochfrequenzkomponente und schaltet bzw. schneidet einen Entladepuls basierend auf einer Differenz zwischen einem Spannungspegel und einem Referenz-Spannungspegel ab. Daher kann selbst dann, wenn ein Bogenentladungsspannungsabfall auftritt, der Entladezustand genau detektiert werden. Basierend auf dem Entladezustand können der Entladepuls und die Puls-Auszeit genau gesteuert werden.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0031]** [Fig. 1](#) ist ein schematisches Schaltungsdiagramm eines relevanten Teils einer Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**[0032]** [Fig. 2](#) ist ein Schaltungsdiagramm eines Beispiels einer Bearbeitungsspannungspegel-Detektionseinheit der Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung.

**[0033]** [Fig. 3](#) ist ein Zeitdiagramm von Eingangs- und Ausgangssignalwellenformen bei der Energieversorgungs-Steuervorrichtung für die in [Fig. 1](#) gezeigte Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung.

**[0034]** [Fig. 4-1](#) ist eine Kurve einer Beziehung zwischen einer Änderung einer Referenzspannung  $V_c$  und einer Pulsbreitenverteilung, wenn die Referenzspannung  $V_c$  55 Volt ist.

**[0035]** [Fig. 4-2](#) ist eine Kurve einer Beziehung zwischen einer Änderung der Referenzspannung  $V_c$  und einer Pulsbreitenverteilung, wenn die Referenzspannung  $V_c$  56 Volt ist.

**[0036]** [Fig. 4-3](#) ist eine Kurve einer Beziehung zwischen einer Änderung der Referenzspannung  $V_c$  und einer Pulsbreitenverteilung, wenn die Referenzspannung  $V_c$  57 Volt ist.

**[0037]** [Fig. 5](#) ist ein funktionelles Blockdiagramm eines relevanten Teils einer Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wovon ein Teilabschnitt ein Schaltungsdiagramm ist.

**[0038]** [Fig. 6](#) ist ein Zeitdiagramm von Eingangs- und Ausgangssignalwellenformen in der Energieversorgungs-Steuervorrichtung für die in [Fig. 5](#) gezeigte Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung.

[0039] [Fig. 7](#) ist ein Ablaufdiagramm des Betriebs einer in [Fig. 5](#) gezeigten Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung.

[0040] [Fig. 8](#) ist eine Kurve zum Bearbeiten von Zeitkurven, die einen Vergleich zwischen einer Bearbeitungsleistungsfähigkeit einer Bearbeitungs- vorrichtung mit elektrischer Entladung unter Verwendung der Energieversorgungs-Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung und derjenigen unter Verwendung einer herkömmlichen zeigen.

[0041] [Fig. 9](#) ist ein funktionelles Blockdiagramm eines relevanten Teils einer Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungs- vorrichtung mit elektrischer Entladung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wovon ein Teilabschnitt ein Schaltungsdiagramm ist.

[0042] [Fig. 10](#) ist ein Ablaufdiagramm des Betriebs einer in [Fig. 9](#) gezeigten Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung.

[0043] [Fig. 11](#) ist ein Beispiel von Berechnungsergebnissen einer in der Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungs- vorrichtung mit elektrischer Entladung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel berechneten Entladepuls-Schnittrate (Pulsschnittrate).

[0044] [Fig. 12-1](#) ist ein Beispiel einer Pulsbreitenverteilung, wenn eine Bearbeitung als instabil beurteilt wird.

[0045] [Fig. 12-2](#) ist ein Beispiel einer Pulsbreitenverteilung, wenn eine Bearbeitung als stabil beurteilt wird.

[0046] [Fig. 13](#) ist ein Schaltungsdiagramm eines relevanten Teils einer herkömmlichen Bearbeitungs- vorrichtung mit elektrischer Entladung, die bezüglich einer Konfiguration im Wesentlichen identisch zu derjenigen ist, die im Patentdokument 1 beschrieben ist.

[0047] [Fig. 14](#) ist ein Zeitdiagramm von Eingangs- und Ausgangssignalwellenformen bei der in [Fig. 13](#) gezeigten Bearbeitungs- vorrichtung mit elektrischer Entladung.

[0048] [Fig. 15](#) ist ein Schaltungsdiagramm eines relevanten Teils einer Bearbeitungs- vorrichtung mit elektrischer Entladung, die bezüglich einer Konfiguration im Wesentlichen identisch zu derjenigen ist, die im Patentdokument 2 beschrieben ist.

[0049] [Fig. 16](#) ist ein Zeitdiagramm von Eingangs- und Ausgangssignalwellenformen bei der in [Fig. 15](#) gezeigten Bearbeitungs- vorrichtung mit elektrischer Entladung.

[0050] [Fig. 17](#) ist ein Schaltungsdiagramm eines relevanten Teils einer weiteren Bearbeitungs- vorrichtung mit elektrischer Entladung, die bezüglich einer Konfiguration im Wesentlichen identisch zu derjenigen ist, die im Patentdokument 1 beschrieben ist.

[0051] [Fig. 18](#) ist ein Zeitdiagramm von Eingangs- und Ausgangssignalwellenformen bei der in [Fig. 17](#) gezeigten Bearbeitungs- vorrichtung mit elektrischer Entladung.

[0052] [Fig. 19](#) ist ein Zeitdiagramm von Eingangs- und Ausgangssignalwellenformen, wenn ein Abfall bezüglich einer Bogenentladungsspannung aufgrund einer anormalen Bogenentladung bei der in [Fig. 13](#) gezeigten Bearbeitungs- vorrichtung mit elektrischer Entladung auftritt.

[0053] [Fig. 20](#) ist ein Zeitdiagramm von Eingangs- und Ausgangssignalwellenformen, wenn ein Abfall bezüglich einer Bogenentladungsspannung aufgrund einer anormalen Bogenentladung bei der in [Fig. 17](#) gezeigten Bearbeitungs- vorrichtung mit elektrischer Entladung auftritt.

#### Bezugszeichenliste

1	Bearbeitungs-Energieversorgung
2	Elektrode
3	Werkstück
4	Hochpassfilter (Hochfrequenzkomponenten-Detektionseinheit)
5	Gleichrichter (Hochfrequenzkomponenten-Detektionseinheit)
9	Integrierschaltung (Hochfrequenzkomponenten-Detektionseinheit)
10	Rücksetzschaltung
23	Entladungs-Detektionsvorrichtung
24	Zeitgeber
27	Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung
28	Kurzschluss-Detektionsvorrichtung
29	erster Komparator
30	erste Vergleichsreferenzwert-Erzeugungsvorrichtung
31	zweiter Komparator
32	zweite Vergleichsreferenzwert-Erzeugungsvorrichtung
40	Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung (Spannungspegel-Detektionseinheit)
41	Komparator (Vergleichspegel-Vergleichseinheit)
42	Detektionsvorrichtung für Zeit ohne Last (Detektionseinheit für Zeit ohne Last)
43	Puls-Steuervorrichtung (Puls-Steuereinheit)
44	Schaltelement
45	Durchschnitts-Auszeit-Berechnungsvorrichtung (Durchschnitts-Auszeit-Berechnungseinheit)
46	Zähler für gute/schlechte Pulse (Puls-Zähleinheit)

- 47 Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung (Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungseinheit)
- 48 Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung (Bearbeitungsbedingungs-Steuereinheit)
- 50 Pulsschnittraten-Berechnungsvorrichtung (Pulsschnittraten-Berechnungseinheit)
- 70 Zeitkonstanten-Messvorrichtung
- 72 Logikschaltung
- 75 Entladespannungs-Detektionsvorrichtung
- 76 Entladestrom-Detektionsvorrichtung
- 77 Logikschaltung
- 78 Komparator (Hochfrequenzkomponenten-Vergleichseinheit)
- 89 Logikschaltung

#### BESTE ART(EN) ZUM AUSFÜHREN DER ERFINDUNG

**[0054]** Eine Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung gemäß beispielhaften Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen detailliert erklärt. Es sollte jedoch verstanden werden, dass die vorliegende Erfindung durch die Ausführungsbeispiele nicht beschränkt ist.

#### Erstes Ausführungsbeispiel

**[0055]** [Fig. 1](#) ist ein schematisches Schaltungsdiagramm eines relevanten Teils einer Energieversorgungs-Steuerschaltung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Eine gepulste Entladespannung wird zu einem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** der Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung und dem Werkstück **3** zugeführt. Das Hochpassfilter **4** extrahiert eine Hochfrequenzkomponente aus der Entladespannung. Der Gleichrichter **5** richtet die durch das Hochpassfilter **4** extrahierte Hochfrequenzkomponente gleich und gibt ein Ausgangssignal  $V_{rec}$  aus. Die Entladespannungs-Detektionsvorrichtung **75** detektiert die Entladespannung an dem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**. Die Entladestrom-Detektionsvorrichtung **76** detektiert einen Entladestrom an dem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**.

**[0056]** Ein Ausgangssignal  $u$  von der Entladespannungs-Detektionsvorrichtung **75** und ein Ausgangssignal  $i$  von der Entladestrom-Detektionsvorrichtung **76** werden zu der Logikschaltung **77** eingegeben. Die Zeitkonstanten-Messvorrichtung **70** und die Logikschaltung **72** bilden eine Verzögerungsschaltung. Die Zeitkonstanten-Messvorrichtung **70** misst eine Zeitkonstante  $t_H$  des Hochpassfilters **4**. Das Ausgangssignal **79** von der Logikschaltung **77** wird zu der Zeitkonstanten-Messvorrichtung **70** und der Logikschal-

tung **72** eingegeben. Das Ausgangssignal **71** von der Zeitkonstanten-Messvorrichtung **70** wird zu der Logikschaltung **72** eingegeben. Die Integrierschaltung **9** enthält einen Kondensator  $C_1$  und einen Widerstand  $R_1$ . Der Kondensator  $C_1$  ist zwischen einer invertierenden ( $-$ ) Eingangsseite und einer Ausgangsseite eines Operationsverstärkers angeschlossen. Der Widerstand  $R_1$  ist zwischen einer Ausgangsseite des Gleichrichters **5** und der invertierenden ( $-$ ) Eingangsseite des Operationsverstärkers in Reihe geschaltet. Eine nicht invertierende ( $+$ ) Eingangsseite des Operationsverstärkers ist geerdet.

**[0057]** Die Rücksetzschaltung **10** enthält einen Transistor. Ein Kollektor-Emitter des Transistors ist zwischen beiden Anschlüssen des Kondensators  $C_1$  angeschlossen. Das Ausgangssignal **73** von der Logikschaltung **72** wird zu der Rücksetzschaltung **10** eingegeben. Ein integrierter Ausgangswert  $V_{int}$ , der ein Ausgangssignal von dem Operationsverstärker der Integrierschaltung **9** ist, wird zu einer invertierenden ( $-$ ) Eingangsseite des Komparators (der Hochfrequenzkomponenten-Vergleichseinheit) **78** eingegeben. Eine Referenzspannung  $V_{ref}$  wird zu einer nicht invertierenden ( $+$ ) Eingangsseite des Komparators **78** eingegeben. Eine Hochfrequenzkomponenten-Detektionseinheit, die die Hochfrequenzkomponente der Entladespannung an dem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3** detektiert, enthält das Hochpassfilter **3**, den Gleichrichter **5** und die Integrierschaltung **9**.

**[0058]** Zusätzlich zu der in [Fig. 13](#) gezeigten herkömmlichen Konfiguration enthält die Energieversorgungs-Steuervorrichtung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung (Spannungspegel-Detektionseinheit) **40** und einen Komparator (eine Spannungspegel-Vergleichseinheit) **41**. Die Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40** detektiert einen Entladespannungspegel an dem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**. Eine VCP-Spannung, die ein Ausgangssignal von der Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40** ist, wird zu einer nicht invertierenden ( $+$ ) Eingangsseite des Komparators **41** eingegeben. Eine Referenzspannung  $V_c$  wird zu einer invertierenden ( $-$ ) Eingangsseite des Komparators **41** eingegeben. Ein Ausgangssignal **111** von dem Komparator **41** wird zu der Puls-Steuervorrichtung (Puls-Steuereinheit) **43** eingegeben.

**[0059]** Die Referenzspannung  $V_c$ , die zu der invertierenden ( $-$ ) Eingangsseite des Komparators **41** in der Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel eingegeben ist, wird zu einem Spannungswert äquivalent zu einer Bearbeitungsspannung eingestellt, die 25% bis 30% einer Zwischenelektroden-Leerlauf-

spannung (beispielsweise 80 Volt) einer Haupt-Energieversorgung einer Energieversorgungsschaltung ist.

**[0060]** [Fig. 2](#) ist ein Schaltungsdiagramm eines Beispiels der Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40** der Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung. Bei dem Beispiel enthält die Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40** einen Bearbeitungsspannungspegel-Detektor **40A**, ein Schaltelement **44** und einen Stromdetektionswiderstand **R3**. Mit dem Bearbeitungsspannungspegel-Detektor **40A** sind ein Gleichstrom-Energieversorgung, die als die Bearbeitungs-Energieversorgung **1** dient, und die Elektrode **2** verbunden. Das Schaltelement **44** arbeitet basierend auf einem Ergebnis eines Steuersignals von der Puls-Steuervorrichtung **43**.

**[0061]** [Fig. 3](#) ist ein Zeitdiagramm von Eingangs- und Ausgangssignalwellenformen in der Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine in [Fig. 1](#) gezeigte Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung. Eine Wellenform A ist die Entladespannungswellenform an dem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**. Eine Wellenform B ist die Ausgangssignalwellenform von dem Hochpassfilter **4**. Eine Wellenform G ist die Ausgangssignalwellenform von der Logikschaltung **77**. Die Wellenform H ist die Ausgangssignalwellenform von der Zeitkonstanten-Messvorrichtung **70**. Die Wellenform I ist die Ausgangssignalwellenform von der Logikschaltung **72**. Eine Wellenform F ist die integrierte Ausgangssignalwellenform von der Integrierschaltung **9**. Eine Wellenform J ist eine Ausgangssignalwellenform von dem Komparator **78**. Eine Wellenform K ist eine Ausgangssignalwellenform von der Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40**. Eine Wellenform L ist eine Ausgangssignalwellenform von dem Komparator **41**. Eine Wellenform O1 ist eine erste Ausgangssignalwellenform von der Puls-Steuervorrichtung **43**. Eine Wellenform O2 ist eine zweite Ausgangssignalwellenform von der Puls-Steuervorrichtung **43**.

**[0062]** Als Nächstes wird der Betrieb unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) beschrieben. In [Fig. 3](#) ist die Wellenform **80** die Entladespannungswellenform an dem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**. Das Zeitintervall Ton zeigt die Entladepulsbreite an. Das Zeitintervall Toff zeigt eine Puls-Auszeit an. Die elektrische Entladung wird erzeugt, nachdem die Spannung an den Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3** angelegt wird. Wenn die elektrische Entladung erzeugt wird, werden die Pegel der Ausgangssignale von der Entladespannungs-Detektionsvorrichtung **75** und der Entladestrom-Detektionsvorrichtung **76** beide H (hoch). Die

Ausgangssignale werden zu der Logikschaltung **77** eingegeben. Wenn beide zu der Logikschaltung **77** eingegebenen Signale auf dem H-Pegel sind, anders ausgedrückt, wenn die elektrische Entladung in dem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3** erzeugt ist, gibt die Logikschaltung **77** ein Signal eines L-(niedrigen)-Pegels aus. Eine Zeit, zu welcher die Logikschaltung **77** das L-Pegelsignal ausgibt, ist eine Entladungs-Detektionszeit  $t_1$ . Eine Zeit  $t_2$  ist eine Zeit ( $t_2 = t_1 + t_H$ ) nach der Zeitkonstanten  $t_H$  des Hochpassfilters **4** mit der Entladungs-Detektionszeit  $t_1$  als Startstelle.

**[0063]** Die Wellenform **82** zeigt die Hochfrequenzkomponente der Entladespannung an. Die Wellenform **83** zeigt eine Störungswellenform aufgrund einer Übergangscharakteristik des Hochpassfilters **4** an. Die Zeitkonstanten-Messvorrichtung **70** gibt ein H-Pegelsignal für eine Zeitperiode  $t_H$  mit einer Zeit, zu welcher das Ausgangssignal **79** von der Logikschaltung **77** abfällt, als Startstelle (H in [Fig. 3](#)) aus. Das Ausgangssignal **79** von der Logikschaltung **77** und das Ausgangssignal **71** von der Zeitkonstanten-Messvorrichtung **70** werden zu der Logikschaltung **72** eingegeben. Die Logikschaltung **72** gibt das Ausgangssignal **73** aus, wie es in [Fig. 3](#) bei I angezeigt ist. Eine Zeit, zu welcher das Ausgangssignal **73** abfällt, ist in [Fig. 3](#) bei I als  $t_2$  angezeigt. Die Rücksetzschaltung **10** setzt die Integrierschaltung **9** zurück, während ein Pegel des Ausgangssignals **73** von der Logikschaltung **72** hoch ist. Anders ausgedrückt integriert die Integrierschaltung **9** das Ausgangssignal  $V_{rec}$  von dem Gleichrichter **5** nur, während der Pegel des Ausgangssignals **73** von der Logikschaltung **72** niedrig ist. Der Komparator **78** vergleicht die Referenzspannung  $V_{ref}$  mit der integrierten Ausgabe  $V_{int}$ , die in [Fig. 3](#) bei F angezeigt ist. Wenn die integrierte Ausgabe  $V_{int}$  größer als Referenzspannung  $V_{ref}$  an einem Ende der Entladepulsbreite Ton ist, beurteilt der Komparator **78** den Entladepuls als normalen Entladepuls. Wenn das Gegenteil gilt, beurteilt der Komparator **78** den Entladepuls als anormalen Entladepuls, wie beispielsweise einen Bogenentladungspuls. Der Komparator **78** gibt ein Ausgangssignal J aus.

**[0064]** Bei dem in [Fig. 2](#) gezeigten Beispiel detektiert die Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40** eine Spannung, die durch den Stromdetektionswiderstand **R3** in [Fig. 2](#) fließt. Es kann ein Verfahren verwendet werden, bei welchem ein Elektronenspalt direkt detektiert wird, wie es in [Fig. 1](#) gezeigt ist. Dann gibt die Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40** ein Ausgangssignal K einer Spannungswellenform aus, die ein Gegenteil der Entladespannung ist, wie es in [Fig. 3](#) gezeigt ist. Der Komparator **41** vergleicht die Referenzspannung  $V_c$  mit dem Ausgangssignal von der Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40**. Wenn die ausgegebene VCT-Spannung von der Bearbei-

tungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40** größer als die Referenzspannung  $V_c$  ist, wird der Entladepuls als anormaler Entladepuls beurteilt. Das in [Fig. 3](#) gezeigte Ausgangssignal  $L$  wird ausgegeben. Die Referenzspannung  $V_c$  unterscheidet sich in Abhängigkeit von dem Elektrodenmaterial und ähnlichem. Daher gibt es keinen Standardwert. Jedoch wird beispielsweise dann, wenn die Graphitelektrode Stahl bearbeitet, die Referenzspannung  $V_c$  auf einen Spannungswert von 20 Volt bis 25 Volt eingestellt. Alternativ dazu wird die Referenzspannung  $V_c$  auf einen Spannungswert äquivalent zu 25% bis 30% einer Zwischenelektroden-Leerlaufspannung (beispielsweise 80 Volt) einer Haupt-Energieversorgung einer Energieversorgungsschaltung eingestellt.

**[0065]** Als Nächstes wird eine durch die Puls-Steuervorrichtung **43**, die basierend auf einem Ausgangssignal **110** von dem Komparator **78** und dem Ausgangssignal **111** von dem Komparator **41** arbeitet, durchgeführte Entladepulssteuerung erklärt. Wenn der Pegel des Ausgangssignals **111** von dem Komparator **41** "H" ist ( $L$  in [Fig. 3](#)) und der Entladepuls als anormaler Entladepuls beurteilt wird, werden die Pulsbreiten der Entladespannung und des Entladestroms abgeschnitten. Zu dieser Zeit vergleicht der Komparator **78** die integrierte Ausgabe  $V_{int}$  nicht mit der Referenzspannung  $V_{ref}$  an dem Ende der Entladepulsbreite. Wie es in [Fig. 3](#) durch eine gepunktete Linie angezeigt ist, die nicht tatsächlich in Betrieb versetzt wird, wird dann, wenn der Pegel des Ausgangssignals **110** von dem Komparator **78** "H" ist, der Entladepuls als anormaler Entladepuls beurteilt und wird die Puls-Auszeit auf eine längere umgeschaltet (Toff +  $\Delta T_{off}$ ).

**[0066]** Bei der nächsten Konfiguration kann der Bearbeitungszustand einer elektrischen Entladung genau detektiert werden und kann genau beurteilt werden, ob der Entladepuls normal oder anormal ist. Die Bearbeitungs-Pulsbreite und die Puls-Auszeitbreite werden basierend auf dem Vorhandensein der Hochfrequenzkomponente und den Entladebedingungen gemäß dem Bearbeitungsspannungspegel gesteuert. Daher kann die Erzeugung von kontinuierlichen Bogenentladungen in dem Bearbeitungsspalt verhindert werden. Eine Beschädigung an der Elektrode oder dem Werkstück kann auch verhindert werden.

**[0067]** [Fig. 4-1](#), [Fig. 4-2](#) und [Fig. 4-3](#) zeigen Ergebnisse eines Beobachtens von Änderungen bezüglich einer Pulsbreitenverteilung, die eine Referenzspannungsvariation bezüglich des Ausgangssignals der Puls-Steuervorrichtung **43** bei der Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung unter Verwendung der Energieversorgungsvorrichtung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel begleiten. Unter Diagrammen, die eine Beziehung zwischen der Variation der Referenzspannung  $V_c$  und der Pulsbreitenverteilung anzeigen, zeigt [Fig. 4-1](#) den Fall, in

welchem die Referenzspannung  $V_c$  55 Volt (äquivalent zu einer Bearbeitungsspannung von 25 Volt) ist. [Fig. 4-2](#) zeigt den Fall, in welchem die Referenzspannung  $V_c$  56 Volt (äquivalent zu einer Bearbeitungsspannung 24 Volt) ist. [Fig. 4-3](#) zeigt den Fall, in welchem die Referenzspannung  $V_c$  57 Volt (äquivalent zu einer Bearbeitungsspannung von 23 Volt) ist. In allen Fällen wird eine Bearbeitung an einem Werkstück aus Stahl mit einer Graphitelektrode mit  $\phi 20$  Millimetern ohne eine Strahlsicherung unter Bearbeitungsbedingungen durchgeführt, dass ein Spitzenstromwert 25 Ampere ist, eine Pulsbreite 192 Mikrosekunden ist, eine Puls-Auszeit 115 Mikrosekunden ist, eine Zeit für einen Elektrodensprung (so genannter "Jump") nach unten 500 Millisekunden ist und ein Abstand für einen Elektrodensprung nach oben (Anheben der Elektrode) 1,4 Millimeter ist. Daten werden von 1000 Abtastungen erfasst, während der normale Entladepuls ausgegeben wird. Wenn die Referenzspannung  $V_c$  55 Volt ist, gibt es keine granularen Projektionen. Wenn die Referenzspannung  $V_c$  56 Volt ist, werden einige granulare Projektionen ausgebildet. Wenn die Referenzspannung  $V_c$  57 Volt ist, werden die granularen Projektionen ausgebildet.

**[0068]** Auf diese Weise kann dann, wenn die Referenzspannung  $V_c$  zwischen dem normalen Entladepuls (Bearbeitungsspannung ist etwa 30 Volt, wenn die Elektrode aus Graphitmaterial ausgebildet ist) und dem anormalen Entladepuls (die Bearbeitungsspannung ist etwa 20 Volt, wenn die Elektrode aus Graphitmaterial ausgebildet ist) ist und ein bestimmter Wert ist, bei welchem eine Bearbeitungsgeschwindigkeit selbst dann nicht abfällt, wenn die Pulsbreite Ton der Entladespannung während der Spannungspegeldetektion abgeschnitten wird, eine Ausbildung der granularen Projektionen (Karbidaablagerungen) zusätzlich zu der Detektion der anormalen Pulse bei der Bogenentladung reduziert werden.

**[0069]** Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel werden Entladepulse und eine Puls-Auszeit gesteuert, direkt nachdem anormale Entladepulse klassifiziert und identifiziert sind; jedoch können Entladepulse und eine Puls-Auszeit gesteuert werden, wenn die Zahl von klassifizierten und identifizierten Ausgangssignalen einen vorbestimmten Wert erreicht.

**[0070]** Zusätzlich dazu können Bearbeitungsbedingungen, wie beispielsweise eine Zeit für einen Elektrodensprung (so genannten "Jump") nach unten und ein Abstand für einen Elektrodensprung nach oben (Anheben der Elektrode) gesteuert werden. Bezüglich der Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40** ist ein Verfahren nicht auf dasjenige beschränkt, das in [Fig. 2](#) gezeigt ist, wie es oben beschrieben ist. Ein Verfahren kann verwendet werden, bei welchem ein Elektrodenspalt direkt detektiert wird, wie es in [Fig. 1](#) gezeigt ist. Zusätzlich wird gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die

Spannungswellenform entgegengesetzt zu der Entladespannung zum Detektieren des Entladespannungspegels verwendet. Jedoch kann eine Detektion direkt zwischen der Elektrode und dem Werkstück durchgeführt werden.

#### Zweites Ausführungsbeispiel

**[0071]** [Fig. 5](#) ist ein funktionelles Blockdiagramm eines relevanten Teils einer Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Ein Teilabschnitt des Diagramms ist ein Schaltungsdiagramm. Der Bearbeitungsspalt ist zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3** ausgebildet. Die Bearbeitungs-Energieversorgung **1** führt die gepulste Entladespannung zu dem Bearbeitungsspalt zu. Das Hochpassfilter **4** detektiert die Hochfrequenzkomponente aus der Entladespannung. Der Gleichrichter **5** richtet die Hochfrequenzkomponente von dem Hochpassfilter **4** gleich. Der Gleichrichter **5** gibt das gleichgerichtete Ausgangssignal aus. Die Entladungs-Detektionsvorrichtung **23** detektiert die Entladespannung und den Entladestrom an dem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**. Die Integrierschaltung **9** wird rückgesetzt und der Zeitgeber **24** wird gestartet, und zwar durch die Ausgabe von der Entladungs-Detektionsvorrichtung **23**. Eine Kurzschluss-Detektionsvorrichtung **28** ist als Kurzschluss-Detektionseinheit vorgesehen. Der erste Komparator **29** ist als Vergleichseinheit zum Durchführen eines Vergleichs mit dem ersten Referenzwert vorgesehen. Die erste Vergleichsreferenzwert-Erzeugungsvorrichtung **30** ist als eine erste Vergleichsreferenzwert-Erzeugungseinheit vorgesehen. Der zweite Komparator **31** ist als eine Vergleichseinheit zum Durchführen eines Vergleichs mit dem zweiten Referenzwert vorgesehen. Die zweite Vergleichsreferenzwert-Erzeugungsvorrichtung **32** ist als eine zweite Vergleichsreferenzwert-Erzeugungseinheit vorgesehen.

**[0072]** Die Energieversorgungs-Steuervorrichtung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel enthält zusätzlich zu der in [Fig. 17](#) gezeigten herkömmlichen Konfiguration die Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40** und den Komparator **41** wie beim ersten Ausführungsbeispiel. Die Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40** detektiert den Entladespannungspegel an den Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**. Das Ausgangssignal von der Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40** und die Referenzspannung  $V_c$  werden zu dem Komparator **41** eingegeben. Das Ausgangssignal von dem Komparator **41** wird zu der Puls-Steuervorrichtung **43** eingegeben.

**[0073]** Die Energieversorgungs-Steuervorrichtung

gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel enthält zusätzlich zu der in [Fig. 17](#) gezeigten herkömmlichen Konfiguration eine Durchschnitts-Auszeit-Berechnungsvorrichtung (eine Durchschnitts-Auszeit-Berechnungseinheit) **45**, einen Zähler für gute/schlechte Pulse (eine Puls-Zähleinheit) **46**, eine Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung (eine Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungseinheit) **47** und eine Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung (eine Bearbeitungsbedingungs-Steuereinheit) **48**.

**[0074]** Die Durchschnitts-Auszeit-Berechnungsvorrichtung **45** bestimmt einen Durchschnitt von schwankenden Auszeitwerten des durch die Puls-Steuervorrichtung **43** gesteuerten Entladepulses. Der Zähler für gute/schlechte Pulse **46** zählt die normalen Entladepulse, die Entladepulse sind, die als normal beurteilt worden sind. Die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** beurteilt, ob ein Bearbeitungszustand "stabil" oder "instabil" ist, durch die durch die Durchschnitts-Auszeit-Berechnungsvorrichtung **45** bestimmte durchschnittliche Puls-Auszeit. Die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48** schaltet die Bearbeitungsbedingungen basierend auf einer Ausgabe von der Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** um.

**[0075]** [Fig. 6](#) ist ein Zeitdiagramm von Eingangs- und Ausgangssignalwellenformen in der Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine in [Fig. 5](#) gezeigte Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung. Eine Wellenform A ist die Entladespannungswellenform an dem Bearbeitungsspalt zwischen der Elektrode **2** und dem Werkstück **3**. Eine Wellenform B ist die Ausgangssignalwellenform von dem Hochpassfilter **4**. Eine Wellenform C ist die Ausgangssignalwellenform von dem Gleichrichter **5**. Eine Wellenform P ist die Ausgangssignalwellenform von der Entladungs-Detektionsvorrichtung **23**. Eine Wellenform Q ist die Ausgangssignalwellenform von dem Zeitgeber **24**. Eine Wellenform F ist die Ausgangssignalwellenform von der Integrierschaltung **9**. Eine Wellenform S ist die Ausgangssignalwellenform von dem ersten Komparator **29**. Der erste Komparator **29** vergleicht die Ausgabe von der Integrierschaltung **9** mit dem ersten Referenzwert. Eine Wellenform T ist die Ausgangssignalwellenform von dem zweiten Komparator **31**. Der zweite Komparator **31** vergleicht die Ausgabe von der Integrierschaltung **9** mit dem zweiten Referenzwert. Eine Wellenform U ist die Ausgangssignalwellenform von der Kurzschluss-Detektionsvorrichtung **28**. Eine Wellenform K ist die Ausgangssignalwellenform von der Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung **40**. Eine Wellenform L ist die Ausgangssignalwellenform von dem Komparator **41**. Eine Wellenform O1 ist die erste Ausgangssignalwellenform von der Puls-Steuervorrichtung **43**. Eine Wellenform O2 ist die zweite Ausgangssignalwellenform von der Puls-Steuervorrichtung

tung 43.

**[0076]** Als Nächstes wird der Betrieb unter Bezugnahme auf die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) beschrieben. Die Bearbeitungs-Energieversorgung 1 legt die gepulste Spannung an den Bearbeitungsspalt an und die Bearbeitung mit elektrischer Entladung wird durchgeführt. Das Hochpassfilter extrahiert nur die Hochfrequenzkomponente von der Entladespannungswellenform A, die ausgegeben wird, wenn die Bearbeitung mit elektrischer Entladung durchgeführt wird. Die extrahierte Hochfrequenzkomponente wird die Ausgangssignalwellenform B. Der Gleichrichter 5 richtet die erfasste Hochfrequenzkomponente gleich. Die gleichgerichtete Hochfrequenzkomponente wird die Ausgangssignalwellenform C. Die Ausgangssignalwellenform C wird zu der Integrierschaltung 9 eingegeben. Wenn die elektrische Entladung erzeugt wird, steigt die Ausgangssignalwellenform P von der Entladungs-Detektionsvorrichtung 23 an. Die Integrierschaltung 9 wird rückgesetzt und der Zeitgeber 24 startet. Die Ausgangssignalwellenform P wird die Ausgangssignalwellenform Q. Die Integrierschaltung 9 integriert die Ausgangssignalwellenform C. Die Ausgangssignalwellenform C wird die Ausgangssignalwellenform F. Wenn die elektrische Entladung endet, fällt die von der Entladungs-Detektionsvorrichtung 23 ausgegebene Entladungsdetektion ab. Mit dem Abfall der Entladungsdetektionsausgabe geben der erste Komparator 29 und der zweite Komparator 31 Vergleichsergebnisse eines Vergleichs der Ausgabe von der Integrierschaltung 9 mit Referenzwerten der ersten Vergleichsreferenzwert-Erzeugungsvorrichtung 30 und der zweiten Vergleichsreferenzwert-Erzeugungsvorrichtung 32 (auf niedriger als der erste Referenzwert eingestellt) aus. Der erste Komparator 29 und der zweite Komparator 31 geben die Vergleichsergebnisse als die Ausgangssignalwellenform S und die Ausgangssignalwellenform T aus.

**[0077]** Die Kurzschluss-Detektionsvorrichtung 28 prüft den Spannungswert an dem Bearbeitungsspalt bei dem Abfall der Entladungsdetektionsausgabe. Die Kurzschluss-Detektionsvorrichtung 28 vergleicht den Spannungswert mit der Kurzschluss-Referenzspannung (vorzugsweise 15 Volt oder darunter) und gibt das Kurzschluss-Detektionssignal (U in [Fig. 6](#)) aus. Die Kurzschluss-Referenzspannung unterscheidet sich in Abhängigkeit von dem Elektrodenmaterial und ähnlichem, wie es die Bogenentladungsspannung tut. Daher gibt es keinen Standardwert für alle Fälle. Die Kurzschluss-Referenzspannung wird beispielsweise auf 15 Volt oder weniger und vorzugsweise auf 10 Volt oder weniger eingestellt, wenn die Elektrode 2 aus Graphitmaterial ausgebildet ist und das Werkstück Stahl ist.

**[0078]** Die Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung 40 detektiert die Spannung, die durch den Stromdetektionswiderstand R3 in [Fig. 2](#) fließt,

und gibt eine Spannungswellenform K entgegengesetzt zu der Entladespannung aus. Der Komparator 41 vergleicht die Referenzspannung Vc mit dem Ausgangssignal von der Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung 40. Wenn beurteilt wird, dass die ausgegebene VCP-Spannung von der Bearbeitungsspannungspegel-Detektionsvorrichtung 40 größer als die Referenzspannung Vc ist, wird der Entladepuls als anormaler Entladepuls beurteilt und wird das Ausgangssignal L ausgegeben. Die Referenzspannung Vc unterscheidet sich in Abhängigkeit von dem Elektrodenmaterial und ähnlichem. Daher gibt es keinen Standardwert. Wenn jedoch die Graphitelektrode Stahl bearbeitet, wird die Referenzspannung Vc derart eingestellt, dass sie der Referenzspannungswert äquivalent zu der Bearbeitungsspannung von 20 Volt bis 25 Volt ist. Alternativ dazu wird die Referenzspannung Vc auf einen Spannungswert äquivalent zu der Bearbeitungsspannung eingestellt, die 25% bis 30% der Zwischenelektroden-Leerlaufspannung (beispielsweise 80 Volt) der Haupt-Energieversorgung der Energieversorgungsschaltung ist.

**[0079]** Die Puls-Steuervorrichtung 43 erfasst die Entladepulse-Identifikationsausgaben von dem ersten Komparator 29, dem zweiten Komparator 31 und dem Komparator 41. Die Puls-Steuervorrichtung 43 erfasst auch die Identifikationsausgaben von der Kurzschluss-Detektionsvorrichtung 28. Die Identifikationsausgaben werden in zwei Typen von Identifikationsausgaben klassifiziert, die für jeden Puls anzeigen, ob der kurzgeschlossene Zustand vorhanden ist. Wenn der Pegel des Ausgangssignals von dem zweiten Komparator 31 "H" ist und das Ausgangssignal ausgegeben wird, wie es bei T angezeigt ist, wenn der Pegel des Ausgangssignals von der Kurzschluss-Detektionsvorrichtung 28 "L" ist (Entladepuls für keinen Kurzschluss), wie es bei U angezeigt ist, wird der Entladepulse basierend auf der Hochfrequenzkomponente als anormaler Entladepuls beurteilt. Die Puls-Auszeit wird zu  $T_{off} + \Delta T_{off}$  umgeschaltet. Wenn der Pegel des Ausgangssignals von dem Komparator 41 "H" ist und das Ausgangssignal ausgegeben wird, wie es bei L angezeigt ist, wird der Entladepuls basierend auf dem Bearbeitungsspannungspegel als anormaler Entladepuls beurteilt. Die Pulsbreiten der Entladespannung und des Entlade-Stroms werden abgeschnitten (O2 in [Fig. 6](#)). Weiterhin wird dann, wenn der Entladepuls der normale Entladepuls für keinen Kurzschluss ist, die Puls-Auszeit vor einer Änderung zu einem Einstellwert zurückgebracht. Wie es oben beschrieben ist, wird der Entladezustand aus der Hochfrequenzkomponente und dem Entladespannungspegel zusätzlich dazu beurteilt, ob der kurzgeschlossene Zustand vorhanden ist. Der Entladepuls wird für jeden Entladepuls optimal gesteuert.

**[0080]** [Fig. 7](#) ist ein Ablaufdiagramm des Betriebs

der in [Fig. 5](#) gezeigten Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48**. Der Betrieb der Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48** wird unter Bezugnahme auf [Fig. 6](#) beschrieben. Die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** gibt ein Signal, das "stabil" oder "instabil" anzeigt, bei jeder eingestellten Periode (beispielsweise einer Abtastzeit von 0,25 Sekunden) aus. Wenn die Puls-Auszeit gesteuert wird, kann auf eine Weise, bei welcher die Puls-Auszeit erweitert ist, beurteilt werden, ob der Bearbeitungszustand "stabil" oder "instabil" ist. In [Fig. 6](#) ist beispielsweise dann, wenn eine Steuerung durchgeführt wird, so dass die Puls-Auszeit  $\Delta T_{off} = T_{off}$  ist, die Puls-Auszeit  $(2 + 1 + 1)$ , wenn die Puls-Auszeit  $T_{off}$  als Grundlinie dient und 1 ist. Daher ist die durchschnittliche Puls-Auszeit  $(2 + 1 + 1)/3 = 1,33$ . Bei diesem Beispiel ist das Abschneiden des Entladepulses nicht in einer Berechnung der durchschnittlichen Puls-Auszeit enthalten. Die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** beurteilt den Wert. Wenn beispielsweise der Wert der durchschnittlichen Puls-Auszeit gleich oder größer als 1,6 ist, beurteilt die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** den Bearbeitungszustand als "instabil". Wenn der Wert der durchschnittlichen Puls-Auszeit kleiner als 1,6 ist, beurteilt die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** den Bearbeitungszustand als "stabil" (Schritt S1).

**[0081]** Wenn die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** den Bearbeitungszustand als "instabil" beurteilt, führt die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48** eine Vermeidungsoperation durch (Schritt S2). Beispielsweise werden die eingestellten Bearbeitungsbedingungen (wie beispielsweise eine Puls-Auszeit) deutlich abgeändert. Darauf folgend führt die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48** dann, wenn die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** den Bearbeitungszustand als "stabil" beurteilt, eine Rücksprungoperation zum Zurückbringen der Einstellung der Bearbeitungsbedingungen zu der ursprünglichen Einstellung, bevor die Vermeidungsoperation durchgeführt wird, durch (Schritt S3).

**[0082]** Wenn die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** den Bearbeitungszustand als "stabil" beurteilt und eine Ausgabe, die "stabil" anzeigt, ausgegeben wird, bis eine eingestellte vorbestimmte Zeit (beispielsweise 400 Abtastzeiten je 0,25 Sekunden) verstrichen ist (Schritt S4), führt die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48** eine Optimierungsoperation durch, um die eingestellten Bearbeitungsbedingungen (wie beispielsweise Zeit für ein Springen nach unten, Abstand für ein Springen nach oben und Puls-Auszeit) zu optimieren, um eine Bearbeitungseffizienz zu erhöhen (Schritt S5). Die Optimierungsoperation wird sequentiell von, beispielsweise, der Zeit für einen Elektrodensprung (so genannter "Jump") nach unten (Zähler  $J_d = J_d + 1$ ) über

den Abstand für einen Elektrodensprung nach oben (Anheben der Elektrode) (Zähler  $J_u = J_u - 1$ ) bis zur Puls-Auszeit (Zähler  $Off = Off - 1$ ) durchgeführt. Wenn die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** den Bearbeitungszustand während einer Periode (beispielsweise 24 Sekunden), die eingestellt ist, nachdem die Änderungen an der Bearbeitungsbedingung durchgeführt sind, als "stabil" beurteilt (Schritt S6), beurteilt die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48**, ob die Anzahl von normalen Entladepulsen, die durch den Zähler für gute/schlechte Pulse gezählt sind, gleich oder größer als ein vorbestimmter Koeffizient (beispielsweise 1,03 mal) ist. Die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48** beurteilt, dass die normalen Entladepulse sich erhöht haben, wenn die Anzahl normaler Entladepulse gleich oder größer als der vorbestimmte Koeffizient ist, und führt die Optimierungsoperation fort (Schritt S7).

**[0083]** Als Nächstes wird ein Beispiel einer Bearbeitungsleistungsfähigkeit unter Verwendung der Energieversorgung-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel beschrieben. [Fig. 8](#) ist eine Kurve von Bearbeitungszeitkurven, die einen Vergleich zwischen einer Bearbeitungsleistungsfähigkeit der Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung unter Verwendung der Energieversorgung-Steuervorrichtung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel und derjenigen unter Verwendung einer herkömmlichen zeigen. Eine Bearbeitung wird an einem Werkstück aus Stahl mit einer Graphitelektrode mit  $\phi 20$  Millimetern ohne Strahlensicherung unter Bearbeitungsbedingungen durchgeführt, dass ein Spitzenstromwert 25 Ampere ist, die Pulsbreite 192 Mikrosekunden ist, die Puls-Auszeit 115 Mikrosekunden ist, die Zeit für ein Springen nach unten 500 Millisekunden ist, der Abstand für ein Springen nach oben 1,4 Millimeter ist und eine Bearbeitungstiefe 20 Millimeter ist. Es ist klar, dass im Vergleich mit der herkömmlichen Bearbeitung mit elektrischer Entladung die Bearbeitung mit elektrischer Entladung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel bis zu einer vorbestimmten Tiefe innerhalb einer kürzeren Zeitperiode durchgeführt wird. Die Energieversorgung-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel steuert die Entladepulse für jeden Entladepuls optimal. Daher kann die Anzahl von normalen Entladepulsen erhöht werden. Der "instabile" Bearbeitungszustand kann durch eine geringere durchschnittliche Puls-Auszeit reduziert werden. Daher muss die Vermeidungsoperation, die zum temporären Vermeiden der Bearbeitungsbedingungen (Puls-Auszeit) durchgeführt wird, deutlich seltener ausgeführt werden. Die Bearbeitungsbedingungen können durch Operation zum Optimieren der Bearbeitungsbedingungen so eingestellt werden, dass die Bearbeitungsgeschwindigkeit maxi-

mal ist. Als Ergebnis kann die Bearbeitungseffizienz erhöht werden.

**[0084]** Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel werden Entladepulse und eine Puls-Auszeit gesteuert, direkt nachdem anormale Entladepulse klassifiziert und identifiziert sind; jedoch können Entladepulse und einen Puls-Auszeit gesteuert werden, wenn die Zahl klassifizierter und identifizierter Ausgangssignale einen vorbestimmten Wert erreicht. Anstelle einer Steuerung der Puls-Auszeit kann eine Steuerung durchgeführt werden, bei welcher eine erwünschte Menge an Spannungspulsen von Spannungspulsen subtrahiert wird, die an den Bearbeitungsspalt angelegt sind. Darüber hinaus können zusätzlich zur Puls-Auszeitsteuerung auch Bearbeitungsbedingungen, wie beispielsweise eine Zeit für einen Elektroden sprung (so genannter "Jump") nach unten und ein Abstand für einen Elektroden spruch nach oben (Anheben der Elektrode) gesteuert werden.

**[0085]** Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird der Bearbeitungszustand basierend auf der Durchschnitts-Puls-Auszeit während einer vorbestimmten Periode als "stabil" oder "instabil" beurteilt. Jedoch kann der Bearbeitungszustand basierend auf klassifizierten und identifizierten anormalen Entladepulsen oder auf der Anzahl anormaler Entladepulse als "stabil" oder "instabil" beurteilt werden.

### Drittes Ausführungsbeispiel

**[0086]** [Fig. 9](#) ist ein funktionelles Blockdiagramm eines relevanten Teils einer Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Ein Teilabschnitt des Diagramms ist ein Schaltungsdiagramm. In [Fig. 10](#) beziehen sich gleiche Bezugszeichen auf Teilabschnitte entsprechend denjenigen des zweiten Ausführungsbeispiels, das in [Fig. 5](#) gezeigt ist, und Erklärungen davon sind weggelassen. Bei der Energieversorgungs-Steuervorrichtung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist zusätzlich zu der Energieversorgungs-Steuervorrichtung gemäß dem in [Fig. 5](#) gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel eine Pulsschnittraten-Berechnungsvorrichtung (Pulsschnittraten-Berechnungseinheit) **50** vorgesehen.

**[0087]** Die Durchschnitts-Auszeit-Berechnungsvorrichtung (Durchschnitts-Auszeit-Berechnungseinheit) **45** bestimmt einen Durchschnitt von schwankenden Auszeitwerten des durch die Puls-Steuervorrichtung (Puls-Steuereinheit) **43** gesteuerten Entladepulses. Die Pulsschnittraten-Berechnungsvorrichtung (Pulsschnittraten-Berechnungseinheit) liest das Ausgangssignal von dem Komparator **41** und berechnet eine Rate, mit welcher ein durch die Puls-Steuervorrichtung **43** gesteuertes Abschneiden

einer Entladespannung auftritt. Der Zähler für gute/schlechte Pulse (Zähleinheit für gute/schlechte Pulse) **46** zählt die normalen Entladepulse, die Entladepulse sind, die als normal beurteilt worden sind. Die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung (Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungseinheit) **47** beurteilt, ob ein Bearbeitungszustand "stabil" oder "instabil" ist, durch die durchschnittliche Puls-Auszeit, die durch die Durchschnitts-Auszeit-Berechnungsvorrichtung **45** berechnet ist, und die Pulsschnittrate, die durch die Pulsschnittraten-Berechnungsvorrichtung **50** berechnet ist. Die Bearbeitungsbedingungen-Steuervorrichtung (Bearbeitungsbedingungen-Steuereinheit) **48** schaltet die Bearbeitungsbedingungen basierend auf einer Ausgabe von der Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** um.

**[0088]** [Fig. 10](#) ist ein Ablaufdiagramm des Betriebs der Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine in [Fig. 9](#) gezeigte Bearbeitungsvorrichtung mit elektrischer Entladung. Der Betrieb der Bearbeitungsbedingungen-Steuervorrichtung **48** wird unter Bezugnahme auf [Fig. 10](#) beschrieben. Die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** gibt ein Signal, das "stabil" oder "instabil" anzeigt, für jede eingestellte Periode (beispielsweise eine Abtastzeit von 0,25 Sekunden) aus. Wenn die Puls-Auszeit gesteuert wird, kann durch eine Weise, bei welcher die Puls-Auszeit erweitert ist, beurteilt werden, ob der Bearbeitungszustand "stabil" oder "instabil" ist. In [Fig. 6](#) ist beispielsweise dann, wenn eine Steuerung so durchgeführt wird, dass die Puls-Auszeit  $\Delta T_{\text{off}} = T_{\text{off}}$  ist, die Puls-Auszeit  $(2 + 1 + 1)$ , wenn die Puls-Auszeit  $T_{\text{off}}$  als Basislinie dient und 1 ist. Daher ist die durchschnittliche Puls-Auszeit  $(2 + 1 + 1)/3 = 1,33$ . Bei diesem Beispiel ist das Abschneiden des Entladepulses nicht bei einer Berechnung der durchschnittlichen Puls-Auszeit enthalten. Auf diese Weise wird die durchschnittliche Puls-Auszeit für jede eingestellte Periode (beispielsweise die Abtastzeit von 0,25 Sekunden) berechnet. Die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** beurteilt den Wert. Wenn beispielsweise der Wert der durchschnittlichen Puls-Auszeit gleich oder größer als 1,6 ist, beurteilt die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** den Bearbeitungszustand als "instabil". Wenn der Wert der durchschnittlichen Puls-Auszeit kleiner als 1,6 ist, beurteilt die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** den Bearbeitungszustand als "stabil" (Schritt S11).

**[0089]** Wenn der Entladepuls schnittgesteuert wird, kann durch einen Wert der Entladepulsschnittrate von der Pulsschnittraten-Berechnungsvorrichtung **50** beurteilt werden, ob der Bearbeitungszustand "stabil" oder "instabil" ist. Die Entladepulsschnittrate wird für jede eingestellte Periode (beispielsweise die Abtastzeit von 0,25 Sekunden) berechnet. In [Fig. 6](#) kann beispielsweise die Entladepulsschnittrate zu  $2/3 =$

0,67 (67%) berechnet werden. Die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** beurteilt den Wert. Die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** vergleicht den Wert mit Beurteilungs-Referenzwerten für "stabil" oder "instabil" und beurteilt, ob der Bearbeitungszustand "stabil" oder "instabil" ist (Schritt S11). Wenn beispielsweise die Entladepulsschnittrate gleich oder größer als 15% ist, wird der Bearbeitungszustand als "instabil" beurteilt. Wenn die Entladepulsschnittrate kleiner als 15% ist, wird der Bearbeitungszustand als "stabil" beurteilt ([Fig. 11](#)).

**[0090]** Wenn die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** den Bearbeitungszustand als "instabil" beurteilt, identifiziert die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48** einen Instabilitätstyp. Das bedeutet, dass beurteilt, ob der Bearbeitungszustand aufgrund der durchschnittlichen Puls-Auszeit oder aufgrund der Entladepulsschnittrate als "instabil" beurteilt wird (Schritt S12). Wenn der Bearbeitungszustand durch die durchschnittliche Puls-Auszeit als "instabil" beurteilt wird, führt die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48** eine erste Vermeidungsoperation durch (Schritt S13). Beispielsweise werden die eingestellten Bearbeitungsbedingungen nur geringfügig abgändert (beispielsweise wird die Puls-Auszeit verdoppelt [Zähler Off = Off + 1]). Gleichzeitig führt die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48** dann, wenn der Bearbeitungszustand durch die Entladepulsschnittrate als "instabil" beurteilt wird, eine zweite Vermeidungsoperation durch (Schritt S14). Beispielsweise werden die eingestellten Bearbeitungsbedingungen deutlich verändert werden (beispielsweise wird die Puls-Auszeit verdoppelt [Zähler Off = Off + 1] und wird die Zeit für einen Elektrodensprung (so genannter "Jump") nach unten auf 1/2 eingestellt [Zähler Jd = Jd - 1]). Darauf folgend führt die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48** eine Rücksprungoperation zum Zurückbringen der Einstellung der Bearbeitungsbedingungen zu der ursprünglichen Einstellung durch, bevor die Vermeidungsoperation durchgeführt wird (Schritt S15).

**[0091]** Gleichzeitig führt die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48** dann, wenn die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** den Bearbeitungszustand als "stabil" beurteilt und eine vorbestimmte Zeit (beispielsweise 400 Abtastzeiten je 0,25 Sekunden) verstrichen ist (Schritt S16), eine Optimierungsoperation zum Optimieren der eingestellten Bearbeitungsbedingungen (wie beispielsweise der Zeit für ein Springen nach unten, des Abstands für ein Springen nach oben und der Puls-Auszeit) durch, um eine Bearbeitungseffizienz zu erhöhen (Schritt S17). Die Optimierungsoperation wird sequentiell von, beispielsweise, der Zeit für einen Elektrodensprung (so genannter "Jump") nach unten (Zähler Jd = Jd + 1) über einen Abstand für einen Elektrodensprung nach oben (Anheben der Elektro-

de) (Zähler Ju = Ju - 1) bis zur Puls-Auszeit (Zähler Off = Off - 1) durchgeführt. Wenn die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungsvorrichtung **47** den Bearbeitungszustand während einer Periode (beispielsweise 24 Sekunden), die eingestellt ist, nachdem die Änderungen an der Bearbeitungsbedingung durchgeführt sind (Schritt S18), als "stabil" beurteilt, beurteilt die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48**, ob die Anzahl normaler Entladepulse, die durch den Zähler für gute/schlechte Pulse gezählt sind, gleich oder größer als ein vorbestimmter Koeffizient ist (wie beispielsweise 1,03 mal). Die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48** beurteilt, dass die normalen Entladepulse sich erhöht haben, wenn die Anzahl normaler Entladepulse gleich oder größer als der vorbestimmte Koeffizient ist, und führt die Optimierungsoption fort (Schritt S19).

**[0092]** [Fig. 11](#) ist ein Beispiel von Berechnungsergebnissen der Entladepulsschnittrate (Pulsschnittrate), die in der Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung mit elektrischer Entladung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel berechnet ist. Wenn die Entladepulsschnittrate (Pulsschnittrate) gleich oder größer als 15% ist, wird der Bearbeitungszustand als "instabil" beurteilt. Wenn die Entladepulsschnittrate (Pulsschnittrate) kleiner als 15% ist, wird der Bearbeitungszustand als "stabil" beurteilt.

**[0093]** Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird der Bearbeitungszustand basierend auf der Durchschnitts-Puls-Auszeit während einer vorbestimmten Periode als "stabil" oder "instabil" beurteilt. Jedoch kann der Bearbeitungszustand basierend auf klassifizierten und identifizierten anormalen Entladepulsen oder auf der Anzahl anormaler Entladepulse als "stabil" oder "instabil" beurteilt werden.

**[0094]** Weiterhin wird gemäß dem Ausführungsbeispiel basierend auf der Pulsschnitratens-Berechnungsvorrichtung **50** beurteilt, ob der Bearbeitungszustand "stabil" oder "instabil" ist. Jedoch kann die Pulsbreitenverteilung dadurch berechnet werden, dass der Entladepuls während eines Entladepulsschnitts getaktet wird, und kann basierend auf dem Pulsbreitenverteilungszustand beurteilt werden, ob der Bearbeitungszustand "stabil" oder "instabil" ist. Ein Beispiel eines Berechnungsergebnisses der Berechnung der Verteilung der Entladepulsbreite unter Verwendung der Energieversorgungs-Steuervorrichtung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist in den [Fig. 12](#) gezeigt. [Fig. 12-1](#) ist ein Beispiel einer Pulsbreitenverteilung, wenn eine Bearbeitung als instabil beurteilt wird. [Fig. 12-2](#) ist ein Beispiel einer Pulsbreitenverteilung, wenn eine Bearbeitung als stabil beurteilt wird. Eine Verschiedenheit kann zwischen den Pulsbreitenverteilungen während der stabilen Bearbeitung und der instabilen Bearbeitung während der eingestellten Periode (Abtastzeit von

0,25 Sekunden) gesehen werden, wie es in dem Diagramm gezeigt ist. Beispielsweise kann dann, wenn die Pulsbreite, die gleich oder kleiner als eine Hälfte der Pulsbreite ist, erzeugt wird oder wenn ein Verhältnis einer Pulsbreite, die gleich oder kleiner als eine Hälfte der Pulsbreite ist, einen eingestellten Wert (beispielsweise 5%) übersteigt, die Bearbeitung als instabil beurteilt werden. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel kann die durch die Bearbeitungsbedingungs-Steuervorrichtung **48** durchgeführte Optimierungsoperation sequentiell von der Zeit für einen Elektrodensprung (so genannter "Jump") nach unten über den Abstand für einen Elektrodensprung nach oben (Anheben der Elektrode) bis zur Puls-Auszeit durchgeführt werden. Jedoch kann die Optimierungsoperation basierend darauf durchgeführt werden, ob die drei Bearbeitungsbedingungsparameter in Abhängigkeit des Werkstücks geändert wurden.

## INDUSTRIELLE ANWENDBARKEIT

**[0095]** Die Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsanordnung mit elektrischer Entladung der vorliegenden Erfindung wird geeignet zum Steuern von Entladepulsen verwendet, die zu einer Bearbeitungsanordnung mit elektrischer Entladung zugeführt werden, die ein Werkstück zur Erzeugung von Pulsentladungen in einem Bearbeitungsspalt zwischen einer Bearbeitungselektrode und dem Werkstück, die einander gegenüberliegen, bearbeitet. Insbesondere ist die Energieversorgungs-Steuervorrichtung für eine Bearbeitungsanordnung mit elektrischer Entladung der vorliegenden Erfindung für eine Bearbeitungsanordnung mit elektrischer Entladung geeignet, bei welcher ein Bogenentladungs-spannungsabfall auf einfache Weise als Ergebnis einer anormalen Bogenentladung auftritt.

## Patentansprüche

1. Energieversorgungs-Steuervorrichtung, die einen zu einer Bearbeitungsanordnung mit elektrischer Entladung zugeführten Entladepuls steuert, die ein Werkstück durch Erzeugen einer Pulsentladung in einem Bearbeitungsspalt zwischen einer Bearbeitungselektrode und dem Werkstück bearbeitet, wobei die Energieversorgungs-Steuervorrichtung Folgendes aufweist:  
 eine Hochfrequenzkomponenten-Detektionseinheit (**4**, **5**, **9**), die eine Hochfrequenzkomponente einer Entladespannung an dem Bearbeitungsspalt detektiert;  
 eine Spannungspegel-Detektionseinheit (**40**), die einen Spannungspegel der Entladespannung detektiert;  
 eine Hochfrequenzkomponenten-Vergleichseinheit (**78**), die eine detektierte Hochfrequenzkomponente mit einer Referenz-Hochfrequenzkomponente vergleicht, um ein erstes Vergleichsergebnis zu erhalten;

eine Spannungspegel-Vergleichseinheit (**41**), die einen detektierten Spannungspegel mit einem Referenzspannungspegel vergleicht um ein zweites Vergleichsergebnis zu erhalten; und  
 eine Puls-Steuereinheit (**43**), die eine Puls-Auszeit, wobei die Puls-Auszeit ein Intervall zwischen Entladepulsen ist, basierend auf dem ersten Vergleichsergebnis steuert und einen Entladepuls basierend auf dem zweiten Vergleichsergebnis abschneidet.

2. Energieversorgungs-Steuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Puls-Steuereinheit (**43**) den Entladepuls abschneidet, wenn der detektierte Spannungspegel gleich dem Referenzspannungspegel oder kleiner als dieser ist.

3. Energieversorgungs-Steuervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Spannungspegel-Vergleichseinheit (**41**) den Referenzspannungspegel auf 25% bis 30% einer Zwischenelektroden-Leerlaufspannung einer Haupt-Energieversorgung einstellt.

4. Energieversorgungs-Steuervorrichtung nach Anspruch 1, die weiterhin eine Bearbeitungsbedingungs-Steuereinheit (**48**) aufweist, die eine Bearbeitungsbedingung zum Erhöhen einer Bearbeitungseffizienz bei einer stabilen Bearbeitung basierend auf einer Ausgabe der Puls-Steuereinheit (**43**) ändert.

5. Energieversorgungs-Steuervorrichtung nach Anspruch 4, die weiterhin eine Puls-Zähleinheit (**46**) aufweist, die eine Anzahl normaler Entladepulse zählt, wobei die Bearbeitungsbedingungs-Steuereinheit (**48**) die Bearbeitungsbedingung zum Erhöhen normaler Entladepulse basierend auf einer Ausgabe der Puls-Zähleinheit (**46**) ändert.

6. Energieversorgungs-Steuervorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, die weiterhin Folgendes aufweist: eine Durchschnitts-Auszeit-Berechnungseinheit (**45**), die eine durchschnittliche Puls-Auszeit basierend auf einer Ausgabe der Puls-Steuereinheit (**43**) berechnet; und  
 eine Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungseinheit (**47**), die einen Bearbeitungszustand unter Verwendung der durchschnittlichen Puls-Auszeit als ein erstes oder zweites Beurteilungsergebnis (STABIL, INSTABIL) beurteilt, wobei  
 die Bearbeitungsbedingungs-Steuereinheit (**48**) die Bearbeitungsbedingung basierend auf einem durch die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungseinheit (**47**) erhaltenen Beurteilungsergebnis (STABIL, INSTABIL) ändert.

7. Energieversorgungs-Steuervorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungseinheit (**47**) den Bearbeitungszustand als instabil beurteilt, wenn die durchschnittliche Puls-Auszeit einen vorbestimmten Wert übersteigt, und den Bearbeitungszustand als stabil beurteilt, wenn die

durchschnittliche Puls-Auszeit gleich dem vorbestimmten Wert oder kleiner als dieser ist.

8. Energieversorgungs-Steuervorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, die weiterhin Folgendes aufweist: eine Pulsschnittraten-Berechnungseinheit **(50)**, die eine Entladepulsschnittrate basierend auf einer Ausgabe der Puls-Steuereinheit **(43)** berechnet; und eine Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungseinheit **(47)**, die einen Bearbeitungszustand unter Verwendung der Entladepulsschnittrate als ein erstes oder zweites Beurteilungsergebnis (STABIL, INSTABIL) beurteilt, wobei die Bearbeitungsbedingungs-Steuereinheit **(48)** die Bearbeitungsbedingung basierend auf einem durch die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungseinheit **(47)** erhaltenen Beurteilungsergebnis (STABIL, INSTABIL) ändert.

9. Energieversorgungs-Steuervorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, die weiterhin Folgendes aufweist: eine Durchschnitts-Auszeit-Berechnungseinheit **(45)**, die eine durchschnittliche Puls-Auszeit basierend auf einer Ausgabe der Puls-Steuereinheit **(43)** berechnet; eine Pulsschnittraten-Berechnungseinheit **(50)**, die eine Entladepulsschnittrate basierend auf einer Ausgabe der Puls-Steuereinheit **(43)** berechnet; und eine Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungseinheit **(47)**, die einen Bearbeitungszustand unter Verwendung der durchschnittlichen Puls-Auszeit und der Entladepulsschnittrate als ein erstes oder zweites Beurteilungsergebnis (STABIL, INSTABIL) beurteilt, wobei die Bearbeitungsbedingungs-Steuereinheit **(48)** die Bearbeitungsbedingung basierend auf einem durch die Bearbeitungsstabilitäts-Beurteilungseinheit **(47)** erhaltenen Beurteilungsergebnis (STABIL, INSTABIL) ändert.

10. Energieversorgungs-Steuervorrichtung nach Anspruch 9, wobei wenn der Bearbeitungszustand basierend auf der durchschnittlichen Puls-Auszeit als instabil beurteilt wird, die Bearbeitungsbedingungs-Steuereinheit **(48)** die Bearbeitungsbedingung geringfügig ändert, und wenn der Bearbeitungszustand basierend auf der Entladepulsschnittrate als instabil beurteilt wird, die Bearbeitungsbedingungs-Steuereinheit **(48)** die Bearbeitungsbedingung deutlich ändert, wobei die deutliche Änderung eine weitergehende Änderung ist als die geringfügige Änderung.

Es folgen 19 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

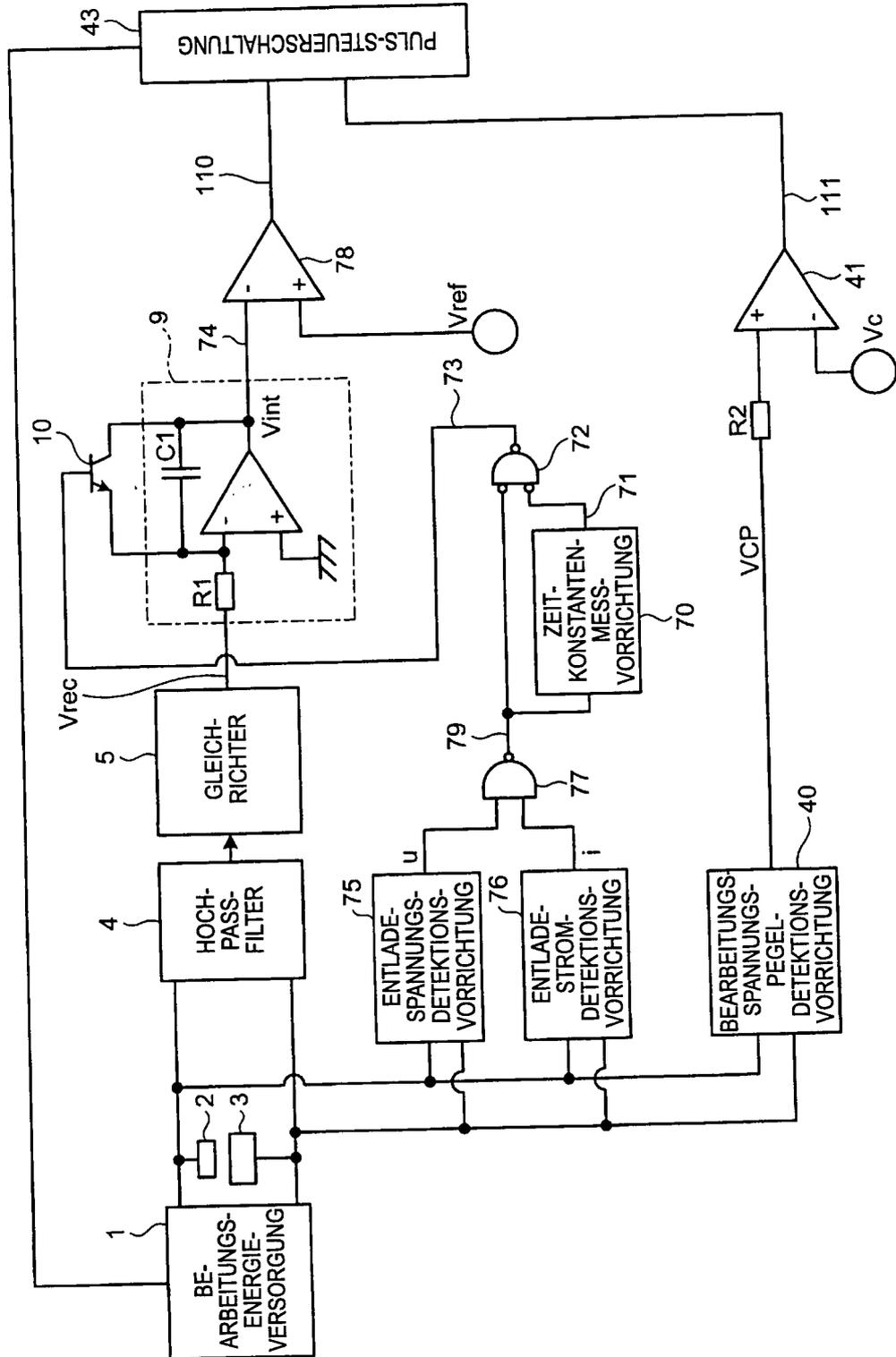


FIG.2

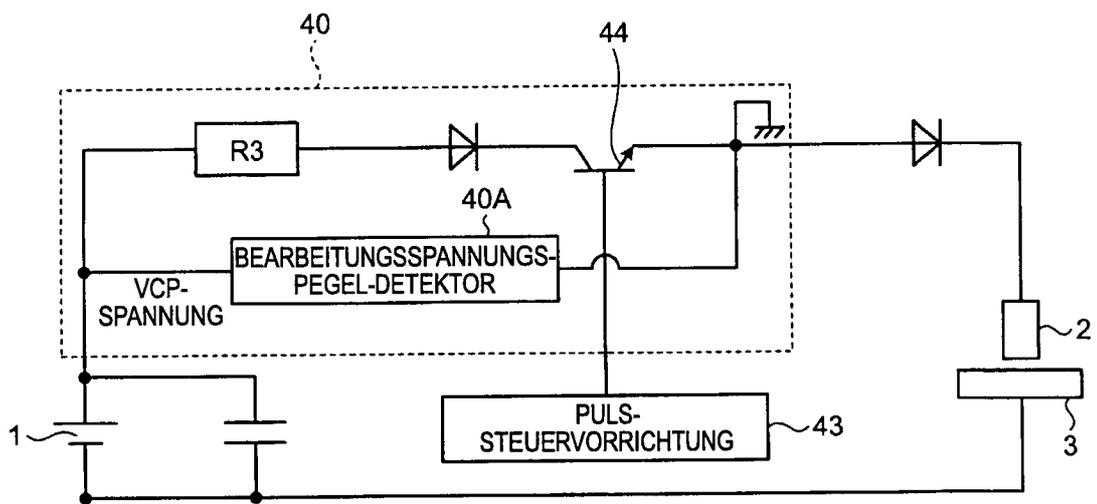


FIG.3

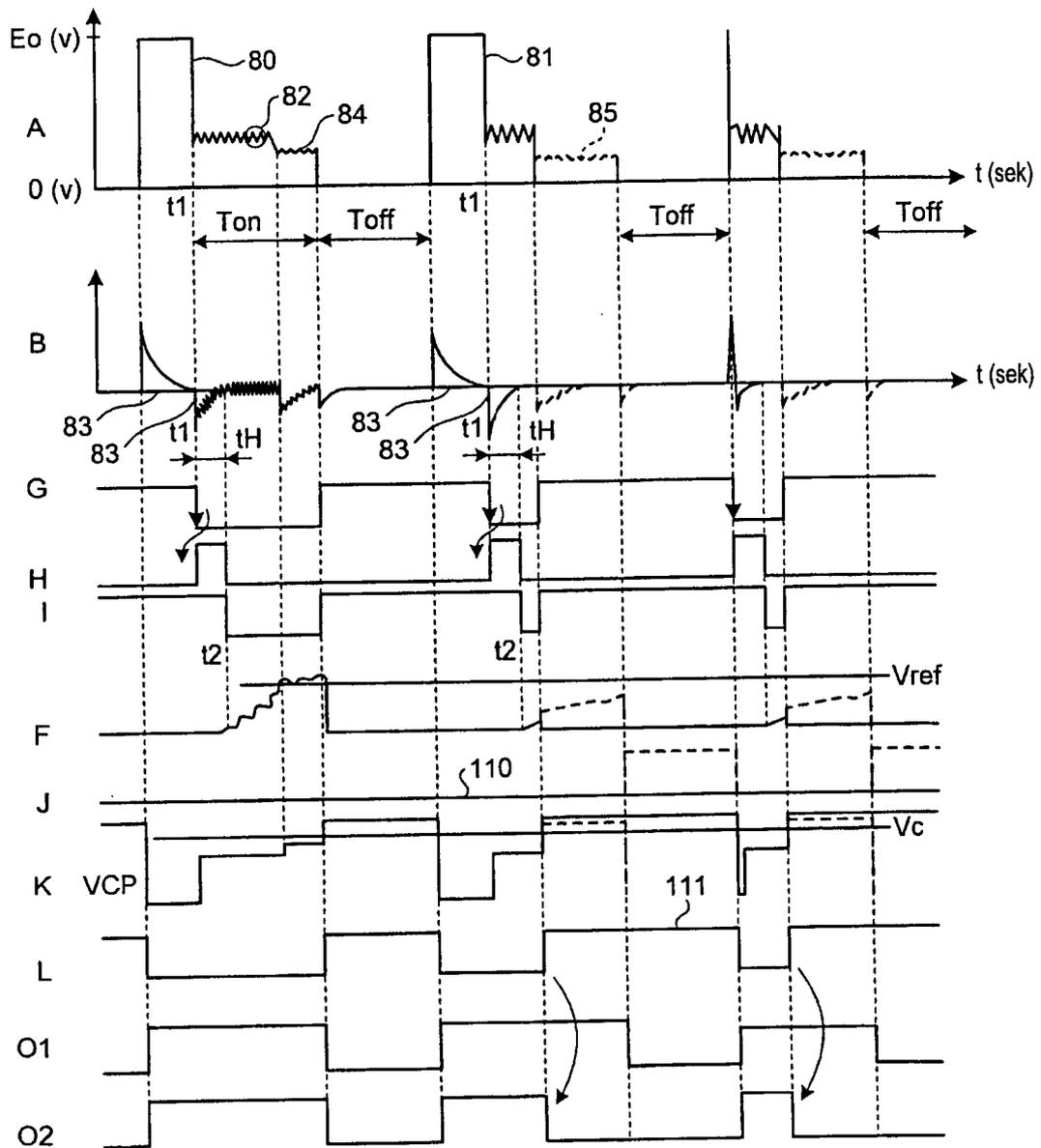


FIG.4-1

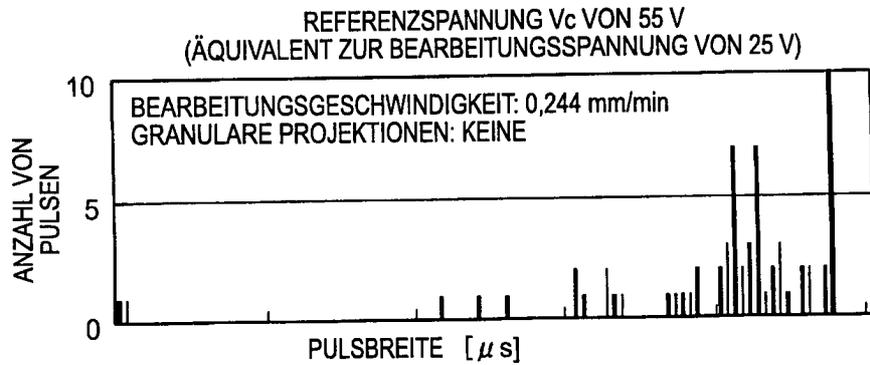


FIG.4-2

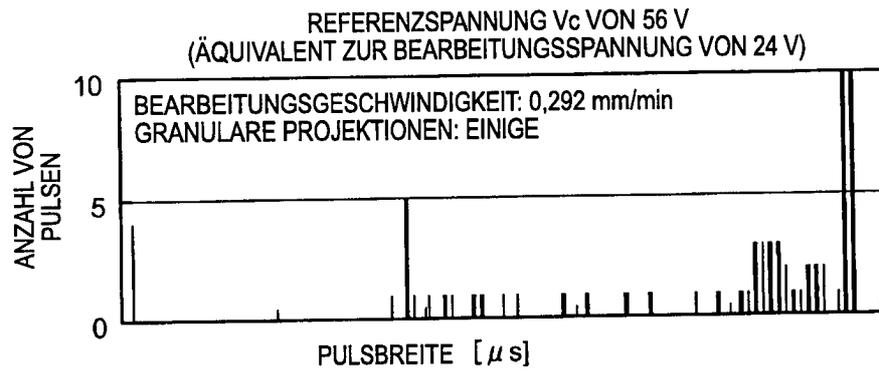


FIG.4-3

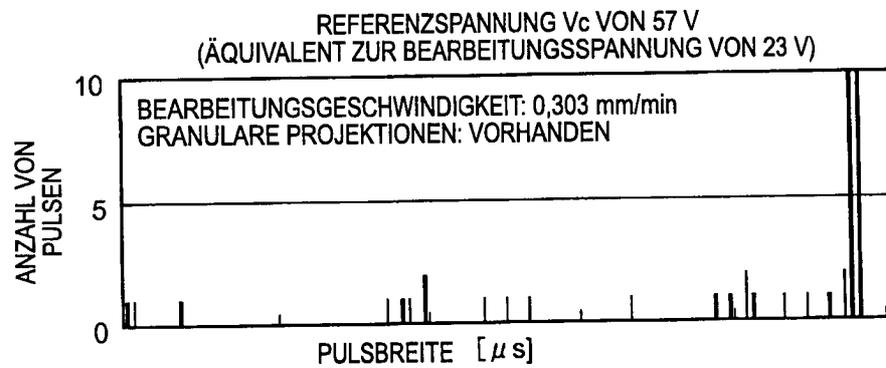




FIG.6

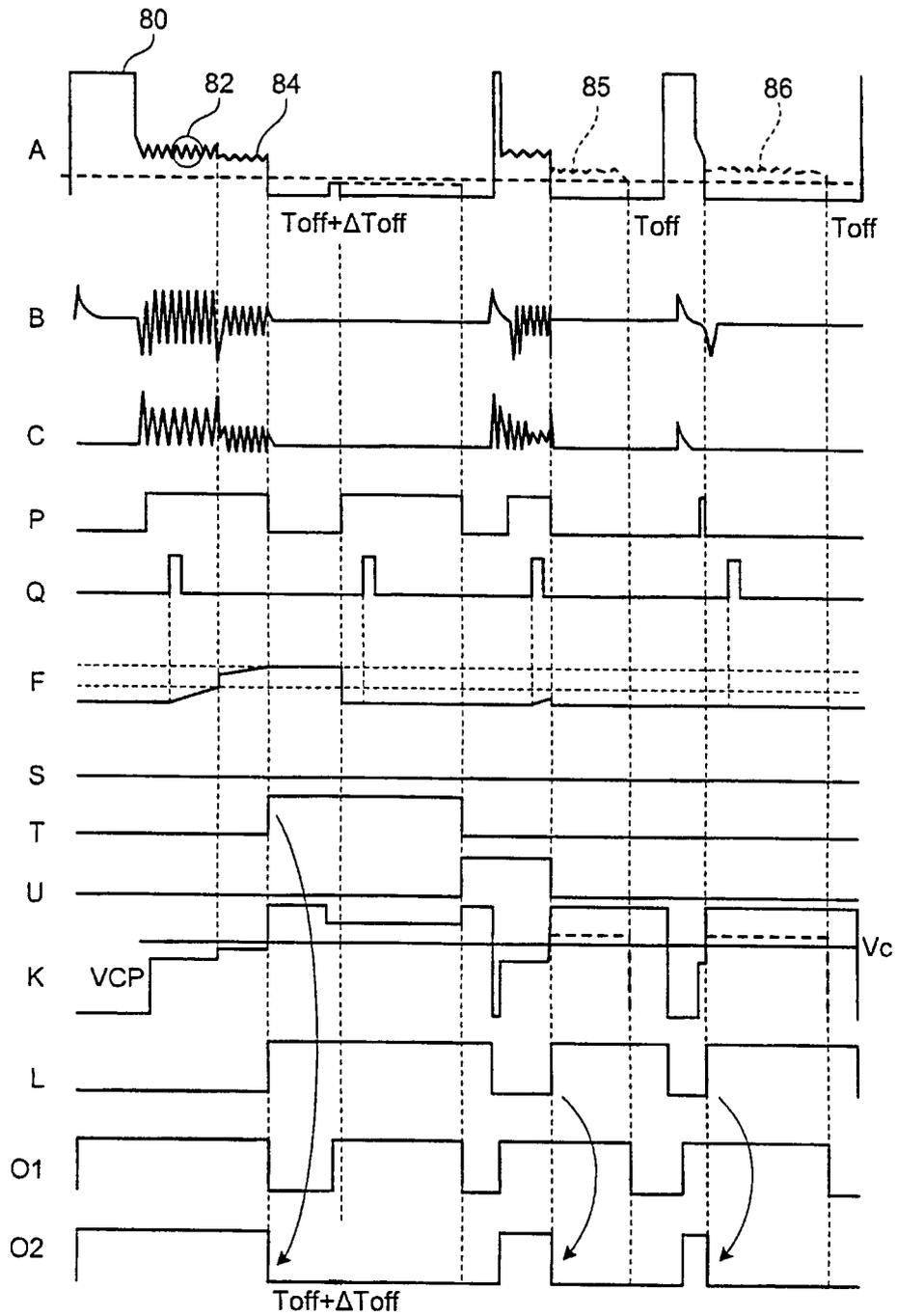




FIG.8

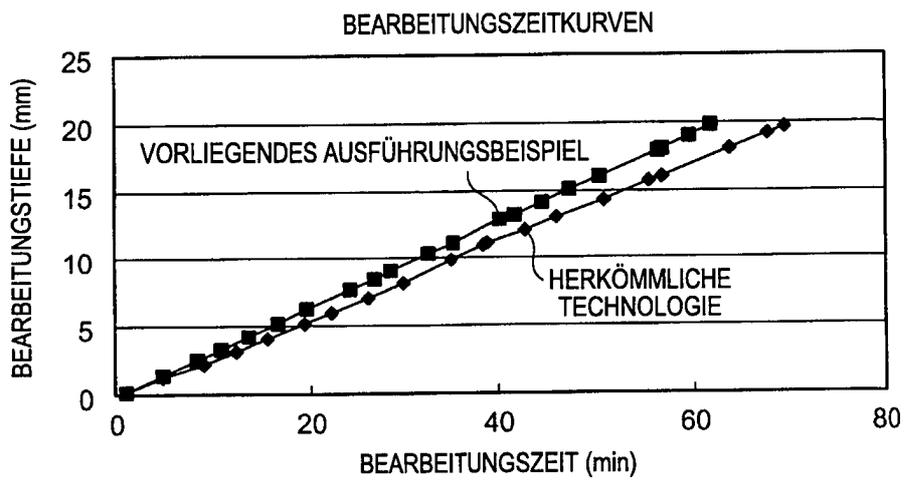


FIG.9

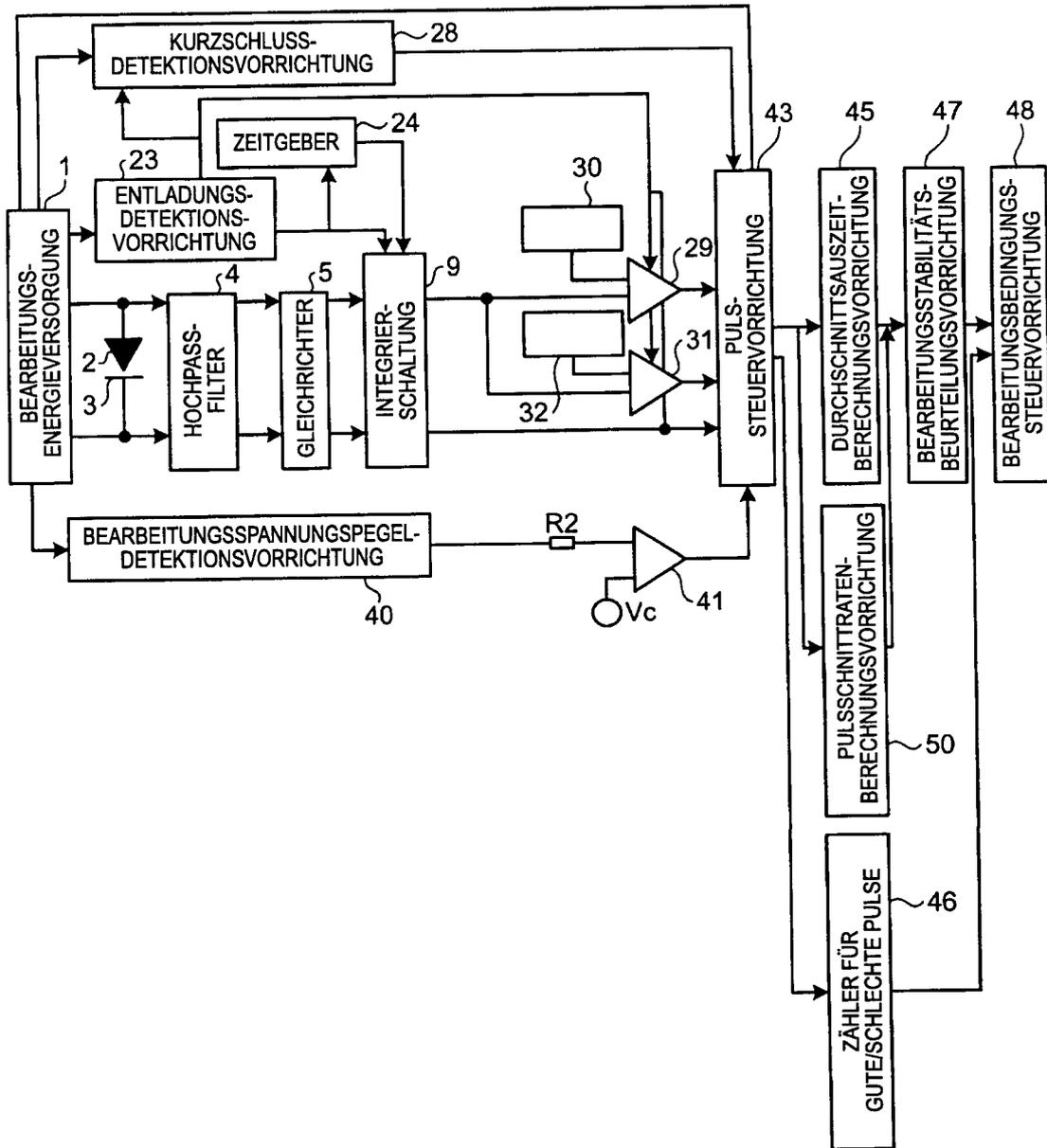


FIG.10

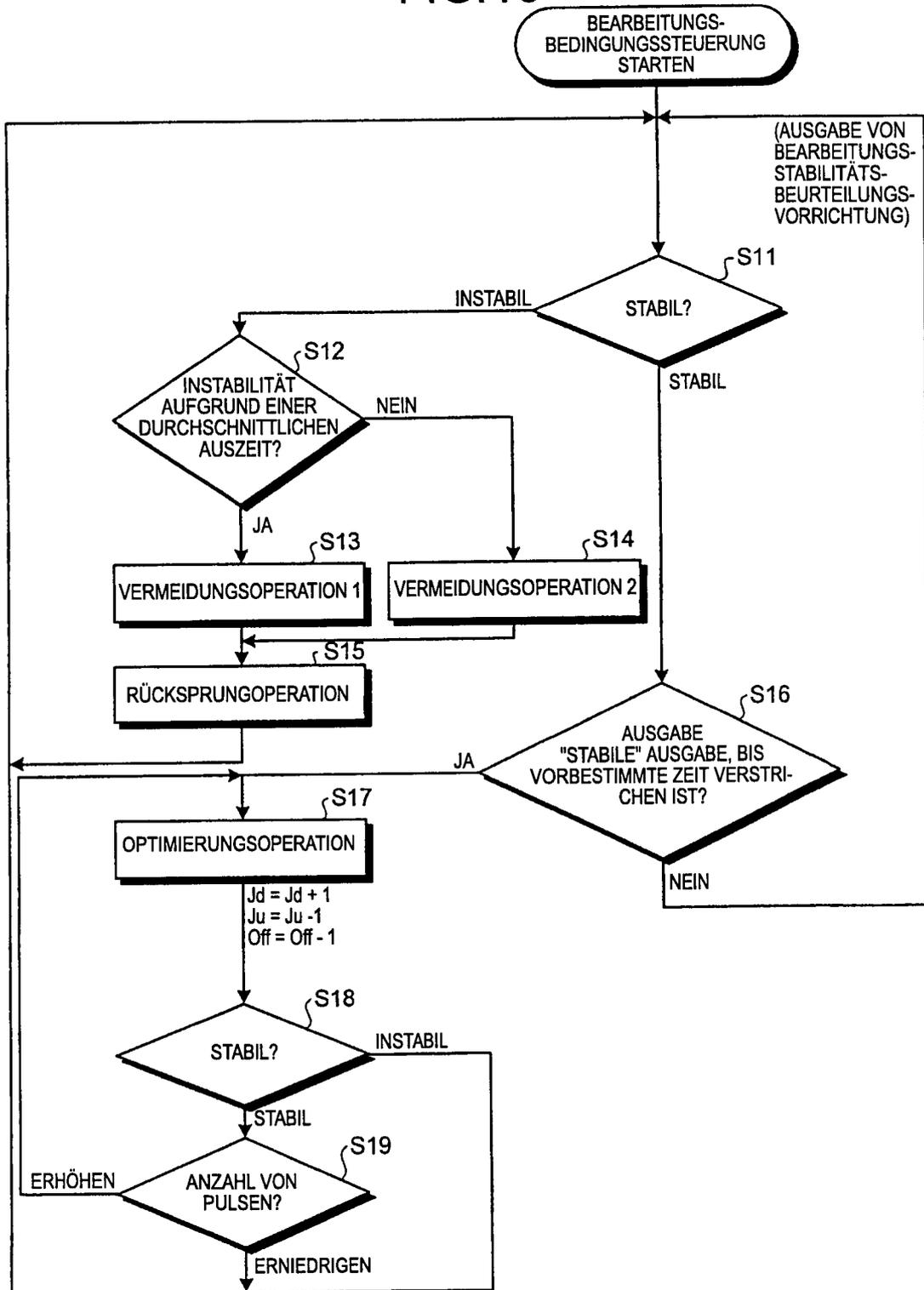


FIG.11

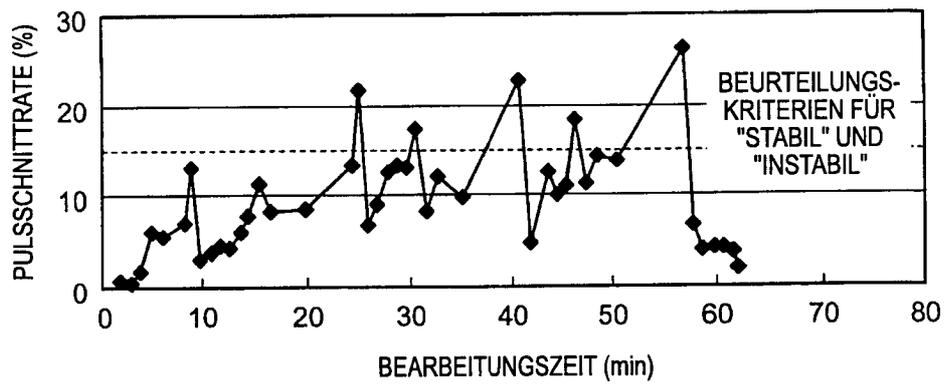


FIG.12-1

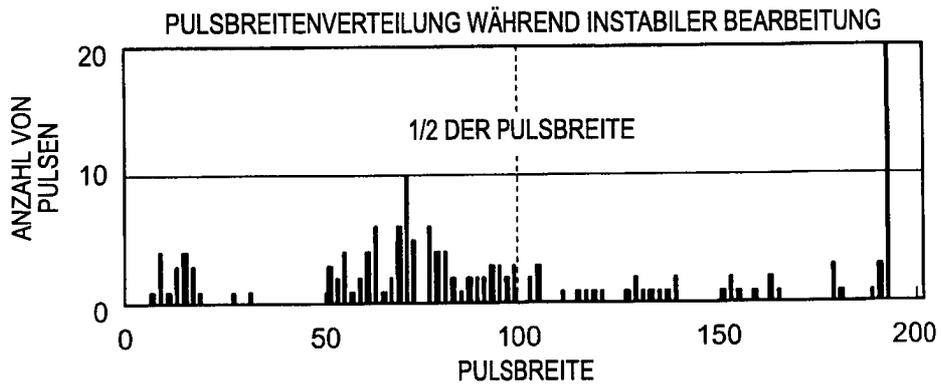


FIG.12-2

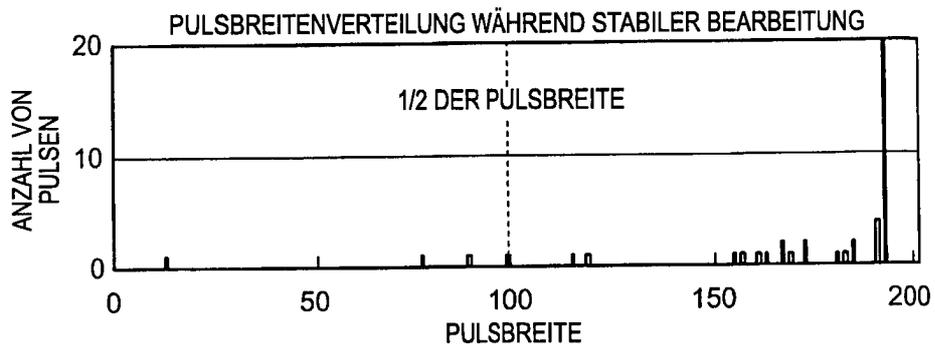


FIG. 13

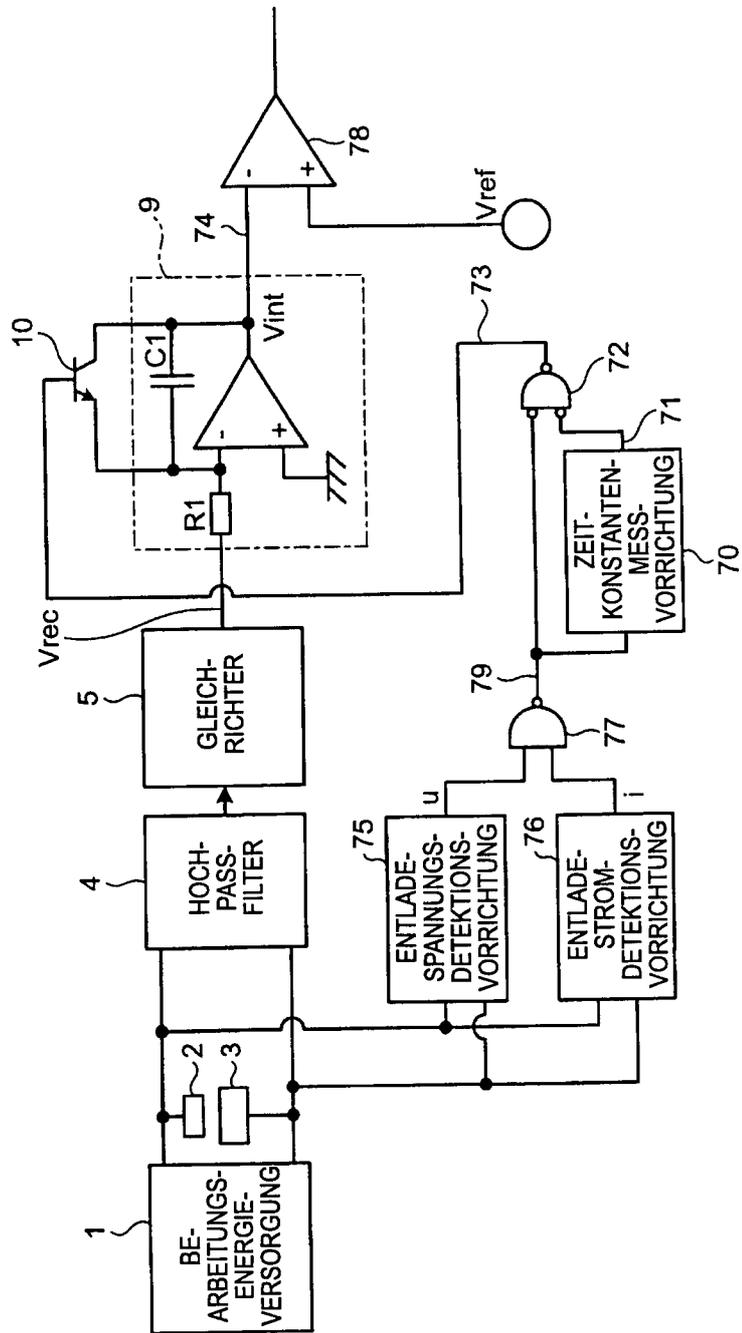


FIG.14

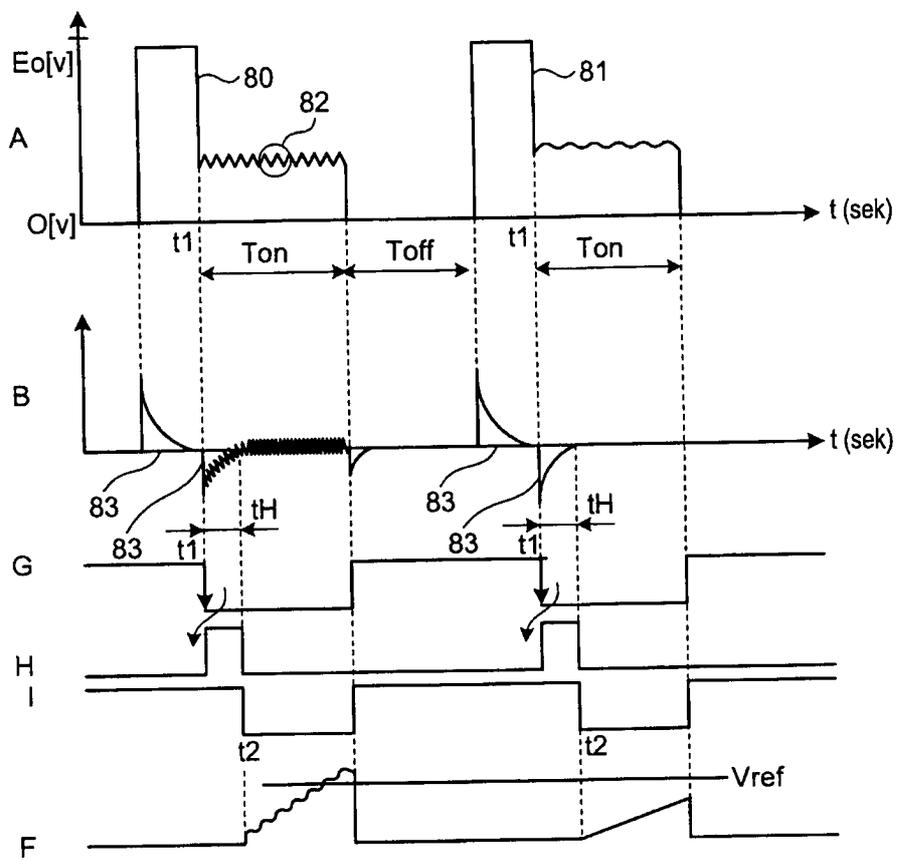


FIG.15

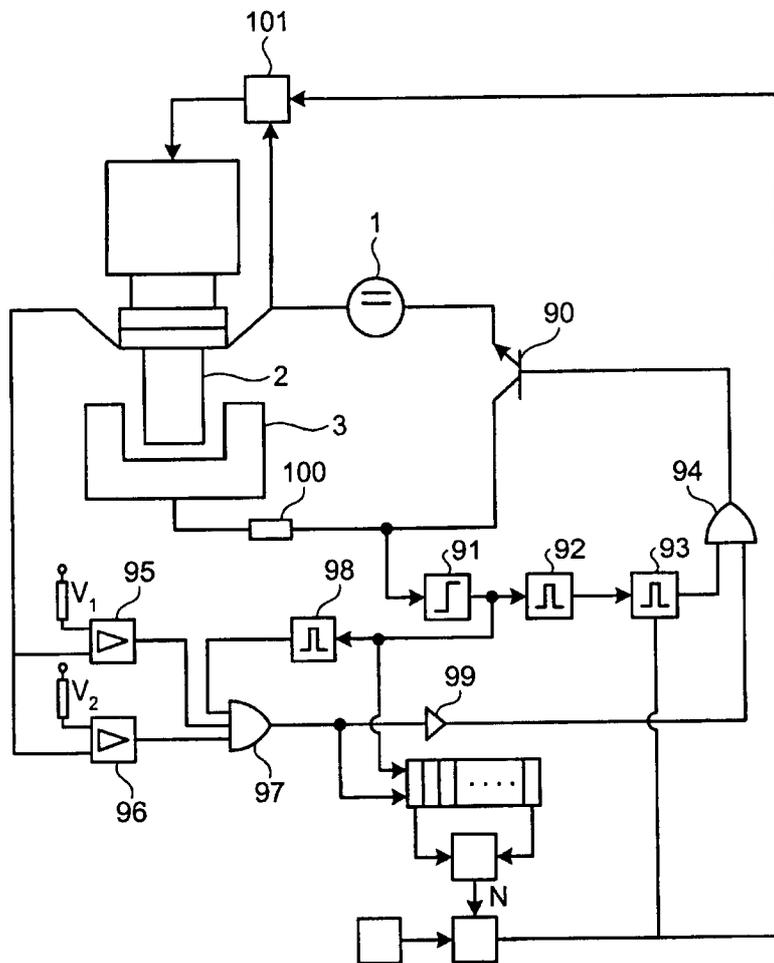


FIG.16

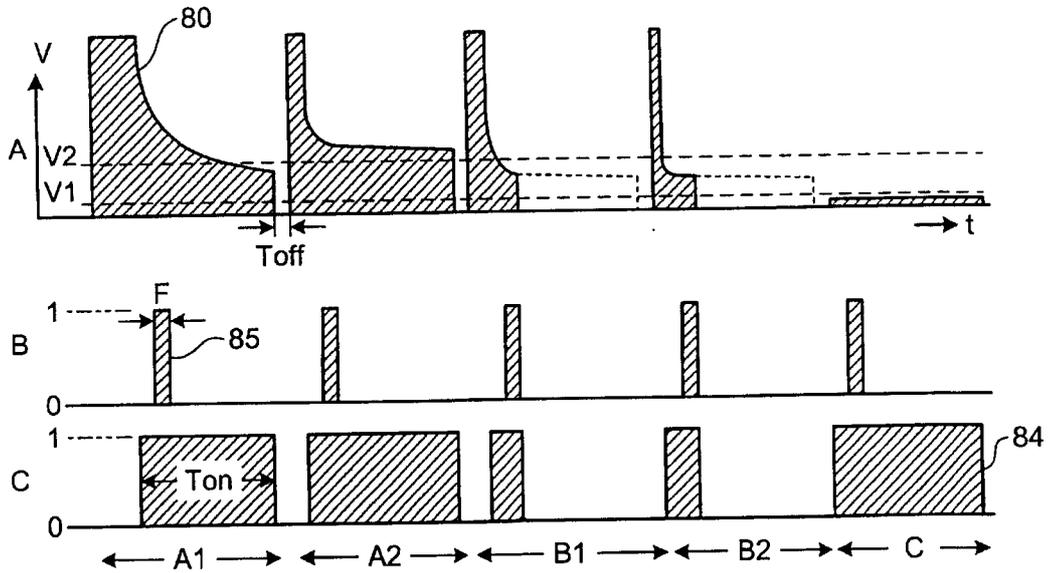


FIG.17

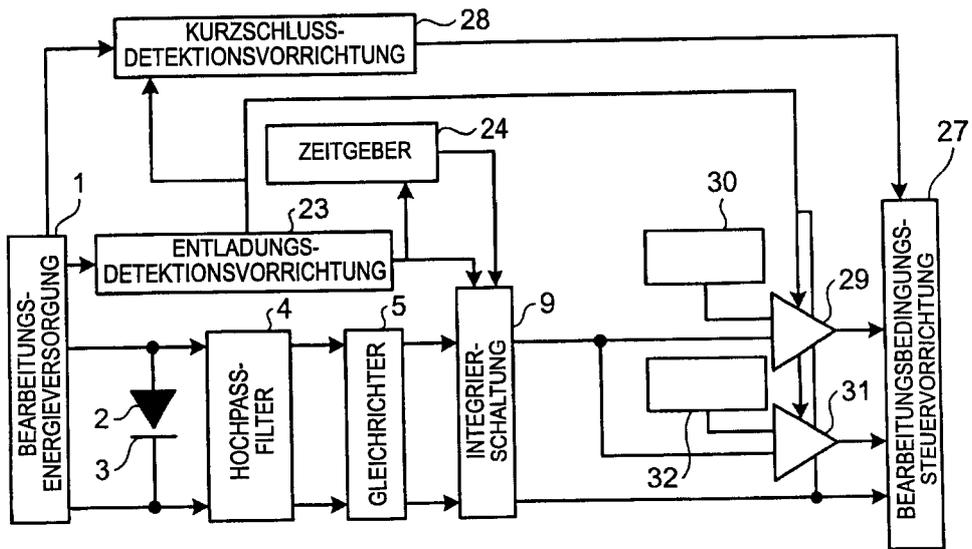


FIG.18

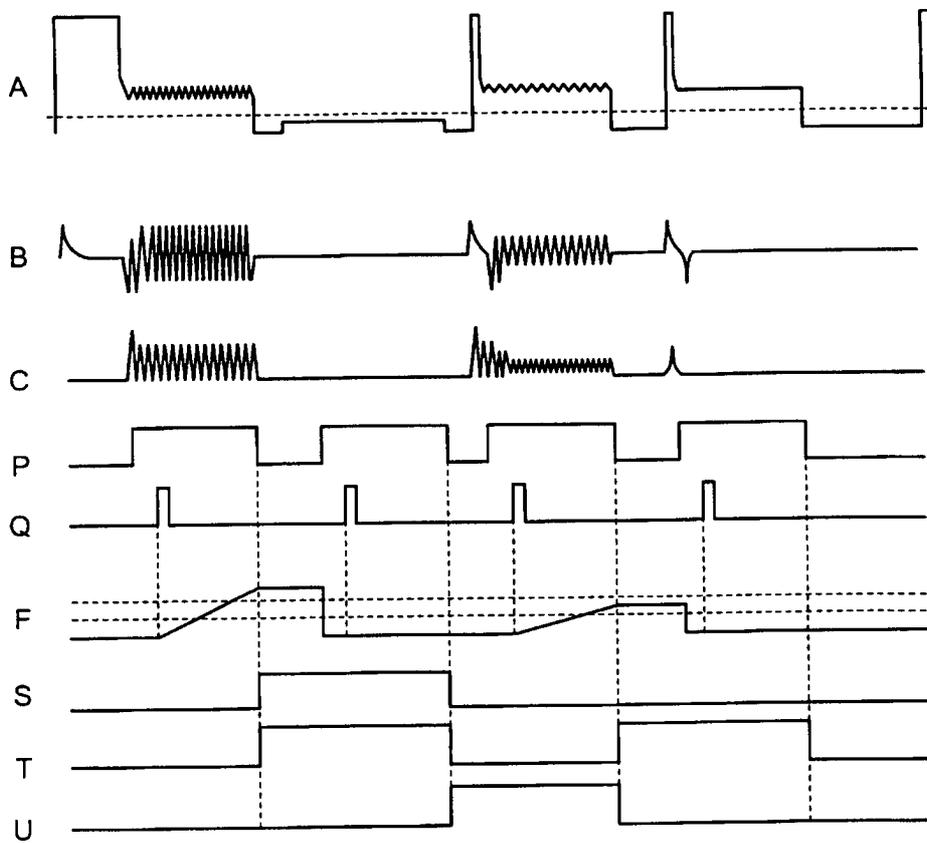


FIG.19

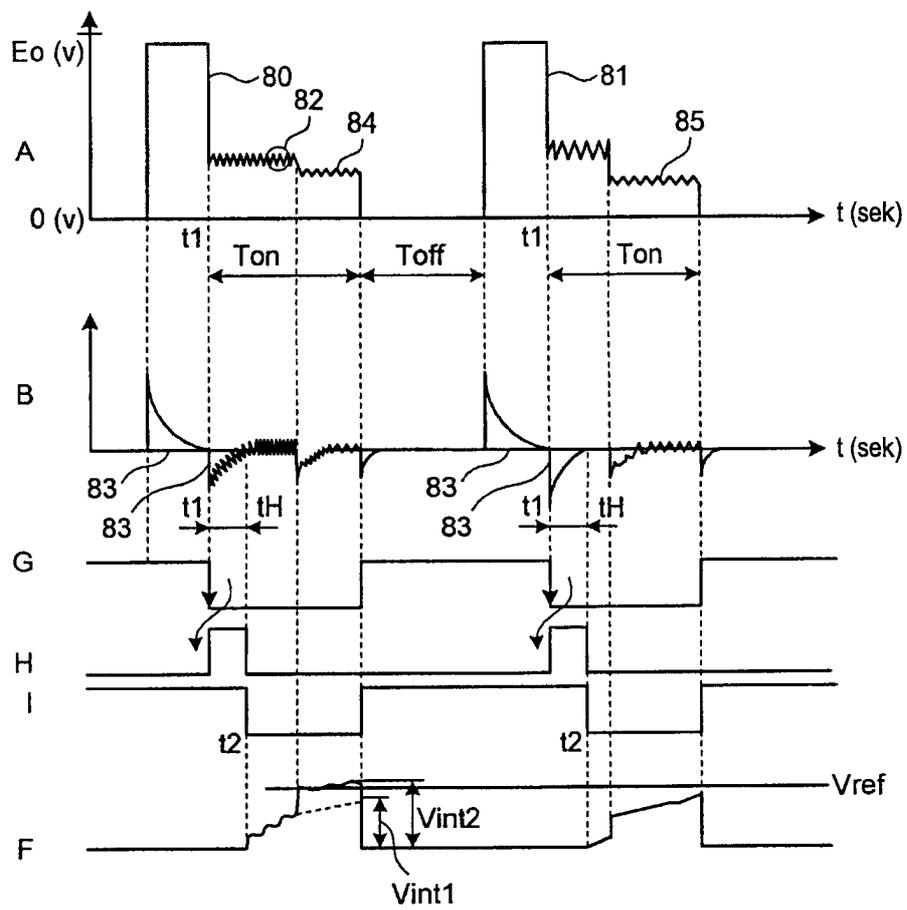


FIG.20

