



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 02658/95

22 Anmeldungsdatum: 20.09.1995

30 Priorität: 20.09.1994 JP A6-224 793

24 Patent erteilt: 14.02.2003

45 Patentschrift veröffentlicht: 14.02.2003

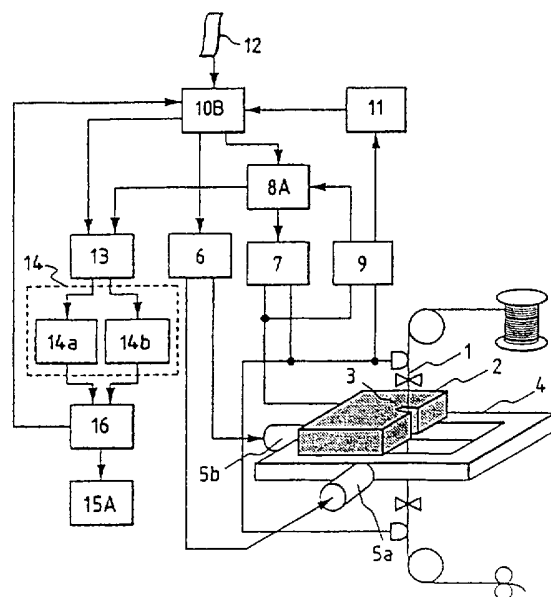
73 Inhaber:
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha,
2-3, Marunouchi 2-chome,
Chiyoda-ku/Tokyo (JP)

72 Erfinder:
Seiji Sato, Nagoya Seisakusho,
1-14, Yadaminami 5-chome, Higashi-ku,
Nagoya-shi, Aichi 461 (JP)
Hisashi Yamada, Nagoya Seisakusho,
1-14, Yadaminami 5-chome, Higashi-ku,
Nagoya-shi, Aichi 461 (JP)
Takuji Magara, Nagoya Seisakusho,
1-14, Yadaminami 5-chome, Higashi-ku,
Nagoya-shi, Aichi 461 (JP)
Yoshihito Imai, Sangyo System Kenkyusho,
1-1, Tsukaguchi-honmachi 8-chome,
Amagasaki-shi, Hyogo 661 (JP)
Tatsushi Sato, Sangyo System Kenkyusho,
1-1, Tsukaguchi-honmachi 8-chome,
Amagasaki-shi, Hyogo 661 (JP)

74 Vertreter:
Bovard AG, Optingenstrasse 16,
3000 Bern 25 (CH)

54 Funkenerosionsvorrichtung und Steuerverfahren dafür.

57 Beim Funkenerosionsvorrichtung kann die Menge der Stromimpulse, welche an einen Bearbeitungsspalt (3) angelegt werden, präzise ohne Nachweisverzögerung gemessen werden. Dabei wird das Vorkommen einer Fehlbearbeitung wie einem Bruch der Drahtelektrode (1) oder eines zentralen Lichtbogens vermieden. Beschrieben werden ebenfalls Steuerungsverfahren für die Vorrichtung.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Funkenerosionsvorrichtung und ein Verfahren zu deren Steuerung.

Die Fig. 22 zeigt eine Drahterodiervorrichtung gemäss dem Stand der Technik. In dieser Zeichnung haben die Bezugszeichen die nachstehend angegebene Bedeutung: 1 bedeutet eine Drahtelektrode, 2 bedeutet ein Werkstück, 3 bedeutet den Bearbeitungsspalt, welcher durch die Drahtelektrode 1 und das Werkstück 2 gebildet wird, 4 stellt einen Tisch dar, welcher das Werkstück 2 sichert, 5a stellt ein X-Achsenantriebsmotor dar, welcher den Tisch 4 in Richtung der X-Achse bewegt, 5b bezeichnet einen Y-Achsenantriebsmotor, welcher den Tisch 4 in Richtung der Y-Achse bewegt, 6 bezeichnet einen Achsenantriebssteuermittel, welches die X- und Y-Achsenantriebsmotoren 5a, 5b steuert, 7 stellt eine Bearbeitungsspeisung dar, welche den Bearbeitungsspalt 3 mit einem pulsierenden Entladungsstrom speist, 8 stellt einen Steuerstromkreis für die Bearbeitungsspeisung dar, welcher die Schaltoperationen der Bearbeitungsversorgung 7 steuert, 9 stellt einen Spannungsnachweisstromkreis dar, welcher eine Bearbeitungsspannung am Bearbeitungsspalt nachweist, 10 stellt einen numerischen Steuerapparat (NC) dar, in welchen NC-Programme eingegeben werden und von welchen die Achsenantriebsbefehle und die Parameterinformationen für die Bearbeitungsbedingungen ausgegeben werden, 11 stellt einen mittleren Spannungsnachweisstromkreis dar, welcher eine mittlere Spannung am Bearbeitungsspalt nachweist und 12 zeigt ein NC-Programm.

Fig. 23 zeigt Entladungswellenformen am Bearbeitungsspalt in einem üblichen Beispiel, wo 30a und 30b Entladungswellenformen darstellen und 31a und 32b Entladungsstromwellenformen bedeuten.

Es wird nun der Betrieb beschrieben. Gemäss den Parametern für die elektrischen Bearbeitungsbedingungen, welche im NC-Programm 12 oder im NC-Steuerapparat 10 vorgegeben sind, gibt das Steuergerät 10 diese Parameterinformation an den Steuerstromkreis 8 für die Bearbeitungsspeisung weiter. Auf Basis der genannten Parameter gibt der Steuerstromkreis der Bearbeitungsspeisung an die Bearbeitungsspeisung 7 ein Antriebssignal aus, welches eine vorbestimmte Stromspitze, Impulsbreite und Ausschaltzeit aufweist. Die Bearbeitungsstromversorgung 7 wird durch die Steuerung dieses Antriebssignals angetrieben und ein vorbestimmter Strompuls wird auf den Bearbeitungsspalt 3 abgegeben, um eine Bearbeitung durchzuführen. Der Spannungsnachweisstromkreis 9 weist die Bildung einer Entladung nach, entsprechend der Spannungswellenform am Bearbeitungsspalt 3, misst die Verzögerungszeit zwischen der Anwendung der Spannung auf dem Bearbeitungsspalt 3 und der Bildung einer Entladung (nachstehend als «Null-Ladungszeit» bezeichnet) und gibt das Resultat dieser Messung an den Steuerstromkreis 8 für die Bearbeitungsspeisung ab.

Wenn die Null-Ladungszeit von der Anwendung der Spannung auf dem Bearbeitungsspalt 3 bis zur

Bildung einer Entladung kurz ist, wie durch 30a in Fig. 23 (unmittelbare Entladung) angegeben, beurteilt der Steuerstromkreis der Bearbeitungsspannungsversorgung, dass der Bearbeitungsspalt nahezu in einem gestörten Zustand ist, wie Kurzschluss oder Lichtbogen, und liefert eine Stromwellenform mit einer kleinen Impulsbreite, einer kleinen Spitze, wie durch 31a angegeben (nachstehend als «kleiner Impuls» bezeichnet). Wenn hingegen die Null-Ladungszeit verhältnismässig lang ist, wie durch 30b angegeben, beurteilt der Steuerkreis 8 der Speisung sie als normale Entladung und liefert eine Stromwellenform mit grosser Impulsbreite und hohen Spitzen, wie durch 31b angegeben (nachstehend als «grosser Impuls» bezeichnet). Die in ihren Spitzen verschiedenen dreieckigen Wellenformen werden insbesondere häufig bei der Drahtschnitt-funkenerosionsbearbeitung verwendet. Durch Steuerung der Stromwellenform (wie dem Spitzenwert) durch den Entladungszustand kann das Brechen der Drahtelektrode oder dgl. verhütet werden, und die Bearbeitungsgeschwindigkeit kann stark verbessert werden. In Übereinstimmung mit der mittleren Spannung während der nachgewiesenen Bearbeitung durch den Nachweisstromkreis 11 der mittleren Spannung, gibt der NC-Steuerapparat 10 den Antriebsbefehl an die Achsenantriebssteuerapparate 6, welche dann den X-Achsenmotor und den Y-Achsenmotor antreiben, um eine Elektrodenzuführsteuerung (Achsenantriebssteuerung) auszuüben. Namentlich der NC-Steuerapparat 10 und der Achsensteuerapparat 6 üben die Steuerung aus, um die Elektrodenzuführgeschwindigkeit

(Achsenbewegungsgeschwindigkeit) zu erhöhen, wenn die mittlere nachgewiesene Spannung höher ist als ein vorbestimmter Wert und um die Elektrodenzuführgeschwindigkeit zu vermindern, wenn die nachgewiesene mittlere Spannung kleiner ist als der vorbestimmte Wert. Da die oben beschriebene konventionelle Funkenerosionsvorrichtung die ausgegebene Energiemenge während der Bearbeitung nicht nachweisen kann, besteht kein wirksames Mittel, um auf zuverlässige Weise eine Fehlbearbeitung nachzuweisen, wie durch Brechen der Drahtelektrode und zentrale Lichtbögen. Obschon die Bearbeitungsenergie während der Bearbeitung durch Nachweis der mittleren Spannung gefunden werden kann, konnte der konventionelle mittlere Stromnachweisstromkreis, welcher geglättete Signale für die Spannung und die Stromwellenformen im Bearbeitungsspalt verwendete, wegen der Nachweisverzögerung keine genaue Steuerung durchführen.

In Anbetracht des obigen wurde in der publizierten, nicht geprüften japanischen Patentanmeldung 62-19 322 ein Verfahren vorgeschlagen zur Verhütung des Bruches einer Drahtelektrode. Es wird eine Entladungsenergie erhalten, indem das Produkt und der Entladungsstrom und die Entladungsenergie proportional zum Bereich der Stromwellenform ist, auf Grund der Tatsache, dass die Entladungsspannung unverändert bleibt. Demzufolge wird zur Lösung des Problemes, falls eine Drahtschnittfunkenerosionsbearbeitung mittels einer Stromzufuhr durchgeführt wird, welche eine dreieckige Wellenform hat, gemäss der in der Beschreibung beschriebenen

konventionellen Methode ein der Impulsbreite des Impulssignals proportionales Signal von einem Impulssteuerstromkreis ausgegeben, welches das Ein-Aus der Schaltmittel steuert, quadriert wird, um unmittelbar den mittleren Bearbeitungsstrom zu erhalten. Wenn der mittlere Bearbeitungsstrom eines Entladungsimpulses einen Grenzstromwert, bei welchem die Drahtelektrode bricht, überschreitet, wird der Impulssteuerstromkreis so gesteuert, dass der mittlere Bearbeitungsstrom, welcher in den Bearbeitungsspalt fließt, reduziert wird, wobei verhindert wird, dass der Draht bricht.

Falls im Weiteren die Drahtschnittfunkenerosion bei hoher Geschwindigkeit, bei welcher eine drahtförmige Elektrode möglicherweise häufig bricht, durchgeführt wird, ist die Entladungsfrequenz eine sehr hohe Frequenz, z.B. von mehreren hundertern kHz, und demzufolge besteht ein Nachteil darin, dass ein arithmetisches Steuermittel erforderlich ist, welches fähig ist, eine Hochgeschwindigkeitsoperation innerhalb der Periode des Entladungsimpulssignales durchzuführen.

Es ist demzufolge Ziel der vorliegenden Erfindung, die genannten Probleme von konventionellen Funkenerosionsvorrichtungen zu beheben, indem eine elektrische Funkenerosionsvorrichtung und ein Steuermittel, welches einen äquivalenten Betrag zur Entladungsenergie ohne Nachweisverzögerung nachweisen kann.

Ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass eine Funkenerosionsvorrichtung und ein entsprechendes Steuerverfahren zur Verfügung gestellt werden, welches in zuverlässiger Weise das Brechen einer Drahtelektrode und die Bildung von konzentrierten Lichtbogen verhindert.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

In den beiliegenden Zeichnungen zeigt

Fig. 1 ein Diagramm, welches die Anordnung einer Drahterodiervorrichtung darstellt, welcher eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

Fig. 2 ein Diagramm, welches Einzelheiten eines Bildungsstromkreises für Impulsfolgen und einen Zählstromkreis gemäss der ersten Ausführungsform darstellt;

Fig. 3 ein Diagramm, welches die Arbeitsweise der ersten Ausführungsform erläutert;

Fig. 4 ein Diagramm, welches die Arbeitsweise der ersten Ausführungsform erläutert;

Fig. 5 ein Diagramm, welches die Arbeitsweise eines Anzeigegerätes in der ersten Ausführungsform darstellt;

Fig. 6 ein Diagramm, welches Einzelheiten einer Ausführungsform für den Stromkreis zur Erzeugung einer Impulsfolge und einen Zählstromkreis gemäss einer zweiten Ausführungsform darstellt;

Fig. 7 ein Diagramm, welches die Arbeitsweise der zweiten Ausführungsform darstellt;

Fig. 8 ein Diagramm, welches Einzelheiten einer Ausführungsform eines Stromkreises für die Erzeugung von Impulsfolgen und einen Zählstromkreis gemäss einer dritten Ausführungsform erläutert;

Fig. 9 ein Diagramm, welches die Arbeitsweise der dritten Ausführungsform erläutert;

Fig. 10 ein Diagramm, das die Einzelheiten einer alternativen Ausführungsform eines Stromkreises zur Bildung von Impulsfolgen und einen Fehlerstromkreis gemäss der dritten Ausführungsform erläutert;

Fig. 11 ein Diagramm, welches die Anordnung einer Drahterodiervorrichtung zeigt, welcher eine vierte Ausführungsform der Erfindung darstellt;

Fig. 12 ein Diagramm, welches die Anordnung einer fünften Ausführungsform erläutert;

Fig. 13 ein Diagramm, welches die Anordnung einer sechsten Ausführungsform erläutert;

Fig. 14(a) ein Zeitfolgediagramm, welches die Totale der Impulszahlen für aufeinander folgende Zeitsegmente von vorbestimmten Mengen T_p angibt, gemäss der Arbeitsweise einer siebenten Ausführungsform;

Fig. 14(b) Zeitfolgediagramme, welche das Zählen der Impulse innerhalb von jedem der vier Zeitsegmente einer vorbestimmten Anzahl T_p erläutert, gemäss der Arbeitsweise einer siebenten Ausführungsform,

Fig. 15(a) ein Zeitfolgediagramm, welches die Totale der Impulszahlen für aufeinander folgende Zeitsegmente eines vorbestimmten Betrages T_p erläutert, gemäss der Arbeitsweise einer achten Ausführungsform;

Fig. 15(b) Zeitfolgediagramme, die das Zählen der Impulse innerhalb von jedem der vier Zeitsegmente eines vorbestimmten Betrages T_p zeigt, gemäss der Arbeitsweise einer achten Ausführungsform;

Fig. 16 ein Diagramm, das die Anordnung einer neunten Ausführungsform zeigt;

Fig. 17(a) ein Zeitfolgediagramm, welches die Totale der Impulszahlen für aufeinander folgende Zeitsegmente eines vorbestimmten Betrages T_p zeigt, gemäss der Arbeitsweise einer neunten Ausführungsform;

Fig. 17(b) Zeitfolgediagramme, die das Zählen der Impulse innerhalb von jedem der vier Zeitsegmente eines vorbestimmten Betrages T_p erläutert, gemäss der Arbeitsweise der neunten Ausführungsform;

Fig. 18 ein Diagramm, das die Anordnung einer zehnten Ausführungsform erläutert;

Fig. 19(a) ein Zeitfolgediagramm, welches das Stoppsignal des Impulsintegrationsresultates während aufeinander folgenden Zeitperioden T_p zeigt, gemäss der Arbeitsweise der zehnten Ausführungsform;

Fig. 19(b) ein Zeitfolgediagramm, welches das Übertragungsstoppsignal gemäss der Arbeitsweise der zehnten Ausführungsform zeigt;

Fig. 20 ein Diagramm, welches die Anordnung einer elften Ausführungsform zeigt;

Fig. 21(a) und Fig. 21(b) Wellenformdiagramme, welche die Arbeitsweise der elften Ausführungsform zeigen;

Fig. 22 ein Diagramm, welches ein konventionelles Beispiel zeigt; und

Fig. 23 ein Diagramm, welches die Arbeitsweise eines konventionellen Beispiels zeigt.

Nachstehend werden die bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Eine erste Ausführungsform der Erfindung wird unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 5 beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine Drahtschnitt-Elektroerosionsmaschine gemäss einer ersten Ausführungsform. In dieser Zeichnung bezeichnet 1 eine Drahtelektrode, 2 bedeutet ein Werkstück, 3 steht für den Bearbeitungsspalt, welcher durch die Drahtelektrode 1 und das Werkstück 2 gebildet wird, 4 bezeichnet einen Tisch, welcher das Werkstück 2 absichert, 5a gibt einen X-Achsenantriebsmotor an, welcher den Tisch 4 in Richtung der X-Achse verschiebt; 5b bezeichnet einen Y-Achsenantriebsmotor, welcher den Tisch 4 in Richtung der Y-Achse verschiebt; 6 bedeutet eine Steuervorrichtung für den Achsenantrieb, welcher die Antriebsmotoren 5a, 5b für die X- und Y-Achse steuert, 7 bedeutet eine Bearbeitungsstromversorgung, welche den Bearbeitungsspalt 3 mit Entladungsstromimpulsen versorgt, 8a bedeutet Stromversorgungsstromkreis für die Bearbeitung, welcher die Schalteroperation der Stromversorgung 7 für die Bearbeitung steuert, 9 bedeutet einen Spannungsnachweisstromkreis, welcher die Bearbeitungsspannung am Bearbeitungsspalt nachweist, 10A bezeichnet einen NC-Steuerapparat, in welchen die NC-Programme eingegeben werden und von wo die Achsensteuerbefehle, die Parameterinformation für die Funkenerosionsbedingung, die Elektrodenzufuhrsgeschwindigkeit usw. ausgegeben werden. Im Weiteren empfängt der NC-Kontrollapparat ebenfalls eine Ausgabe eines Zählstromkreises 14, welcher später beschrieben ist, in solcher Weise, dass der Bearbeitungsstromspeisestromkreis 8A gesteuert wird. 11 bedeutet einen Nachweisstromkreis einer mittleren Spannung, welcher eine mittlere Spannung am Bearbeitungsspalt nachweist. 12 gibt ein NC-Programm an, 13 bezeichnet einen Stromkreis für die Bildung einer Impulsfolge, welcher eine Impulsfolge ausgibt, welche der Stromimpulsseite einer Stromimpulswellenform entspricht, welche an den Bearbeitungsspalt 4 angelegt wird, 14 stellt einen Zählkreis dar, welcher eine Anzahl der genannten Impulsfolgen, die innerhalb einer vorbestimmten Zeitperiode gebildet werden, integriert und 15 bezeichnet ein Anzeigegerät, welches die Messresultate des Zählkreises 14 zeigt.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform des genannten Stromkreises 13 für die Bildung einer Impulsfolge und einen Zählkreis 14, worin 20 einen Oszillator angibt, welcher ein Zeitsignal ausgibt, das als Referenzzeit für die Impulsfolge dient, 21 bedeutet einen Auswahlstromkreis für Gross-Klein-Impulsdaten, welcher die Impulsweisedaten von grossen und kleinen Impulsen vom NC-Steuergerät 10A empfängt, und welches ebenfalls ein Gross-Klein-Impulsauswahlsignal und ein Impulsbreitensignal vom Steuerstromkreis 8A von der Bearbeitungsstromversorgung empfängt und selektiv die Impulsbreitendaten von grossen und kleinen Impulsen ausgibt, welche durch den Bearbeitungsstromversorgungsstromkreis 8A ausgewählt werden, 22 einen UND-Stromkreis bezeichnet, welcher die Ausgaben des Oszillators 20 und des Anpassungsstromkreises 24 durch

UND verknüpft. 23 einen Zähler bezeichnet, welcher die Impulsfolgen zählt, welche durch den UND-Stromkreis 22 ausgegeben werden, 24 einen Anpassungsstromkreis angibt, welcher abschätzt, ob die Messwerte des Zählers 23 und der Impulsbreitendaten der kleinen/grossen Impulse passen oder nicht, 25 einen Abtaststromkreis bezeichnet, welcher eine vorbestimmte Zeit T_p setzt, wenn die Impulsfolgen, die durch den Stromkreis für die Bildung von Impulsfolgen 13 ausgegeben wird, gemessen werden, und 26 bezeichnet einen integrierenden Zähler, welcher die Impulsfolgen, welche durch den UND-Stromkreis 22 ausgegeben werden, zählt.

Fig. 3 zeigt Entladungswellenformen am Bearbeitungsspalt 3, Impulsbreitensignale, die durch den Steuerstromkreis 8A der Bearbeitungsspeisung ausgegeben werden, das Gross-Klein-Impulsauswahlsignal, die Zeitsignalausgabe durch den Oszillator 20, das Abtastausgabesignal, das durch den Abtaststromkreis 24 ausgegeben wird, und die Impulsfolgen, welche durch den Impulsfolgebildungsstromkreis 13 ausgegeben werden, worin 30a und 30b Entladungsspannungswellenformen angeben, 31a und 31b Entladungsstromwellenformen bezeichnen, 32a und 32b Impulsbreitensignale bezeichnen, welche die Impulsbreiten der Strompulse repräsentieren, welche an den Bearbeitungsspalt 3 abgegeben werden, 33 das Gross-Klein-Impulsauswahlsignal angibt, 34 das Zeitsignal bezeichnet, 35 das Abtaststromkreisausgabesignal bezeichnet und 36a und 36b die Impulsfolgen bezeichnen.

Fig. 4 zeigt eine Entladungswellenform am Bearbeitungsspalt 3, die Impulsfolgen, die durch den Impulsfolgebildungsstromkreis 13 ausgegeben werden und ein Zähler-Resetsignal, welches durch den Taststromkreis 25 ausgegeben wird, worin 37 die Entladungsspannungswellenform angibt, 38 die Impulsfolgen bezeichnet und 39 das Zähler-Resetsignal bezeichnet.

Zuerst werden die Arbeitsweisen des Impulsfolgebildungsstromkreises 13 und des Zählerstromkreises 14 unter Bezugnahme auf die Fig. 2 bis 4 beschrieben.

Wenn nämlich zwei verschiedene Stromwellenformen, ein grosser Impuls mit einer hohen Spitze und ein kleiner Impuls mit einer niederen Spitze den Bearbeitungsspalt 3 zur Bearbeitung des Werkstückes wie im konventionellen Beispiel zugeführt werden, gibt der Impulsfolgebildungsstromkreis 13 im folgenden Verfahren eine Impulsfolge aus, welche einer Ausgabe einer Stromimpulsbreite an die Bearbeitungsstromversorgung 7 durch den Steuerstromkreis 8A entspricht. Zuerst erhält der Stromkreis für die Auswahl der Gross-Klein-Impulsdaten 21 vom NC-Steuerstromkreis 10A die Impulsbreitendaten für die grossen und kleinen Impulse (z.B. im Fall, wenn der grosse Impuls 5 ist, ist der kleine 3). Im Weiteren erhält der Stromkreis 21 ebenfalls das Gross-Klein-Impulsauswahlsignal 33 (wenn der Steuerstromkreis 8A den grossen Impuls auswählt, wird das Signal «L» und wenn es den kleinen Impuls auswählt, wird das Signal «H») und das Impulsbreitensignal 32a und 32b des Steuerstromkreises 8A für die Bearbeitungsstromzufuhr, sodass der Steuerstromkreis 8A für die Bearbeitungsstromzufuhr die

Impulsbreitendaten auswählt, entsprechend dem grossen/kleinen Impuls beim Zeitpunkt des Auftretens der Führungskante des Impulsbreitensignals 32a und 32b, welches auf den Anpassungsstromkreis 24 angewandt wird.

Wenn z.B. «5» als Impulsbreitenmass des grossen Impulses festgesetzt wird und «3» als Impulsbreitenwert des kleinen Impulses festgelegt wird bei Funkenerosionsbedingungen und der Steuerstromkreis für die Bearbeitungsstromversorgung 8A den Stromimpuls der kleinen Spitze ausgewählt hat und der kleine Impuls wie durch 32a in Fig. 3 angegeben ist, wählt der Auswahlstromkreis 31 für die Gross-Klein-Impulsdaten «3» als Impulsbreitenwert aus und gibt den Impulsbreitenwert «3» an den Anpassungsstromkreis 24 aus. Andererseits wird im Fall, wo der Stromkreis 8A den Stromimpuls der hohen Spitze und der grosse Impuls wie durch 32b in Fig. 3 angegeben, ausgewählt hat, wählt der Auswahlstromkreis 21 der Gross-Klein-Impulsdaten «5» als Impulsbreitenwert aus und gibt einen Impulswert von «5» an den Anpassungsstrom 24 aus. In diesem Fall wird der Impulsbreitenwert vom Stromkreis 24 erfasst, bis entweder das nachfolgende Impulsbreitensignal 32a oder 32b darauf angelegt wird.

Der Koinzidenzstromkreis 24 vergleicht den Output des Zählers 23 (nach oben gezählter Wert) und den Output des Gross-Klein-Impulsdatenauswahlstromkreises 21 (Impulsbreitenwert). Bei ihrer Koinzidenz erzeugt der Stromkreis 24 einen Output von «L» an einen UND-Stromkreis 22, während er einen Output von «H» abgibt, als Output 35 eines Koinzidenzstromkreises zu einer Zeit, die von der Koinzidenz verschieden ist. Wenn der Output des Stromkreises 24 «H» ist, wird der Zähler 23 auf die Führungskante des Impulsbreitensignales 32a zurückgesetzt und beginnt mit dem Aufzählen des Outputs des Oszillators 20. Wenn der Wert des Zählers 23 mit dem Breitenwert des Impulses im Stromkreis 24 koinziiert, wird der Output des Stromkreises 24 auf «L» geschaltet. Daher wird der Output des UND-Stromkreises 22 beendet, nachdem eine Impulsfolge ausgegeben wurde, welche dem Impulsbreitenwert entspricht.

Falls z.B. «3» als Impulsbreitenwert im Koinzidenzstromkreis 24 vorgelegt wurde, wenn der Hinaufzählwert des Zählstromkreises 23 «3» wird, erhält der Output des Koinzidenzstromkreises 24 den Wert «L». Als Resultat gibt der Output des UND-Stromkreises 22 den Output der Impulsfolge von drei Impulsen, wie durch 36a angegeben, aus. Andererseits wird im Fall, wenn «5» als Impulsbreitenwert im Koinzidenzstromkreis 24 vorgegeben wird, wenn der Hinaufzählwert des Zählstromkreises 23 «5» erreicht, der Output des Koinzidenzstromkreises «L». Als Resultat gibt der Output des UND-Stromkreises 22 eine Impulsfolge von fünf Impulsen, wie durch 36b angegeben, ab. Demzufolge gibt der Stromkreis 13 für die Impulsfolgenbildung die Impulsfolge 36a oder 36b aus, gemäss der Impulsbreite des Gross/Kleinimpulses, welcher durch den Steuerstromkreis 8A für die Bearbeitungsstromversorgung ausgewählt wird.

Darauf gibt der Zählerstromkreis 14 den Impuls-

folgenoutput durch den Stromkreis 13 zur Impulsfolgenbildung an den Integrationszähler 26 im Zählstromkreis 14 ab und misst die Anzahl Impulse, die in den Impulsfolgen bei Intervallen von vorbestimmter Zeit enthalten sind. Diese vorbestimmte Zeit, T_p , wird durch den Abtaststromkreis 25 festgesetzt. Der Abtaststromkreis 25 gibt ein Resetsignal 39 ab, welches den Integrationszähler 26 zurücksetzt auf den Integrationszähler 26 bei Intervallen mit vorgeschriebener Zeit T_p . Der Integrationszähler 26, welcher die gemessenen Impulsfolgenwerte mittels des Resetsignales 39 zurücksetzt, misst die Anzahl Impulse, die in der Folge enthalten sind, welche innerhalb der vorgeschriebenen Zeit T_p gebildet wird. Wenn beispielsweise Entladungen, die Spannungsformen wie durch 37 angegeben aufweisen, am Bearbeitungsspalt 3 gebildet werden, gibt der Stromkreis 13 für die Bildung von Impulsfolgen entsprechende Impulsfolgen als Reaktion auf individuelle Ladungen aus, z.B. Impulsfolgen, wie durch 38 angegeben. Zu dieser Zeit erhält der Integrationszähler 26 die Impulsfolge 38 und das Resetsignal 39, das durch den Taststromkreis 25 ausgegeben wird, und misst die Anzahl Impulse, die in den gebildeten Impulsfolgen innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden.

Wie oben beschrieben kann die Menge der Stromimpulse, welche dem Bearbeitungsspalt 3 bei Intervallen vorbestimmter Zeit zugeführt werden, präzise ohne Nachweisverzögerung gemessen werden, da das Messresultat des Stromkreises 14 die Summe der Impulse ist, welche in den Impulsfolgen enthalten ist, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden und die Impulsfolgen der Stromimpulsbreiten entsprechen. Demzufolge kann die Menge der Ausgabeenergie, welche während der Bearbeitung angelegt wird, nachgewiesen werden, unter Voraussetzung von wirksamen Mitteln für eine zuverlässige Verhütung von falscher Bearbeitung, wie Bruch der Drahtelektrode und zentrale Lichtbogen.

Während in der vorliegenden Ausführungsform das Anlegen von Stromimpulsen mit zwei verschiedenen Spitzen an den Bearbeitungsspalt 3 beschrieben wird, erlaubt das Anwenden von Stromimpulsen, die eine einzige Spitze oder eine Vielzahl von Spitzen aufweisen, an den Bearbeitungsspalt 3 ebenfalls, dass die Menge von Stromimpulsen, welche an den Bearbeitungsspalt abgegeben werden, präzise ohne Nachweisverzögerung gemessen werden können. Insbesondere kann, wenn die Stromimpulse, welche in der vorliegenden Ausführungsform angewandt werden, eine einzige Spitze aufweisen, der Nachweis mit höherer Genauigkeit durchgeführt werden. Nun wird die Arbeitsweise des NC-Steuerungsapparates 10A beschrieben. Dieser NC-Steuerungsapparat 10A ändert die Parameter der elektrischen Bearbeitungsbedingung gemäss den Messresultaten des Zählkreises 14 und gibt die neuen Parameter an den Stromkreis 8A für die Bearbeitungsstromversorgung ab, um die elektrischen Bearbeitungsbedingungen festzulegen.

Der NC-Steuerapparat 10A operiert spezifisch wie nachstehend beschrieben. Wie oben beschrieben misst der Zählkreis 14 nämlich mit Intervallen

von vorbestimmter Zeit T_p die totale Anzahl der Impulse, welche in den Impulsfolgen vorhanden sind, welche der Impulsbreite der Stromimpulse entsprechen, die dem Bearbeitungsspalt 3 zugeführt werden und gibt die Resultate der Messung aus (totale Anzahl der Impulse, welche in den Impulsfolgen enthalten sind, die innerhalb der vorbestimmten Zeit gebildet werden) auf den NC-Steuerapparat 10A. Der NC-Steuerapparat 10A ändert und kontrolliert die Parameter der Bearbeitungsbedingungen, welche an den Steuerstromkreis 8A der Bearbeitungsstromversorgung abgegeben werden, gemäss den Messresultaten des Zählstromkreises 14.

Wenn z.B. die totale Anzahl der Impulse, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit in den Impulsfolgen gebildet werden, gross ist, beurteilt der NC-Steuerapparat 10A, dass die Energieausgabe an die Drahtelektrode hoch ist und ändert den Wertesatz der Parameter für die Bedingungen der Funkenerosion, wie ein Stromimpuls ausserhalb der Dauer, um die gesamte Anzahl von Impulsen zu reduzieren, welche in den Impulsfolgen enthalten sind, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden. Wenn hingegen die Gesamtanzahl Impulse, die in den Impulsfolgen enthalten sind, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit gebildet werden, klein ist, ändert der NC-Steuerapparat 10A den Wertesatz der Funkenerosionsbedingungsparameter, um die gesamte Anzahl der in den Impulsfolgen enthaltenen Impulsen, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit gebildet werden. Dies erlaubt den Nachweis der Menge der Stromimpulse (oder der Stromimpulsenergie) während der Bearbeitung und der Stromimpulse (oder Stromimpulsenergie) Output, welcher gemäss den Bedingungen für die Funkenerosion gesteuert werden muss, wobei eine falsche Bearbeitung, wie bei einem Elektrodendrahtbruch und bei zentralen Lichtbogen zuverlässig verhindert werden kann.

Die Arbeitsweise der Anzeigevorrichtung 15 wird nun beschrieben.

Wie oben beschrieben misst der Zählstromkreis 14 in Intervallen von vorbestimmter Zeit die Gesamtanzahl von Impulsen, welche in den Impulsfolgen enthalten sind, entsprechend der Impulsbreite der Stromimpulse, welche an den Bearbeitungsspalt 3 angelegt werden, und gibt die Messresultate aus (Gesamtanzahl von Impulsen, die in Impulsfolgen enthalten sind, welche innerhalb vorbestimmter Zeit gebildet werden) an die Anzeigevorrichtung 15. Die Anzeigevorrichtung 15 zeigt die Messresultate des Zählstromkreises 14 als Energieoutput während der Bearbeitung.

Wie z.B. in Fig. 5 gezeigt ist, werden drei farbige (weisse, grüne, rote) LED verwendet, um ein Energiemessgerät für den Output zu bilden, und (1) die weisse LED wird erleuchtet, um die niedere Ausgabeenergie anzuzeigen; (2) die grüne LED wird gezündet, um eine korrektere Output-Energie anzuzeigen; und (3) die rote LED wird gezündet, um anzuzeigen, dass die Ausgabeenergie exzessiv ist (die Bruchlimite der Drahtelektrode überschreitet), um dem Betreiber zu ermöglichen, dass er leicht abschätzen kann, ob die vorgegebenen Wertesätze der Parameter für die Funkenerosionsbedingungen,

wie der Spitzenwert, die Auszeit usw., der Stromimpulse zweckmässig sind, wobei es möglich ist, dass ein Vorkommen eines Drahtbruches verhütet wird. Zusätzlich können die elektrischen Bearbeitungsbedingungen leicht ausgewählt werden, um die Last des Betreibers zu vermindern.

Da die Arbeitsweise der anderen Stromkreiskomponenten in der ersten Ausführungsform im Wesentlichen die gleichen sind wie diejenigen von konventionellen, wird demzufolge eine detaillierte Erklärung ausgelassen.

Die zweite Ausführungsform der Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die Fig. 6 und 7 beschrieben.

Fig. 6 zeigt Modifikationen eines Stromkreises für die Bildung von Impulsfolgen 13 und des Zählstromkreises 14 in der ersten Ausführungsform, worin 20 bis 26 identische oder entsprechende Teile bezeichnen, wie diejenigen der ersten Ausführungsform. 27 gibt einen Verzögerungsstromkreis an, welcher das Impulsbreitensignal in solcher Weise verzögert, dass der Stromkreis 13 für die Bildung der Impulsfolge die Impulsfolge erfolgt, nachdem die Zufuhr des Bearbeitungsstroms beendet wurde.

Fig. 7 zeigt Entladungswellenformen am Bearbeitungsspalt 3 in einer zweiten Ausführungsform, die Impulsbreitensignale, welche durch den Steuerstromkreis 8A der Bearbeitungsstromversorgung ausgegeben werden, das Gross-Klein-Impulsauswahlsignal, verzögerte Signale, welche durch den Verzögerungsstromkreis 27 ausgegeben werden, die Zeituhrsignalausgabe durch den Oszillator 20, das Anpassungsstromkreisausgabesignal, das durch den Anpassungsstromkreis 24 ausgegeben wird, und die Impulsfolge, welche durch den Stromkreis 13 für die Bildung der Impulse ausgegeben wird, worin 30a und 30b die Entladungsspannungswellenformen angeben, 31a und 31b die Entladungsstromwellenformen bezeichnen, 32a und 32b die Impulsbreitensignale bedeuten, welche die Impulsbreiten der Stromimpulse verkörpern, welche an den Bearbeitungsspalt 3 abgegeben werden, 40a und 40b die Impulszeitensignalverzögerung darstellen, 33 das Gross-Klein-Impulsauswahlsignal darstellt, 34 das Zeituhrsignal bedeutet, 35 das Anpassungsstromkreisausgabesignal bedeutet und 41a und 41b die Impulsfolgen angeben.

Die Arbeitsweise wird nun beschrieben. Wenn, wie in der ersten Ausführungsform, zwei verschiedene Stromwellenformen von grossen Impulsen mit hohen Spitzen und kleine Impulse mit kleinen Spitzen an den Bearbeitungsspalt 3 angelegt werden, um das Werkstück zu bearbeiten, erhält der Verzögerungsstromkreis 27 das Impulsbreitensignal und verzögert das Impulsbreitensignal, wie dies durch 40a oder 40b angegeben ist, um den Einfluss des Rauschens, das während der Stromimpuls ausgegeben wird, zu vermeiden, und um die Impulsfolge auszugeben, nachdem die Versorgung des Bearbeitungsstromes unterbrochen worden ist. Unter Verwendung des verzögerten Impulsbreitensignals, arbeitet der Stromkreis für die Bildung der Impulsfolge 13, wie in der ersten Ausführungsform um die Impulsfolge entsprechend der Stromimpulsbreite ausserhalb der Zeitdauer anzulegen. Beispielsweise,

wie in Fig. 7 gezeigt, gibt der Stromkreis 13 für die Bildung der Impulsfolge eine Impulsfolge von drei Impulsen 41a als Reaktion auf den kleinen Impuls der niederen Spitze, die durch 32a angegeben ist, ab, oder eine Impulsfolge von fünf Impulsen 41b als Reaktion auf den grossen Impuls mit hoher Spitze, welche durch 32b bezeichnet ist. Dann arbeitet der Zählstromkreis 14 ebenfalls, wie in der ersten Ausführungsform, um in Intervallen von vorbestimmter Zeit T_p die Gesamtanzahl der Impulse zu messen, welche in den Impulsfolgen enthalten sind, welche durch den Stromkreis 13 zur Bildung der Impulsfolgen ausgegeben werden.

Da das Messresultat des Zählstromkreises 14 die Gesamtsumme der Impulse ist, welche in den Impulsfolgen enthalten ist, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden und die Impulsfolge der Stromimpulsbreite entspricht, kann, wie oben beschrieben, die Länge der Stromimpulse, welche auf den Bearbeitungsspalt 3 mit Intervallen einer vorbestimmten Zeit T_p in präziser Weise gemessen werden, ohne Nachweisverzögerung und im Weiteren kann ein Fehlbetrieb auf Grund des Einflusses eines Rauschens, welcher während der Versorgung des Stromimpulses gebildet wird, vermieden werden, um die Messung mit hoher Genauigkeit zu ermöglichen. Demzufolge kann die Länge der abgegebenen Energie während der Bearbeitung nachgewiesen werden, es wird ein wirksames Mittel für ein zuverlässiges Verhüten von Fehlbearbeitungen, wie Bruch der Drahtelektroden und zentrale Lichtbogen, zur Verfügung gestellt.

Die dritte Ausführungsform der Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die Fig. 8 bis 10 beschrieben.

Fig. 8 zeigt Änderungen des Stromkreises 13 für die Bildung von Impulsfolgen und des Zählstromkreises 14 in der ersten Ausführungsform, worin 20 bis 26 identische oder entsprechende Teile zu denjenigen der ersten Ausführungsform bezeichnen. 28 zeigt einen Quadrierungsstromkreis an, welcher die Breitendaten des grossen und kleinen Impulses quadriert, welche vom NC-Steuergerät 10A in den Gross-Klein-Impulsdatenauswahlkreis 21 übertragen werden, sodass der Stromkreis 13 für die Bildung der Impulsfolge 13 eine Impulsfolge ausgibt, welche der Bearbeitungsenergie äquivalent ist.

Fig. 9 zeigt Entladungswellenformen am Bearbeitungsspalt 3 in einer dritten Ausführungsform, die Ausgabe der Impulsbreitensignale durch den Steuerstromkreis 8 für die Bearbeitungsstromversorgung, das Gross-Klein-Impulsauswahlsignal, die Zeituhrsignalausgabe durch den Oszillator 20, das Ausgabesignal des Anpassungsstromkreises durch den Anpassungsstromkreis 24 und die Impulsfolgenausgabe durch den Stromkreis 13 für die Bildung der Impulsfolge, worin 30a und 30b die Entladungsspannungswellenformen angeben, 31a und 31b die Entladungsstromwellenformen zeigen, 32a und 32b die Impulsbreitensignale zeigen, welche die Impulsbreiten der Stromimpulse zeigen, welche an den Bearbeitungsspalt 3 angelegt werden, 33 das Gross-Klein-Impulsauswahlsignal darstellt, 34 das Zeituhrsignal bedeutet, 35 das Anpassungsstromkreisausgabesignal bezeichnet und 42a und

42b die Impulsfolgen angeben, welche den Bearbeitungsenergien äquivalent sind.

Fig. 10 zeigt eine alternative Ausführungsform des Stromkreises 13 für die Impulsfolgenbildung und den Zählstromkreis 14 in der dritten Ausführungsform, worin 20 bis 26 identische oder entsprechende Teile zu denjenigen der ersten Ausführungsformen bezeichnen. 29 gibt einen Impulsbreitendaten-multiplizierstromkreis an, welcher die grossen und kleinen Impulsbreitendaten multipliziert, die vom NC-Steuergerät 10A in einen Gross-Klein-Impulsdatenselektionsstromkreis 21 übertragen werden, durch Werte, welche den Spitzenwerten der Stromimpulse entsprechen, damit der Impulsfolgenbildungsstromkreis 13 eine Impulsfolge ausgibt, welche der Bearbeitungsenergie äquivalent ist.

Nun wird der Betrieb beschrieben. Wenn, wie in der ersten Ausführungsform, zwei verschiedene Stromwellenformen von grossen Impulsen mit einer hohen Spitze und kleine Impulse mit einer tiefen Spitze an den Bearbeitungsspalt 3 angelegt werden, um das Werkstück, das in Fig. 8 in der zweiten Ausführungsform dargestellt ist, gibt der Stromkreis für die Bildung der Impulsfolge 13 zuerst im folgenden Verfahren die Impulsfolge aus, welche der Bearbeitungsenergieausgabe äquivalent ist, an die Bearbeitungsstromversorgung 7 durch den Steuerstromkreis 8A für die Bearbeitungsstromversorgung. Zuerst empfängt der Impulsbreitendaten-quadrierungsstromkreis 28 die Daten der grossen und kleinen Impulse vom NC-Steuergerät 10A und gibt an den Gross-Klein-Impulsdatenauswahlstromkreis die Daten ab, welche durch Quadrierung der entsprechenden Impulsbreiten gefunden wurden. Wenn die Impulsbreitendaten des grossen und kleinen Impulses, welche durch den Bearbeitungsstrom-Versorgungssteuerstromkreis 8A ausgegeben werden, den Impulsbreitenquadrierungsstromkreis 28 passieren, werden sie in Daten umgewandelt, welche die Energiemengen repräsentieren.

Anschliessend operiert der Stromkreis für die Bildung der Impulsfolge 13, wie in der ersten Ausführungsform, um die Impulsfolge auszugeben, welche dem Quadrat der Stromimpulsbreite des grossen/kleinen Impulses entspricht. Angenommen, dass zum Beispiel der Impulsbreitenwert des grossen Impulses mit einer hohen Spitze 5 ist und der Impulsbreitenwert des kleinen Impulses mit einer niederen Spitze 3 ist, gibt der Stromkreis 13 für die Bildung der Impulsfolge eine Impulsfolge von 9 Impulsen (42a) als Reaktion auf den kleinen Impuls aus, welcher durch 32a bezeichnet wird oder die Impulsfolge 25 pulsiert (42b) in Reaktion auf den grossen Impuls, welcher durch 32b, wie in Fig. 9 angegeben ist. Dann arbeitet der Zählstromkreis 14 ebenfalls wie in der ersten Ausführungsform, um mit Intervallen von vorbestimmten Zeitwerten T_p die Gesamtanzahl der Impulse zu messen, welche in den Impulsfolgen enthalten sind, welche durch den Impulsfolgenbildungsstromkreis 13 ausgegeben werden. Wie oben beschrieben können, da das Messresultat der Zählelektrode 14 die Gesamtsumme der Impulse ist, welche in den Impulsfolgen enthalten sind, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden, und die Impulsfolgen dem Quadrat

der Breite des Stromimpulses entspricht, die Energiemengen der Stromimpulse, welche dem Bearbeitungsspalt 3 in Intervallen von vorbestimmten Zeitdauern T_p zugeführt werden, in präziser Weise ohne Nachweisverzögerung gemessen werden. Demzufolge kann die Ausgabemenge der während der Bearbeitung zugeführten Energie nachgewiesen werden, indem wirksame Mittel zur Verfügung gestellt werden, welche in zuverlässiger Weise eine falsche Bearbeitung vermeiden, beispielsweise bei Drahtelektrodenbruch und zentralen Lichtbogen.

Dann multipliziert in der Ausführungsform, welche in Fig. 10 dargestellt ist, der Multiplizierungsstromkreis 29 für die Impulsbreitenwerte die Impulsbreitenwerte der Stromimpulse, welche der Steuerstromkreis 8A für die Bearbeitungsstromversorgung ausgewählt hat, durch Werte, welche den Spitzenwerten der Stromimpulse entsprechen, wobei die Impulsbreitenwerte der Stromimpulse in Werte umgewandelt werden, welche die Energiemengen repräsentieren und der Stromkreis 13 für die Bildung der Impulsfolgen arbeitet wie in der Ausführungsform, die in Fig. 8 dargestellt ist, um Impulsfolgen auszugeben, welche den Energiemengen der Stromimpulse äquivalent sind. Demzufolge kann die Menge der Ausgabeenergie, welche während der Bearbeitung abgegeben wird, nachgewiesen werden, was ein wirksames Mittel für eine zuverlässige Verhütung von falscher Bearbeitung, wie bei Drahtelektrodenbruch oder Zentrallichtbogen, zur Verfügung stellt.

Während die Applikation von Stromimpulsen mit zwei unterschiedlichen Spitzen an den Bearbeitungsspalt 3 in der vorliegenden Ausführungsform beschrieben wurde, erlaubt die Applikation von Stromimpulsen mit einer einzigen Spitze oder mit einer Vielzahl von Spitzen an den Bearbeitungsspalt 3 ebenfalls die präzise Messung der Energiemengen von Stromimpulsen, welche an den Bearbeitungsspalt 3 abgegeben werden, ohne Nachweisverzögerung. Ebenfalls entspricht die Impulsfolgenausgabe durch den Zählstromkreis 14 der Energiemenge des Stromimpulses, wobei bei einer Vielzahl von Stromimpulsen (einschliesslich zwei verschiedener Stromimpulse) an den Bearbeitungsspalt 3 abgegeben werden, der Nachweisfehler der Energiemenge der Stromimpulse kleiner ist als in der ersten Ausführungsform und er kann die Energieausgabe während der Bearbeitung mit höherer Genauigkeit bestimmt werden.

Ebenfalls kann das Mittel der vorliegenden Ausführungsform mit einem gemäss der zweiten Ausführungsform verwendet werden.

Fig. 11 zeigt die Konstruktion einer Funkenerosionsvorrichtung gemäss der vierten Ausführungsform. In dieser Zeichnung bezeichnen 1 bis 7, 7a, 9 und 11 bis 13 Teile, die identisch sind mit denjenigen der ersten Ausführungsform oder solchen entsprechen, wobei 10B einen NC-Steuerapparat bedeutet, welcher ein NC-Programm empfängt und die Achsenverschiebungsbefehle ausgibt, Parameterwerte für die Funkenerosionsbedingung, Werte für die Elektrodenzufuhrgeschwindigkeit und dgl. Ebenfalls bedeutet 14 einen Zählstromkreis, welcher die Anzahl der Impulse integriert, welche in den Impuls-

folgen enthalten sind, die innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden, 14a bedeutet einen Zähler, welcher die Impulsfolgen misst, welche den kleinen Impulsen entsprechen, 14b gibt einen Zähler an, welcher die Impulsfolgen misst, welche den grossen Impulsen entsprechen, 16 bedeutet eine arithmetische Einheit, welche die Beträge berechnet, welche der Bearbeitungsenergie äquivalent sind, aus den Messresultaten des genannten Zählstromkreises 14, und 15a bedeutet eine Anzeigevorrichtung, welche das arithmetische Resultat der arithmetischen Einheit 16, wie in Fig. 5 dargestellt, zeigt.

Es wird nun die Arbeitsweise beschrieben. Die folgende Erklärung schliesst Beschreibungen aus, wenn sie sich auf die gleichen Stromkreiscomponenten beziehen, wie diejenigen in der ersten und zweiten Ausführungsform. Wie in der ersten Ausführungsform, wenn zwei unterschiedliche Stromwellenformen von grossen Impulsen mit hohen Spitzen und kleinen Impulsen mit niederen Spitzen am Maschinenspalt 3 angelegt werden, um das Werkstück zu bearbeiten, arbeitet der Stromkreis 13 für die Bildung der Impulsfolge, wie in der ersten Ausführungsform, um eine Impulsfolge entsprechend der Impulsbreite des kleinen Impulses mit einer niederen Spitze und die Impulsfolge entsprechend einer Impulsbreite des grossen Impulses mit einer hohen Spitze auszugeben (vgl. 36a und 36b in Fig. 3). Während einer solchen Arbeitsweise messen die beiden Zähler 14a und 14b, welche den Zählstromkreis 14 bilden, um die Impulsfolgen der grossen und kleinen Impulse separat zu messen, in Intervallen der vorbestimmten Zeit, die Gesamtanzahl der Impulse, welche in der Impulsfolge enthalten sind, entsprechend der Impulsbreite des kleinen Impulses bzw. der Gesamtanzahl der Impulse, welche in der Impulsfolge enthalten sind, entsprechend der Impulsbreite des grossen Impulses, unter den Impulsfolgen, welche durch den Stromkreis 13 zur Bildung der Impulsfolgen ausgegeben werden.

Anschliessend empfängt die arithmetische Einheit 16 die Messresultate der Zählstromkreise 14a und 14b und führt folgende arithmetische Operationen durch, z.B. um die Bearbeitungsenergie zu finden:

Bearbeitungsenergie = $\{[(\text{Messwert der Impulsfolge der grossen Impulse}) / (\text{vorbestimmte Zeit})] \times (\text{Proportionalitätskoeffizient der Spitzenhöhe der Stromimpulse})\} + \{[(\text{Messwert der Impulsfolge von kleinen Impulsen}) / (\text{vorbestimmte Zeit})] \times (\text{Proportionalitätskoeffizient zur Spitzenhöhe von Stromimpulsen})\}$.

Die arithmetische Einheit 16 multipliziert nämlich die Messresultate der Impulsfolgen der grossen und kleinen Impulse, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden durch Proportionalitätskoeffizienten zur Spitzenhöhe der Stromimpulse (welche Proportionalitätskoeffizienten zur Impulsseite sein können) und fügt die beiden resultierenden Werte zu, welche erlauben, dass die Energiemenge der Stromimpulse an die Bearbeitungsspalte 3 in Intervallen von vorbestimmter Zeit, welche durch das arithmetische Verfahren ermittelt werden, angelegt werden. Demzufolge kann die Energiemenge der Stromimpulse, welche in Intervallen vorbestimmter

Zeit T_p als Energieausgabe während der Bearbeitung ausgegeben wird, nachgewiesen werden, was ein wirksames Mittel für das zuverlässige Verhüten einer falschen Bearbeitung darstellt, wie der Bruch einer Drahtelektrode oder zentraler Lichtbogen.

Während die Anwendung von Stromimpulsen, welche zwei verschiedene Spitzen aufweisen, an den Bearbeitungsspalt 3 in der vorliegenden Ausführungsform beschrieben wird, erlaubt das Anlegen von Stromimpulsen, welche eine einzige Spitze oder eine Vielzahl von Spitzen aufweisen, an den Bearbeitungsspalt 3, ebenfalls, dass die Energiemenge der Stromimpulse, welche an den Bearbeitungsspalt 3 in Intervallen vorbestimmter Zeit T_p angelegt werden, gemessen werden kann, indem ein oder eine Vielzahl von Zählstromkreisen 14 zur Verfügung gestellt wird, entsprechend der Anzahl der Spitzenhöhen der Stromimpulse. Da die Zählstromkreise 14a, 14b in der vorliegenden Ausführungsform in solcher Weise konstruiert sind, dass eine separate Messung der Impulsweisen der grossen bzw. kleinen Impulse möglich ist, kann die Anordnung des Zählstromkreises 14 vereinfacht werden.

Ebenfalls gibt die arithmetische Einheit 16 das arithmetische Resultat auf das Anzeigemittel 15A aus. Wie in der ersten Ausführungsform zeigt die Anzeigevorrichtung 15A das arithmetische Resultat der arithmetischen Einheit 16 als Energieausgabe während der Bearbeitung, um dem Bediener in leichter Weise zu ermöglichen, dass er beurteilen kann, ob der Wertsatz der Funkenerosionsparameter, wie die Spitzenwerte, die Impulsbreite, die Ausschaltzeit usw. der Stromimpulse zweckmässig sind, wobei es möglich ist, das Vorkommen eines Drahtbruches zu vermeiden. Zusätzlich können die Bearbeitungsbedingungen leicht ausgewählt werden, um die Last des Betreibers zu vermindern.

Die arithmetische Einheit 16 führt ebenfalls eine arithmetische Operation an der Energiemenge der dem Bearbeitungsspalt in Intervallen vorbestimmter Zeit T_p zugeführten Stromimpulse durch, aus den Messresultaten des Zählerstromkreises 14 und der Ausgabe der arithmetischen Resultate an den NC-Steuerapparat 10B. Der NC-Steuerapparat 10B ändert und steuert die Parameter der Funkenerosionsbedingung, welche an den Stromkreis 8B der Bearbeitungsstromversorgung entsprechend dem arithmetischen Resultat der arithmetischen Einheit 16 abgegeben werden. Zum Beispiel, wenn die Energie der Stromimpulse, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit gebildet werden, hoch ist, beurteilt der NC-Steuerapparat, dass die Energieausgabe an die Drahtelektrode hoch ist, und ändert den Wertsatz für die Parameter für die Funkenerosionsbedingungen in solcher Weise, dass ein Stromimpuls ausserhalb der Dauer zur Reduktion der Gesamtanzahl der Impulse, welche in den Impulsfolgen enthalten sind, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden, reduziert wird. Wenn hingegen die Energie der Impulsfolgen, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit gebildet wird, tief ist, ändert der NC-Steuerapparat 10B den Wertsatz für die Bedingungen der Funkenerosion, um die Gesamtanzahl der Impulse zu erhöhen, welche in

den Impulsfolgen enthalten sind, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden. Dies erlaubt, dass die Energiemenge, welche während der Bearbeitung abgegeben wird, nachgewiesen werden kann und die Energieausgabe gemäss den Bearbeitungsbedingungen gesteuert werden kann, wobei eine Fehlbearbeitung, wie das Brechen der Drahtelektrode und zentrale Lichtbogen in zuverlässiger Weise vermindert werden kann.

Es wird darauf hingewiesen, dass der Stromkreis 13 für die Bildung der Impulsfolgen, welcher in der vierten Ausführungsform verwendet wird, ein solcher Impulsfolgenbildungsstromkreis 13 sein kann, wie er in der erwähnten zweiten Ausführungsform beschrieben ist, welcher die Impulsfolge ausgibt, die der Dauer des Bearbeitungsstroms entspricht, in der Zeitzone, nachdem die Zufuhr von Bearbeitungsstrom unterbrochen wurde. In diesem Fall kann der Einfluss von Störungen, welche durch die Funkenerosionsbearbeitung entstehen können, vermieden werden, damit die Ausgabeenergie mit höherer Genauigkeit nachgewiesen werden kann.

Fig. 12 zeigt eine Funkenerosionsvorrichtung gemäss einer fünften Ausführungsform. In dieser Zeichnung bedeuten 1 bis 7, 9, 12, 13 und 14 identische Teile oder entsprechende Teile, wie diejenigen der ersten Ausführungsform, worin 8B ein Bearbeitungssteuergerät zeigt, welches durch einen NC-Steuerapparat 10D gesteuert wird und ein Entladungsenergiesteuerapparat 17, welcher nachstehend im Einzelnen beschrieben wird; 10D, den NC-Steuerapparat, welcher ein NC-Programm erhält, und die Output der Achsenbewegungsbefehle, Parameterinformation für die Funkenerosionsbedingung, Zufuhrgeschwindigkeit der Elektrode usw., 17 bezeichnet einen Steuerapparat für die Entladungsenergie, welcher einen Steuerkreis 8B für die Bearbeitungsstromversorgung steuert, welche die Parameter für die Funkenerosionsbedingung, wie die Ausschaltzeit und die Stromimpulsseite steuert, um die Messresultate des genannten Zählerstromkreises 14 konstant zu halten und 15B repräsentiert eine Anzeigevorrichtung, welche das arithmetische Resultat des Entladungsenergiesteuerapparates 17 zeigt, wie beispielsweise in Fig. 5 dargestellt.

Der Betrieb, welcher verschieden ist von demjenigen der ersten Ausführungsform, wird nun beschrieben. Wie in der ersten Ausführungsform werden, wenn zwei unterschiedliche Stromwellenformen von grossen Impulsen mit hohen Spitzen und kleine Impulse mit niederen Spitzen an den Bearbeitungsspalt 3 abgegeben werden, um das Werkstück zu bearbeiten, vom Stromkreis 13 für die Bildung von Impulsfolgen, die Impulsfolge ausgegeben, welche dem Output der Impulsbreite an die Stromversorgung 7 entspricht, für die Bearbeitung ausgegeben, durch den Steuerstromkreis 8B für die Bearbeitungsstromversorgung, und der Zählstromkreis 14 misst mit Intervallen der vorbestimmten Zeit T_p die Gesamtzahl von Impulsfolgen, welche vom Stromkreis 13 für die Bildung von Impulsfolgen abgegeben werden. Der Steuerapparat 17 für die Entladungsenergie vergleicht die Wertsätze der gemäss den Bedingungen, wie dem Elektrodendrahtdurchmesser und dem zu bearbeitenden Werkstück vor-

bestimmte Impulszahl mit den Messresultaten des Zählstromkreises 14 und ändert die Stromspitze, die Impulsbreite und die Ausschaltzeit bei dem Bedingungsparameter für die Funkenerosion, welche durch den Steuerstromkreis 8 für die Bearbeitungsversorgung gesteuert wird, gemäss den genannten Resultaten, um die Messresultate der Zählelektrode 14 konstant zu halten.

Demzufolge wird der Betrag der Energieabgabe während der Bearbeitung konstant bleiben, da der Betrag des Stromimpulses, der an den Bearbeitungsspalt 3 in Intervallen vorbestimmter Zeit abgegeben wird, so gesteuert ist, dass er konstant bleibt, wobei eine Fehlbearbeitung, wie ein Drahtelektrodenbruch oder ein zentraler Lichtbogen, in zuverlässiger Weise vermieden werden kann. Ebenfalls wird die durch den Impulsfolgenbildungsstromkreis 13 ausgegebene Impulsfolge während der Ausschaltzeit ausgegeben, wie in der zweiten Ausführungsform, um den Einfluss von Störungen, welche durch die Funkenerosionsbearbeitung verursacht werden, zu vermeiden und um die abgegebene Energie mit höherer Genauigkeit zu bestimmen, wobei die Zuverlässigkeit der Arbeitsweise unter Verhütung des Drahtbruchs stark verbessert werden kann. Wenn im Weiteren der Impulsfolgenbildungsstromkreis 13 eine Impulsfolge abgibt, welche der Bearbeitungsenergie wie in der dritten Ausführungsform äquivalent ist, kann der Entladungsenergiesteuerapparat 13 eine Steuerung ausüben, um die Messresultate der Zählelektrode 14 konstant zu halten. 13 zeigt eine Funkenerosionsvorrichtung gemäss einer sechsten Ausführungsform. In dieser Zeichnung bezeichnen 1 bis 7, 9, 10D und 11 bis 13 Teile, die mit Teilen der fünften Ausführungsform identisch sind oder solchen entsprechen, wobei 8D einen Steuerbearbeitungsstromkreis bezeichnet, welcher durch einen NC-Steuerapparat 10D und einen Funkenerosionssteuerapparat 17A gesteuert wird; 14 bezeichnet einen Zählstromkreis, welcher die Anzahl der genannten Impulse, welche in der Impulsfolge enthalten sind, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit gebildet wird, integriert, 14A repräsentiert einen Zähler, welcher die Impulsfolgen misst, welche den kleinen Impulsen entsprechen, 14B gibt einen Zähler an, welcher die Impulsfolgen misst, welche den grossen Impulsen entsprechen. 16A bezeichnet eine arithmetische Einheit, welche eine arithmetische Menge berechnet zur Bearbeitungsenergie aus den Messresultaten der genannten Zählelektrode 14, und 17A repräsentiert einen Steuerapparat für die Entladungsenergie, welcher die Ausgabesignale der arithmetischen Einheit 16A aufnimmt und den Steuerstromkreis für die Bearbeitungsenergie 8D steuert. 15C bezeichnet eine Anzeigevorrichtung für die Anzeige der Resultate der arithmetischen Operation des Entladungsenergiesteuerapparates 17A wie in Fig. 5 dargestellt.

Nun wird der Betrieb beschrieben. Das Werkstück wird wie in der fünften Ausführungsform bearbeitet und die arithmetische Einheit 16A führt eine arithmetische Operation an der Energiemenge des Stromimpulses aus, welcher an den Bearbeitungsspalt 3 in Intervallen vorbestimmter Zeit T_p

abgegeben wird, aus den Messresultaten des Zählstromkreises 14 und gibt das arithmetische Resultat an den Funkenerosionssteuerapparat 17A ab, was eine ähnliche Operation wie in der vierten Ausführungsform ist. Wie in der fünften Ausführungsform vergleicht der Entladungsenergiesteuerapparat 17A den Wertesatz der Anzahl Impulse, welche die Bearbeitungsenergie repräsentieren, welche gemäss den Bedingungen, wie dem Elektrodendrahtdurchmesser und dem zu bearbeitenden Werkstück, vorbestimmt ist, mit dem arithmetischen Resultat der arithmetischen Einheit 16A und ändert die Stromspitze, die Impulsbreite und die Ausschaltzeit der Funkenerosionsbedingungsparameter, welche durch die Steuereinheit der Bearbeitungsenergie 8A gesteuert wird, gemäss den genannten Resultaten, um die arithmetischen Resultate der arithmetischen Resultate der arithmetischen Einheit 16A konstant zu halten. Da der Betrag der Stromimpulse, welche an den Bearbeitungsspalt 3 in Intervallen vorbestimmter Zeit T_p abgegeben werden, derart gesteuert wird, dass er konstant ist, wird demzufolge die Menge der abgegebenen Energie während der Bearbeitungskonstanz gehalten, wobei eine Fehlbearbeitung, ein Drahtelektrodenbruch oder ein zentraler Lichtbogen in zuverlässiger Weise vermieden werden kann.

Ebenfalls wird die Abgabe der Impulsfolge durch den Impulsfolgenbildungsstromkreis 13 während einer Ausschaltzeit abgegeben, wird in der zweiten Ausführungsform, um den Einfluss einer Störung, welche durch die Funkenerosionsbearbeitung verursacht wird, zu vermeiden und um die abgegebene Energie mit höherer Genauigkeit zu bestimmen, wobei die Zuverlässigkeit des Betriebes, um einen Drahtbruch zu vermeiden, stark verbessert werden kann. Weiter sind die Zählstromkreise 14a, 14b in der vorliegenden Ausführungsform derart konstruiert, dass sie die Impulsbreiten der grossen bzw. kleinen Impulse separat messen, wobei die Anordnung der Zählelektrode 14 vereinfacht werden kann.

Fig. 14(a) und 14(b) zeigen ein Beispiel, wie der Funkenerosionssteuerapparat 17 in der Funkenerosionsvorrichtung gemäss der genannten fünften Ausführungsform, die in Fig. 12 dargestellt ist, oder der sechsten Ausführungsform, die in Fig. 13 dargestellt ist, die Ausschaltzeit, eine der Funkenerosionsbedingungsparameter steuert, um die Messresultate des Zählerstromkreises 14 konstant zu halten. Fig. 14(a) zeigt die Messresultate der Zählelektrode 14 innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p , und Fig. 14(b) gibt Zeittabellen entsprechend den Regionen 43 bis 46 in (a) an, wobei Entladungswellenformen, die am Bearbeitungsspalt 3 innerhalb der vorbestimmten Zeit gebildet werden, die durch den Entladungsenergiesteuerapparat gesteuerte Ausschaltzeit und die Impulsfolgen, welche durch den Impulsfolgenbildungsstromkreis 13 gebildet werden, dargestellt sind. In 43 bis 46 bedeutet a eine Entladungsspannungswellenform, b bedeutet eine Entladungsstromwellenform, c bedeutet die Ausschaltzeit und d repräsentiert eine Impulsfolge.

Es wird nun der Betrieb beschrieben. Das Werkstück wird wie in der fünften Ausführungsform bear-

beitet und die Zählelektrode 14 misst in Intervallen vorbestimmter Zeit T_p die gesamte Impulszahl, welche in den Impulsfolgen enthalten ist, welche den Impulsbreiten der Stromimpulse entspricht, welche an den Bearbeitungsspalt 3 abgegeben werden und gibt die Messresultate an den Entladungsenergiesteuerapparat 17 ab. Der Entladungsenergiesteuerapparat 17 vergleicht den Einstellwert der vorbestimmten Impulszahl entsprechend den Bedingungen, wie dem Elektrodendrahtdurchmesser und dem zu bearbeitenden Werkstück mit den Messresultaten der Zählelektrode 14 und ändert die Ausschaltzeit, welche durch den Bearbeitungsstromversorgungsstromkreis 8B gemäss den genannten Resultaten gesteuert wird, damit die Messresultate des Zählkreises 14 konstant bleiben.

Ein Ausführungsbeispiel der Steuerung der Ausschaltzeit, welche durch den Entladungsenergiesteuerapparat 17 ausgeübt wird, wird nun beschrieben. Zum Beispiel wird angenommen, dass der Einstellwert der Impulszahl innerhalb der vorbestimmten Zeit 14 Impulse ist im Entladungsenergiesteuerapparat 17 und die Messresultate der Impulszahl der Zählelektrode 14 ändert, wie in Fig. 14(a) dargestellt. Zuerst bleibt im Bearbeitungsstatus im Schritt 43 in Fig. 14(b) die Ausschaltzeit unverändert, da das Messresultat der Impulszahl vierzehn Impulse beträgt, wie in 43(d) angegeben und gleich dem Einstellwert der Impulszahl des Entladungsenergiesteuerapparates 17 beträgt. Anschliessend, wenn der Zustand des Bearbeitungsspalt 13 in einen Zustand nahe des Drahtbruches im Schritt 44 in Fig. 14(b) ändert, dann erhöht sich das Messresultat der Impulszahl auf sechzehn Impulse, wie durch 44d angegeben und überschreitet den gesetzten Wert der Impulszahl des Entladungsenergiesteuerapparates 17, wobei der Entladungsenergiesteuerapparat 17 ein Signal an den Bearbeitungsstromversorgungskreis 8B abgibt, um die Ausschaltzeit zu erhöhen.

Im Bearbeitungsstatus im nächsten Schritt 45 in Fig. 14(b), welcher die Steuerung der Ausschaltzeit widerspiegelt, wird die Ausschaltzeit wie durch 45 c angegeben erhöht, und die Anzahl der innerhalb der vorbestimmten Zeit gebildeten Entladungen wird vermindert. Als Resultat wird ein Drahtbruch vermieden und die gemessenen Impulszahlenwerte innerhalb der vorbestimmten Zeit reduzieren sich auf die vorbestimmten vierzehn Impulse, wie durch 45d angegeben. Wie in der Figur dargestellt, gibt, wenn die gemessenen Werte auf weniger als den vorbestimmten gesetzten Wert 14 reduziert werden, im Schritt, welcher dem Schritt 45 folgt, der Entladungsenergiesteuerapparat 17 ein Signal an den Bearbeitungsstromsteuerstromkreis 8B ab, damit die Pausenperiode der Zeit verkürzt wird. Demzufolge werden die gemessenen Werte dadurch erhöht auf den vorbestimmten für den nächsten Schritt gesetzten Wert.

Im obigen Zyklus steuert der Entladungsenergiesteuerapparat 17 die Pausenzeit, welche durch den Bearbeitungsstrom-Versorgungsstromkreis 8B gesteuert wird, um das Vorkommen von falschen Entladungen und Drahtbrüchen zu vermeiden, wobei falsche Entladungen und Drahtbrüche in zuverlässi-

ger Weise vermieden werden können und ein stabiler Bearbeitungsstatus aufrechterhalten werden kann. Es wird angemerkt, dass das Entladungsenergiesteuergerät 17A, welches in Fig. 13 dargestellt ist und die sechste Ausführungsform darstellt, im Wesentlichen das gleiche ist, wie das Entladungsenergiesteuergerät 17 der fünften Ausführungsform. Die Fig. 15(a) und 15(b) zeigen ein Beispiel, wie der Entladungsenergiesteuerapparat 17 oder 17A in der Funkenerosionsvorrichtung gemäss der genannten fünften Ausführungsform, die in Fig. 12 dargestellt ist, die Stromimpulsbreite, eine der Funkenerosionsbedingungsparameter steuert, um die Messresultate der Zählelektrode 14 konstant zu halten. Fig. 15(a) zeigt die Messresultate der Zählelektrode 14 innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p und Fig. 15(b) gibt ein Zeitdiagramm entsprechend den Regionen 47 bis 50 in (a), wobei die Entladungswellenformen gezeigt werden, welche am Bearbeitungsspalt 3 innerhalb der vorbestimmten Zeit gebildet werden, die Stromimpulsbreiten, welche durch den Entladungsenergiesteuerapparat gesteuert werden und die Impulsfolgen, welche durch den Impulsfolgenbildungsstromkreis 13 abgegeben werden. 47 bis 50 zeigen je eine Entladungsspannungswellenform an, b bedeutet eine Entladungsstromwellenform, c bezeichnet eine Stromimpulsbreite und d repräsentiert eine Impulsfolge.

Es wird nun der Betrieb beschrieben. Das Werkstück wird, wie in der fünften Ausführungsform bearbeitet und der Zählerstromkreis 14 misst in Intervallen vorbestimmter Zeit T_p die gesamte Impulszahl, welche in den Impulsfolgen enthalten ist, welche den Impulszeiten der Stromimpulse entspricht, welche an den Bearbeitungsspalt 3 abgegeben werden und gibt die Messresultate an den Entladungsenergiesteuerapparat 17, 17A ab. Der Entladungsenergiesteuerapparat 17 vergleicht den vorgegebenen Wert der Impulszahl entsprechend den Bedingungen, wie dem Elektrodendrahtdurchmesser und dem zu bearbeitenden Werkstück, mit dem Messresultat der Zählelektrode 14 und ändert die Stromimpulsbreite, welche durch den Bearbeitungsstrom-Versorgungsstromkreis 8B gesteuert wird, gemäss dem genannten Resultat, um eine Steuerung auszuüben, um das Messresultat des Zählstromkreises 14 konstant zu halten.

Ein Arbeitsbeispiel der Stromimpulszeitensteuerung, welche durch den Entladungsenergiesteuerapparat 17 ausgeübt wird, wird nun beschrieben. Es wird beispielsweise angenommen, dass der gesetzte Wert der Impulszahl innerhalb der vorgeschriebenen Zeit vierzehn Impulse im Entladungsenergiesteuerapparat 17 beträgt und die Messresultate der Impulszahl der Zählelektrode 14 wie in Fig. 15(A) ändert. Zuerst bleibt im Bearbeitungsstatus im Schritt 47 die Stromimpulsbreite unverändert, da das Messresultat der Impulszahl vierzehn Impulse beträgt, wie durch 47 d angegeben und gleich dem gesetzten Wert der Impulszahl des Entladungsenergiesteuerapparates 17 ist. Anschliessend wird, wenn der Zustand des Bearbeitungsspalt 3 in einen Zustand nahe des Drahtbruches im Schritt 48 ändert, das Messresultat der Impulszahl auf sechzehn Impulse erhöht, wie durch 48d angegeben

und überschreitet den gesetzten Wert der Impulszahl des Entladungsenergiesteuergerätes 17, wobei der Entladungsenergiesteuerapparat 17 ein Signal an den Bearbeitungsstrom-Versorgungsstromkreis 8B abgibt, um die Stromimpulsbreite zu vermindern. Im Bearbeitungsstatus im nächsten Schritt 49, welcher die Steuerung der Stromimpulsbreite widerspiegelt, wird die Stromimpulsbreite wie durch 49c angegeben vermindert und zur gleichen Zeit wird der Spitzenwert des Stromimpulses reduziert.

Als Resultat wird der Drahtbruch vermieden und der gemessene Impulszahlenwert innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p wird auf den vorbestimmten gesetzten Wert reduziert, vierzehn Impulse wie durch 49c angegeben. Danach gibt, wenn das Messresultat der Impulszahl kleiner ist als der gesetzte Wert, der Entladungsenergiesteuerapparat 17 ein Signal an den Bearbeitungsversorgungssteuerstromkreis 8B ab, sodass die Stromimpulsbreite länger gemacht wird, wobei der Messwert im folgenden Schritt auf den vorbestimmten gesetzten Wert 14 zurückkehrt.

Im obigen Zyklus steuert der Entladungsenergiesteuerapparat 17 die Stromimpulsbreite, welche durch den Bearbeitungsstromversorgungsstromkreis 8B gesteuert wird, um das Vorkommen falscher Entladungen und Drahtbrüche zu vermeiden, wobei falsche Entladungen und Drahtbrüche in zuverlässiger Weise vermieden werden können und ein stabiler Bearbeitungsstatus aufrechterhalten werden kann.

Der Betrieb der Entladungsenergiesteuervorrichtung 17A, welcher in Fig. 13 dargestellt ist und die sechste Ausführungsform zeigt, ist im Wesentlichen die gleiche wie diejenige des gleichen Gerätes 15 der fünften Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 16 zeigt eine Funkenerosionsvorrichtung gemäß einer neunten Ausführungsform. In dieser Zeichnung bezeichnen 1 bis 7, 8A, 9 und 11 bis 14 Teile, die identisch denjenigen der fünften Ausführungsform sind oder solchen entsprechen, worin 17B einen Entladungsenergiesteuerapparat darstellt, welcher einen NC-Steuerapparat 10C steuert, um die Elektrodenzufuhrgeschwindigkeit zu steuern. 15D bezeichnet ein Anzeigegerät für die Anzeige der arithmetischen Resultate des Entladungsenergiesteuergerätes 17B, wie in Fig. 5 dargestellt.

Fig. 17(a) und 17(b) zeigen ein Beispiel, wie die Elektrodenzufuhrgeschwindigkeit in der vorliegenden Ausführungsform gesteuert wird. Fig. 17(a) zeigt die Messresultate des Zählkreises 14 innerhalb der vorbestimmten Zeit, und Fig. 17(b) gibt ein Zeitdiagramm entsprechend den Regionen 51 bis 54 in (a), wobei Entladungswellenformen gezeigt werden, die am Bearbeitungsspalt 3 innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden, Null-Ladungszeit (Zeit zwischen Anlegung einer Spannung und des Vorkommens der Entladung), welche durch die Elektrodenzufuhrgeschwindigkeit-Steuerung geändert wird, und Impulsfolgen, welche durch den Stromkreis 13 zur Impulsfolgenbildung abgegeben werden. 51 bis 54 zeigen je eine Entladungsspannungswellenform, B bedeutet eine Entladungsstromwellenform, C bezeichnet eine Null-Ladungszeit und D repräsentiert eine Impulsfolge.

Es wird nun der Betrieb geschildert. Das Werkstück wird wie in der fünften Ausführungsform bearbeitet, und der Zählerstromkreis 14 misst in Intervallen vorbestimmter Zeit T_p die Gesamtzahl von Impulsen, welche in den Impulsen enthalten sind, welche den Impulsbreiten der zugeführten Stromimpulse an den Bearbeitungsspalt 3 entsprechend, und gibt die Messresultate an den Entladungsenergiesteuerapparat 17B ab. Der Entladungsenergiesteuerapparat 17B vergleicht den gesetzten Wert der Impulszahl, der gemäss den Bedingungen wie dem Drahtelektrodenenddurchmesser und dem zu bearbeitenden Werkstück vorbestimmt ist, mit dem Messresultat der Zählelektrode 14 und ändert die Elektrodenzufuhrgeschwindigkeit, welche durch den NC-Steuerapparat 10C gesteuert wird, gemäss den genannten Resultaten, um das Messresultat des Zählstromkreises 14 konstant zu halten.

Ein Arbeitsbeispiel der Elektrodenengeschwindigkeitssteuerung, welche durch den Entladungsenergiesteuerapparat 14B ausgeübt wird, wird nun beschrieben. Zum Beispiel wird angenommen, dass der gesetzte Wert der Impulszahl innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p 14 Impulse im Entladungsenergiesteuerapparat 17B beträgt und das Messresultat der Impulszahl des Zählstromkreises 14 wie in Fig. 17(a) ändert. Zuerst ist im Bearbeitungsstatus im Schritt 51, da das Messresultat der Impulszahl 14 ist, wie durch 51D angegeben und gleich dem gesetzten Wert der Impulszahl des Ladungsenergiesteuerapparates 17B ist, die Elektrodenzufuhrgeschwindigkeit unverändert und die Null-Ladungszeit ist ebenfalls unverändert. Anschliessend, wenn der Status am Bearbeitungsspalt 3 in einen Zustand ändert, der nahe dem Drahtbruch ist im Schritt 52, dass dem Messresultat der Impulszahl wird auf 16 Impulse, wie durch 52D angegeben erhöht und überschreitet den gesetzten Wert der Impulszahl des Entladungsenergiesteuerapparates 17B, wobei der Entladungsenergiesteuerapparat 17B ein Signal an einen NC-Steuerapparat 10C abgibt, um die Elektrodenzufuhrrate zu erhöhen. Im Bearbeitungsstatus im nächsten Schritt 53, was die Steuerung der Elektrodenzufuhrrate widerspiegelt, wird die Null-Ladungszeit wie durch 53c angegeben erhöht und demzufolge wird die Anzahl der Entladungen, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p vorkommen, reduziert. Als Resultat wird der Drahtbruch vermieden und der gemessene Wert der Impulszahl innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p wird auf vierzehn Impulse, wie durch 53d angegeben, reduziert. Danach, wenn das Messresultat der Impulszahl kleiner ist als der gesetzte Wert der Impulszahl im nächsten Schritt, welcher dem Schritt 53 folgt, gibt der Entladungsenergiesteuerapparat 17B ein Signal an das NC-Steuergerät 10C ab, um die Elektrodenzufuhrgeschwindigkeit zu erhöhen. Demzufolge wird der Messwert im nächsten Schritt auf vierzehn Impulse zurückkehren.

Im obigen Zyklus steuert der Entladungsenergiesteuerapparat 17B das NC-Steuergerät 10C in solcherweise, dass die Elektrodenzufuhrgeschwindigkeit gesteuert wird, um das Vorkommen von falschen Entladungen und Drahtbrüchen zu vermeiden, wobei falsche Entladungen und Drahtbrüche in

zuverlässiger Weise vermieden werden können und ein stabiler Bearbeitungsstatus aufrechterhalten wird.

Die zehnte Ausführungsform der Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die Fig. 18, 19(a) und 19(b) beschrieben. Fig. 18 zeigt eine Funkenerosionsvorrichtung gemäss einer zehnten Ausführungsform. In dieser Zeichnung bezeichnen 1 bis 7 und 9, 10D, 11 bis 14 Teile die identisch sind oder solchen der fünften Ausführungsform entsprechen, wobei 17C einen Entladungsenergiesteuerapparat angibt, welcher den Bearbeitungsstrom-Versorgungssteuerstromkreis 8B steuert, um die Anzahl der Impulse, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden, kleiner zu halten als der vorbestimmte Wert, indem die Versorgung mit Bearbeitungsstromimpulsen (oder Bearbeitungsspannungsstromimpulsen) gestoppt wird, wenn das Messresultat des Zählkreises 14 einen vorbestimmten Wert erreicht hat. 15E bezeichnet eine Anzeige für die Anzeige der arithmetischen Resultate des Entladungsenergiesteuergerätes 17C, wie in Fig. 5 dargestellt.

Fig. 19(a) und 19(b) zeigen ein Beispiel, wie der Entladungsenergiesteuerapparat 17C in der zehnten Ausführungsform die Steuerung ausübt. Fig. 19(a) zeigt das Messresultat des Zählstromkreises 14 in der vorbestimmten Zeit T_p und Fig. 19(b) ist ein Zeitdiagramm eines Stromimpulsversorgungsstoppsignales (nachstehend als «Übertragungsstoppsignal» bezeichnet).

Die Arbeitsweise wird nun beschrieben. Wie in der ersten Ausführungsform wird, wenn zwei verschiedene Stromwellenformen von grossen Impulsen mit einer hohen Spitze und kleinen Impulsen mit einer niederen Spitze an den Bearbeitungsspalt 3 zur Bearbeitung des Werkstückes abgegeben werden, war der Impulsfolgenbildungsstromkreis 13 eine Impulsfolge entsprechend der Impulsbreitenausgabe an die Bearbeitungsversorgung 7 durch den Bearbeitungsversorgungssteuerstromkreis 8C ab, und der Zählstromkreis 14 misst in Intervallen der vorbestimmten Zeit T_p die Gesamtanzahl von Impulsen, welche in den Impulsfolgen enthalten sind, welche durch den Impulsfolgenbildungsstromkreis 13 abgegeben werden. Der Entladungsenergiesteuerapparat 17C vergleicht die Messresultate des Zählkreises 14 mit dem vorbestimmten Wert (oberer Grenzwert) der Impulszahl, welche in Übereinstimmung mit den Bedingungen wie Drahtelektroden Durchmesser und zu bearbeitendes Werkstück vorbestimmt ist. Wenn das Messresultat der Impulszählung den vorbestimmten Wert innerhalb der vorbestimmten Zeit (55, 56, 58 in Fig. 19(a)) erreicht hat, stoppt der Entladungsenergiesteuerapparat 17C die Ausgabe des Antriebssignals an die Bearbeitungsstromversorgung 7 durch den Bearbeitungsstrom-Versorgungssteuerstromkreis 8C, und gibt das Übertragungsstoppsignal an den Bearbeitungsstrom-Versorgungssteuerstromkreis 8C ab (Fig. 19(b)) wobei die Versorgung des Stromimpulses einmal gestoppt wird, um das Messresultat der Impulszählung innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p kleiner als den vorbestimmten Wert zu halten (oberer Grenzwert).

Wenn das Messresultat der Impulszählung nicht

den vorbestimmten Wert erreicht (oberer Grenzwert) innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p wie in (57) in Fig. 19(a) gibt der Entladungsenergiesteuerapparat 17C kein Übertragungsstoppsignal ab. Demzufolge ist die Menge der Stromimpulse, die an den Bearbeitungsspalt 3 in Intervallen vorbestimmter Zeit T_p abgegeben werden, begrenzt auf den vorbestimmten Wert (oberer Grenzwert) durch die Steuerungsoperation des Entladungsenergiesteuerapparates 17C, wobei die Menge der abgegebenen Energie während der Bearbeitung auf weniger als den Grenzwert des Drahtbruches gesteuert wird, was ein wirksames Mittel darstellt für die zuverlässige Verhütung falscher Bearbeitung, wie Elektroden-drahtbruch und zentraler Lichtbogen. Ebenfalls wird die Impulsfolge, die durch den Impulsfolgenbildungsstromkreis 13 abgegeben wird, während der Ausschaltzeit abgegeben, wie in der zweiten Ausführungsform, um den Einfluss von Störungen zu vermeiden, welche durch die Funkenerosionsbearbeitung verursacht werden, und um die abgegebene Energie mit höherer Genauigkeit zu bestimmen, wobei die Zuverlässigkeit des Betriebes zur Verhütung des Drahtbruches stark verbessert werden kann. Im Weiteren kann, wenn der Impulsfolgenbildungsstromkreis 13 eine Impulsfolge abgibt, die der Bearbeitungsenergie äquivalent ist, wie in der dritten Ausführungsform, der Entladungsenergiesteuerapparat 17 eine Steuerung ausüben, um die Messresultate des Zählstromkreises 14 unter dem vorbestimmten Wert zu halten (oberer Grenzwert).

Ein spezifisches Beispiel von Effekten, welche durch die betreffende Vorrichtung in der vorliegenden Ausführungsform produziert werden, wird nachstehend beschrieben. Die Drahtschnitt-Elektroerosionsbearbeitung wurde mit der entsprechenden Vorrichtung der vorliegenden Ausführungsform unter folgenden Bedingungen durchgeführt

Drahtelektrode: Messing, Durchmesser 0,3 mm
Werkstück: SKD11, Dicke 60 mm
Spitzenstrom: 600A
Vorbestimmte Zeit des Zählstromkreises 14: 10 ms

Die Bearbeitungsgeschwindigkeit betrug 4,2 mm/min., was die Bearbeitungsgeschwindigkeit um ungefähr 20% verbesserte im Vergleich mit der konventionellen Geschwindigkeit (3,6 mm/min.), wobei kein Drahtbruch vorkam.

Fig. 20 zeigt eine Funkenerosionsvorrichtung gemäss einer ersten Ausführungsform. In dieser Zeichnung bezeichnen 1 bis 7, 8A, 10A, 11, 12, 14 und 14 Teile, die identisch sind mit solchen der ersten Ausführungsform oder solchen entsprechen, worin 13A einen Impulsfolgenbildungsgenerator bezeichnet, welcher die nachgewiesenen Werte des Spannungsnachweisstromkreises 9A empfängt, für den Nachweis der Bearbeitungsspannung im Zwischenraum zwischen den Elektroden, und eine Impulsfolge abgibt, die der Stromimpulsbreite der Stromimpulswellenform entspricht, welche an den Bearbeitungsspalt abgegeben wird, nur wenn der nachgewiesene Wert durch den Spannungsnach-

weisstromkreis 9 nicht kleiner ist als das vorbestimmte Niveau des Spannungswertes, welcher eine brauchbare Entladung an der Bearbeitungslücke (Zwichenelektrodenlücke) darstellt und 14 bezeichnet einen Zählstromkreis, welcher die Anzahl der genannten Impulsfolgen, die innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden, integriert.

Fig. 21(a) und 21(b) zeigen die Arbeitsweise der Drahtschnittfunkenerosionsvorrichtung in der ersten Ausführungsform, Fig. 21(a) zeigt die Beziehung zwischen einem Bearbeitungszwischenraumzustand und einer Entladungsspannung und Fig. 21(b) zeigt Entladungswellenformen am Bearbeitungsspalt und Impulsfolgenausgaben durch den Impulsfolgenbildungsstromkreis A, worin 58 eine Entladungsspannungswellenform angibt, 59 eine Entladungsspannungswellenform repräsentiert und 60 eine Impulsfolge bezeichnet.

Es wird nun der Betrieb beschrieben. Wie in der ersten Ausführungsform, wenn zwei verschiedene Stromwellenformen von grossen Impulsen mit hohen Spitzen und kleine Impulse mit niederen Spitzen an die Bearbeitungslücke (Zwichenelektrodenlücke) 3 angelegt werden, um das Werkstück zu bearbeiten, weist der Spannungsnachweisstromkreis 9A die Bildung einer Entladung entsprechend der Spannungswellenform am Bearbeitungszwischenraum 3 nach und misst ebenfalls die Null-Ladungszeit und die Abgabe dieses Messresultates an den Bearbeitungsstrom-Versorgungssteuerstromkreis 8A. Wenn die Null-Ladungszeit kurz ist (unmittelbare Entladung) liefert der Bearbeitungsstrom-Versorgungssteuerstromkreis 8A die Stromwellenform mit einer kleinen Impulsbreite und einer niederen Spitze. Wenn hingegen die Null-Ladungszeit verhältnismässig lang ist, beurteilt der Bearbeitungsstrom-Versorgungssteuerstromkreis 8 es als normale Entladung und gibt eine Stromwellenform von grosser Impulsbreite und hohen Spitzen ab. Der mittlere Nachweisstromkreis 11 weist die mittlere Spannung während der Bearbeitung nach und führt die Elektrodenzufuhrsteuerung in Übereinstimmung mit dieser Spannung aus. Der Impulsfolgenbildungsstromkreis 13A gibt eine Impulsfolge ab, welche der Stromimpulsbreite einer Stromimpulswellenform entspricht, die an die Bearbeitungslücke abgegeben wird, nur wenn der durch den Spannungsnachweisstromkreis 9 nachgewiesene Wert nicht kleiner ist als der vorbestimmte Spannungsgrenzwert, welcher eine brauchbare Entladung an der Bearbeitungslücke repräsentiert.

Wenn beispielsweise das vorbestimmte Niveau des Nachweiswertes wie in Fig. 21(a) festgelegt wird, überschreitet der Nachweiswert der Spannung an der Bearbeitungslücke den vorbestimmten Wert, wenn der Bearbeitungsstatus eine normale Entladung oder ein Lichtbogen ist. Somit beurteilt der Impulsfolgenbildungsstromkreis 13A ihn als brauchbare Entladung und gibt die Impulsfolge ab. Wenn jedoch der Bearbeitungsstatus ein Kurzschluss ist, erreicht der Nachweiswert der Spannung am Bearbeitungsspalt nicht das vorbestimmte Niveau und der Impulsfolgenbildungsstromkreis 13A gibt keine Impulsfolge ab. Der Zählstromkreis 14 misst in Intervallen der vorbestimmten Zeit T_p die gesamte

Anzahl der Impulse, welche in den Impulsfolgen enthalten sind, welche durch den Impulsfolgenbildungsstromkreis 13A abgegeben werden. Da das Messresultat der Zählelektrode 14 die Summe aller Impulse darstellt, welche in der Impulsfolge enthalten sind, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet wurde, und die Impulsfolge der Stromimpulsbreite entspricht, kann demzufolge der Betrag der Stromimpulse, welche der Bearbeitungslücke 3 in Intervallen vorbestimmter Zeit T_p zugeführt werden, präzise gemessen werden, ohne Nachweisverzögerung. Da die Stromimpulse nur im Bearbeitungsstatus gemessen werden, wo brauchbare Entladungen vorkommen, die den Konsum der Drahtelektrode beeinflussen, kann im Weiteren die Messung der Stromimpulse mit höherer Genauigkeit vorgenommen werden. Demzufolge kann der Betrag der abgegebenen Energie, welcher während der Bearbeitung zugeführt wird, nachgewiesen werden, was ein wirksames Mittel für eine zuverlässige Verhütung von falscher Bearbeitung darstellt, wie Drahtelektrodenbruch und zentraler Lichtbogen. Ebenfalls wird die Ausgabe der Impulsfolge durch den Impulsfolgenbildungsstromkreis 13A während der Ausschaltzeit, wie in der zweiten Ausführungsform angegeben, um den Einfluss von Störungen zu vermeiden, welche durch die Funkenerosion gebildet werden, und um die abgegebene Energie mit höherer Genauigkeit zu messen, wobei die Zuverlässigkeit der Arbeitsweise zur Verhinderung eines Drahtbruches erfüllt werden kann. Im Weiteren kann der Impulsfolgenbildungsstromkreis 13A in solcher Weise konstruiert werden, dass die Ausgabe der Impulsfolge äquivalent ist zur Bearbeitungsenergie, wie in der dritten Ausführungsform, um eine präzise Messung der Energiemenge der Stromimpulse, welche an den Bearbeitungsspalt 3 sicherzustellen ohne Nachweisverzögerung.

Wie oben beschrieben, misst der Zählstromkreis 14 ebenfalls in Intervallen vorbestimmter Zeit die gesamte Anzahl von Impulsen, welche in den Impulsfolgen enthalten sind, entsprechend den Impulsbreiten der Stromimpulse, welche dem Bearbeitungsspalt 3 zugeführt werden, und gibt die Messresultate (gesamte Anzahl der Impulse, welche in den Impulsfolgen enthalten sind, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden) an das Anzeigegerät 15 ab. Wie in der ersten Ausführungsform zeigt die Anzeigevorrichtung 15 das Messresultat des Zählstromkreises 14, wenn die Energieabgabe während der Bearbeitung, dem Betreiber eine leichte Beurteilung zu ermöglichen, ob die vorgegebenen Werte für die Bearbeitungsbedingungsparameter, wie Spitzenwerte, Impulsbreiten, Abschaltzeiten usw. der Stromimpulse zweckmässig sind oder nicht, wobei es möglich ist, das Vorkommen eines Drahtbruches zu vermeiden. Zusätzlich können die Bearbeitungsbedingungen leicht ausgewählt werden, um die Last des Betreibers zu vermindern. Der Zählstromkreis 14 misst ebenfalls, wie oben beschrieben, mit Intervallen vorbestimmter Zeit T_p die gesamte Anzahl der Impulsfolgen, welche den Impulsbreiten der Stromimpulse entspricht, welche dem Bearbeitungsspalt 3 zugeführt werden, und gibt die Messresultate ab (Gesamtzahl der Impulsfolgen,

welche innerhalb der vorbestimmten Zeit gebildet werden) an den NC-Steuerapparat 10. Der NC-Steuerapparat 10 ändert und steuert die Parameter für die Bearbeitungsbedingung, welche an den Steuerstromkreis für die Bearbeitungsstromversorgung 8 abgegeben werden, in Übereinstimmung mit den Messresultaten des Zählstromkreises 14. Wenn z.B. die gesamte Anzahl von Impulsfolgen, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit gebildet werden, gross ist, folgert der NC-Steuerapparat 10, dass die Energieabgabe an die Drahtelektrode hoch ist, und ändert den gesetzten Wert der Bearbeitungsbedingungsparameter, wie den Stromimpuls ausserhalb der Dauer, um die Gesamtanzahl der Impulsfolgen, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden, zu reduzieren. Wenn hingegen die Gesamtanzahl der Impulsfolgen, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden, klein ist, ändert der NC-Steuerapparat 10 die gesetzten Werte der Bearbeitungsbedingungsparameter, um die Gesamtanzahl von Impulsfolgen, welche innerhalb der vorbestimmten Zeit T_p gebildet werden, zu erhöhen. Der Betrag, der an den Bearbeitungsspalt 3 in Intervallen von vorbestimmter Zeit zugeführt wird, wird ohne Nachweisverzögerung gemessen, und im Weiteren werden die Stromimpulse nur gemessen im Bearbeitungsstatus, wo brauchbare Entladungen, welche den Konsum der Drahtelektrode beeinflussen, vorkommen. Da dieses die Messung der Stromimpulse mit höherer Genauigkeit erlaubt, ermöglicht der Nachweis der abgegebenen Energiemenge während der Bearbeitung und die Steuerung der abgegebenen Energie die zuverlässige Verhütung einer falschen Bearbeitung, wie den Drahtelektrodenbruch und zentraler Lichtbogen.

Die vorliegende Ausführungsform kann ebenfalls mit jeder der zweiten bis zur zehnten Ausführungsform verwendet werden.

Wie oben beschrieben kann durch die erfindungsgemässe Funkenerosionsvorrichtung und das darin verwendete erfinderische Steuerverfahren der Betrag der Stromimpulse, welche dem Bearbeitungsspalt zugeführt werden, in präziser Weise gemessen werden ohne Nachweisverzögerung, wobei ein wirksames Mittel für den Nachweis des Vorkommens von falscher Bearbeitung, wie Elektrodendrahtbruch und zentraler Lichtbogen, vermieden wird.

Die erfindungsgemässe Funkenerosionsvorrichtung und das entsprechende Steuerverfahren erlauben ebenfalls, dass Impulse nur im Bearbeitungsstatus gemessen werden, wo brauchbare Entladungen stattfinden, welche den Konsum der Drahtelektrode beeinflussen, wobei die Stromimpulse mit höherer Genauigkeit gemessen werden können, was ein wirksames Mittel für den Nachweis des Vorkommens von Fehlbearbeitung, wie Drahtelektrodenbruch und zentraler Lichtbogen, mit hoher Zuverlässigkeit vermeidet.

Die erfindungsgemässe Funkenerosionsvorrichtung und das entsprechende Steuerverfahren ermöglichen ebenfalls, dass Fehlnachweise auf Grund von Störungen, welche durch die Funkenerosion verursacht werden, vermieden werden können, um mit höherer Genauigkeit die Anzahl der Stromimpul-

se zu messen, welche an den Bearbeitungsspalt abgegeben werden, wobei ein wirksames Mittel für den präzisen Nachweis des Vorkommens von Fehlbearbeitungen, wie Drahtelektrodenbruch und zentraler Lichtbogen, vermieden werden kann.

Die erfindungsgemässe Funkenerosionsvorrichtung und das entsprechende Steuerverfahren erlauben ebenfalls, dass die Energiemenge der Stromimpulse, welche an den Bearbeitungsspalt abgegeben werden, in präziser Weise ohne Nachweisverzögerung gemessen werden kann und dass insbesondere, wenn eine Vielzahl von Stromimpulsen (einschliesslich zwei verschiedene Stromimpulse) an den Bearbeitungsspalt abgegeben werden, die Menge der abgegebenen Energie während der Bearbeitung mit hoher Genauigkeit mit einem kleinen Nachweisfehler der Energiemenge der Stromimpulse nachgewiesen werden kann, wobei ein wirksames Mittel für den sehr genauen Nachweis des Vorkommens einer Fehlbearbeitung, wie dem Elektrodendrahtbruch und dem zentralen Lichtbogen, zur Verfügung gestellt wird.

Die erfindungsgemässe Funkenerosionsvorrichtung und das entsprechende Steuerverfahren ermöglichen ebenfalls, dass die Energiemenge der Stromimpulse, welche an den Bearbeitungsspalt in Intervallen vorbestimmter Zeit abgegeben werden, ohne Verzögerung nachgewiesen werden können und dass im Weiteren die Anordnung eines Zählerstromkreises vereinfacht werden kann, wobei ein wirksames Mittel für den Nachweis einer Fehlbearbeitung, wie dem Elektrodendrahtbruch und zentraler Lichtbogen, für den Einsatz in einem kostengünstigen Gerät konstruiert werden können.

Die erfindungsgemässe Funkenerosionsvorrichtung und das entsprechende Steuerverfahren ermöglichen ebenfalls, dass die Menge der Stromimpulse (oder die Energiemenge der Stromimpulse), welche während der Bearbeitung abgegeben wird, nachgewiesen werden kann und die Stromimpulse (oder die Energiemenge der Stromimpulse) in solcher Weise gesteuert werden können, dass sie den Bedingungen entspricht, bei welchem das Vorkommen einer Falschbearbeitung, wie Elektrodendrahtbruch und zentraler Lichtbogen, verhütet werden kann.

Die erfindungsgemässe Funkenerosionsvorrichtung und das entsprechende Steuerverfahren ermöglichen ebenfalls, dass die Menge der Stromimpulse, welche dem Bearbeitungsspalt zugeführt werden, auf einem konstanten Wert gesteuert werden können, wobei der Output der Energiemenge während der Bearbeitung konstant gehalten wird, was eine Fehlbearbeitung, wie Elektrodendrahtbruch und zentrale Lichtbogen, in zuverlässiger Weise verhüten kann, wobei die Stabilität der Bearbeitung verbessert wird.

Patentansprüche

1. Funkenerosionsvorrichtung, bei welcher zur Bearbeitung eines Werkstückes (2) mit elektrischer Entladung eine gepulste Spannung über eine drahtförmige Elektrode (1) und das Werkstück (2) angelegt ist, umfassend:

Impulsfolgeerzeugungsmittel (13) zur Ausgabe einer

Impulsfolge, welche Impulsfolge eine Bearbeitungsstrom-Versorgungsdauer darstellt, Impulsaufsummierungsmittel (14) zum Aufsummieren der Anzahl der genannten Impulsfolgen innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer und Steuermittel (8A/10A) zum Steuern der Bearbeitungsbedingung gemäss einem Resultat einer Impulszahlaufsummierung, die durch das genannte Impulsaufsummierungsmittel (14) durchgeführt wurde, oder gemäss einem Resultat eines der Impulszahlaufsummierung entsprechenden Energiemengenäquivalents, das durch Energiemengenberechnungsmittel (16) basierend auf dem Resultat der Impulszahlaufsummierung berechnet wurde.

2. Funkenerosionsvorrichtung nach Anspruch 1, weiter umfassend Spannungsmessmittel (9/11) zum Messen einer Spannung während einer Entladung, wobei die Impulsfolgeerzeugungsmittel (13) eine Impulsfolge, welche Impulsfolge eine Bearbeitungsstromversorgungsdauer darstellt, nur ausgeben, wenn die Spannung, die durch die genannten Spannungsmessmittel (9/11) gemessen wurde, einen vorbestimmten Spannungswert überschreitet, welcher Spannungswert einer gültigen elektrischen Entladung in einer Zwischenelektrodenlücke (3) entspricht.

3. Funkenerosionsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die genannten Impulsfolgeerzeugungsmittel (13) eine Impulsfolge ausgeben, die äquivalent zur Bearbeitungsenergie ist.

4. Funkenerosionsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die genannten Impulsfolgeerzeugungsmittel (13) eine Impulsfolge ausgeben, welche Impulsfolge die Bearbeitungsstromversorgungsdauer nach dem Stoppen der Versorgung mit Bearbeitungsstrom darstellt.

5. Funkenerosionsvorrichtung nach Anspruch 2, weiter umfassend Anzeigemittel zum Anzeigen eines Resultates von mindestens einem der genannten Impulsfolgeerzeugungsmittel (13) und/oder der genannten Energiemengenberechnungsmittel (16).

6. Funkenerosionsvorrichtung, bei welcher zur Bearbeitung eines Werkstückes (2) mit elektrischer Entladung eine gepulste Spannung über eine drahtförmige Elektrode (1) und das Werkstück (2) angelegt ist, umfassend:

Impulsfolgeerzeugungsmittel (13) zur Ausgabe einer Impulsfolge, welche Impulsfolge eine Bearbeitungsstromversorgungsdauer darstellt, Energiemessmittel zum Messen einer innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer erzeugten Energiemenge oder einer Grösse, die äquivalent zur genannten Energiemenge ist, und Steuermittel (8A) zum Steuern der Bearbeitungsbedingung gemäss einem Resultat der genannten Energiemessmittel oder gemäss einem Resultat eines Energiemengenberechnungsmittel (16), welches Resultat basierend auf dem Resultat der genannten Energiemessmittel berechnet wurde.

7. Funkenerosionsvorrichtung nach Anspruch 6, weiter umfassend ein Steuermittel (17/8B) zum Stoppen der Versorgung mit Bearbeitungsstrom, wenn eine Ausgabe der genannten Energiemessmittel eine vordefinierte Grösse überschreitet, um dabei die Energiemenge, welche bei der Zwischen-

elektrodenlücke (3) zwischen der Drahtelektrode und dem Werkstück angelegt wurde, zu kontrollieren.

8. Funkenerosionsvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, weiter umfassend Anzeigemittel zum Anzeigen eines Resultates der genannten Energiemessmittel und/oder Energiemengenberechnungsmittel (16).

9. Steuerverfahren für eine Funkenerosionsvorrichtung, bei welchem zur Bearbeitung eines Werkstückes (2) mit elektrischer Entladung eine gepulste Spannung über eine Zwischenelektrodenlücke (3) mit einer drahtförmigen Elektrode (1) und dem Werkstück (2) angelegt wird, welches folgende Schritte umfasst:

Ausgeben einer Impulsfolge, welche Impulsfolge eine Bearbeitungsstromversorgungsdauer darstellt, Aufsummieren der Impulsfolge innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer, und Steuern von Bearbeitungsbedingungen gemäss einem Resultat einer Impulszahlaufsummierung oder gemäss einem Resultat eines der Impulszahlaufsummierung entsprechenden Energiemengenäquivalents.

10. Steuerverfahren für eine Funkenerosionsvorrichtung nach Anspruch 9, weiter umfassend ein Messen einer Spannung während dem Auftreten einer Entladung, wobei eine Impulsfolge, welche Impulsfolge eine Bearbeitungsstromversorgungsdauer darstellt, nur ausgegeben wird, wenn die gemessene Spannung einen vorbestimmten Spannungswert überschreitet, welcher Spannungswert einer gültigen elektrischen Entladung in einer Zwischenelektrodenlücke (3) entspricht.

11. Steuerverfahren für eine Funkenerosionsvorrichtung nach Anspruch 10, wobei die genannten Impulsfolge so ausgegeben wird, dass sie äquivalent zur Bearbeitungsenergie ist.

12. Steuerverfahren für eine Funkenerosionsvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, wobei die genannte Impulsfolge ausgegeben wird, welche Impulsfolge die Bearbeitungsstromversorgungsdauer nach dem Stoppen der Versorgung mit Bearbeitungsstrom darstellt.

13. Steuerverfahren für eine Funkenerosionsvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, weiter umfassend ein Schritt des Anzeigens eines Resultates der genannten Impulszahlaufsummierung und/oder des genannten entsprechenden Energiemengenäquivalents.

14. Steuerverfahren für eine Funkenerosionsvorrichtung, bei welchem zur Bearbeitung eines Werkstückes (2) mit elektrischer Entladung eine gepulste Spannung über eine Zwischenelektrodenlücke (3) mit einer drahtförmigen Elektrode (1) und dem Werkstück (2) angelegt wird, welches folgende Schritte umfasst:

Ausgeben einer Impulsfolge, welche Impulsfolge eine Bearbeitungsstromversorgungsdauer darstellt, Messen einer innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer erzeugten Energiemenge oder einer Grösse, die äquivalent zur genannten Energiemenge ist, und Steuern der Bearbeitungsbedingung gemäss einem Resultat der genannten Energiemessung oder gemäss einem Resultat, das basierend auf dem Re-

sultat der genannten Energiemessung berechnet wurde.

15. Steuerverfahren für eine Funkenerosionsvorrichtung nach Anspruch 14, weiter umfassend ein Stoppen der Versorgung mit Bearbeitungsstrom, wenn eine Ausgabe der genannten Energiemessung eine vordefinierte Grösse überschreitet, um dabei die Energiemenge, welche bei der Zwischenelektrodenlücke (3) zwischen der Drahtelektrode und dem Werkstück angelegt wurde, zu kontrollieren. 5 10

16. Steuerverfahren für eine Funkenerosionsvorrichtung nach einem der Ansprüche 14 oder 15, weiter umfassend das Anzeigen eines Resultates der genannten Energiemessung. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

17

FIG. 1

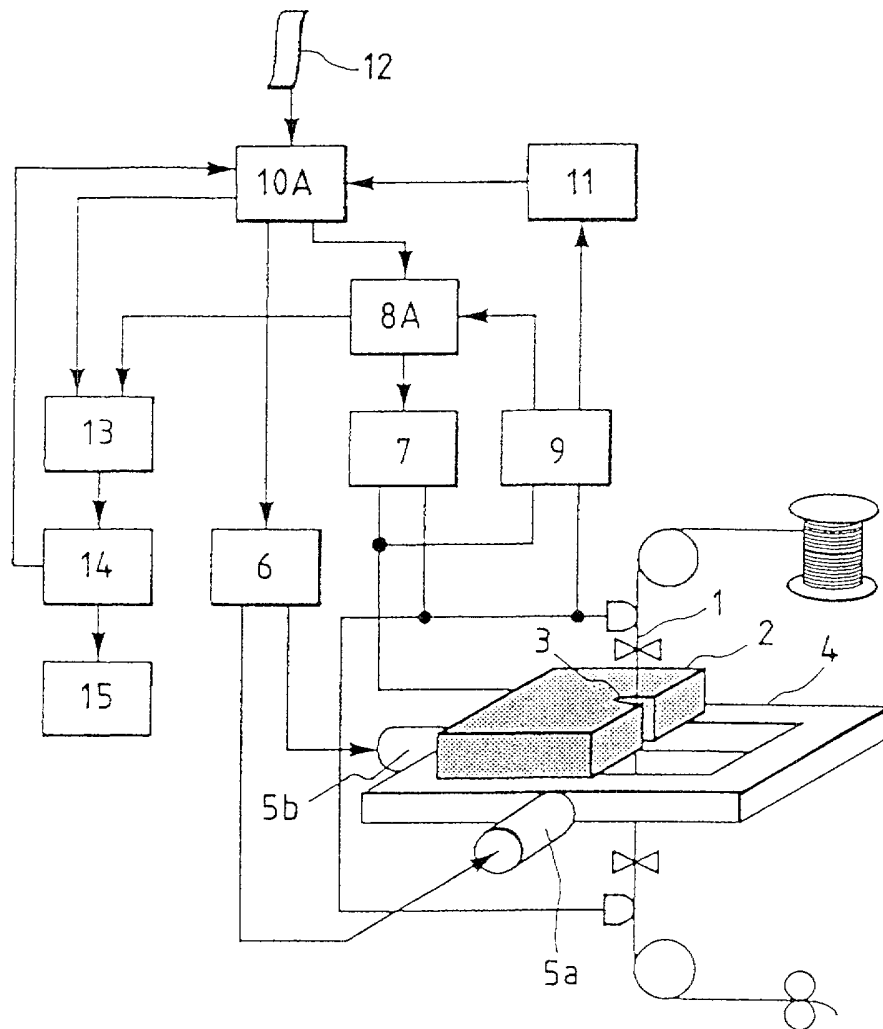
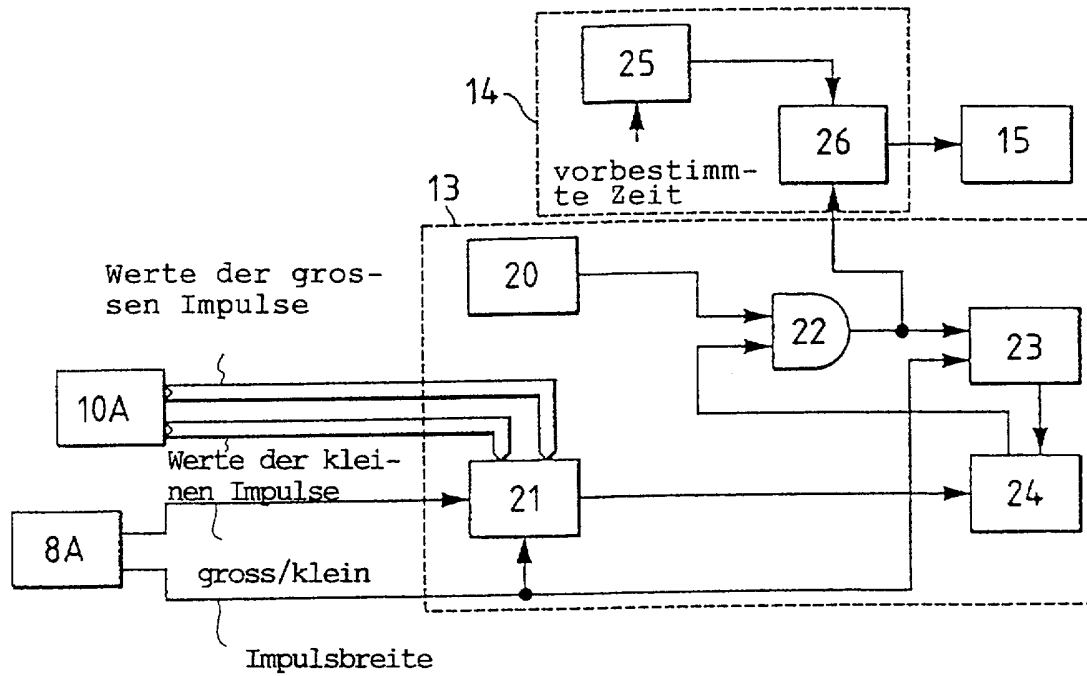


FIG. 2



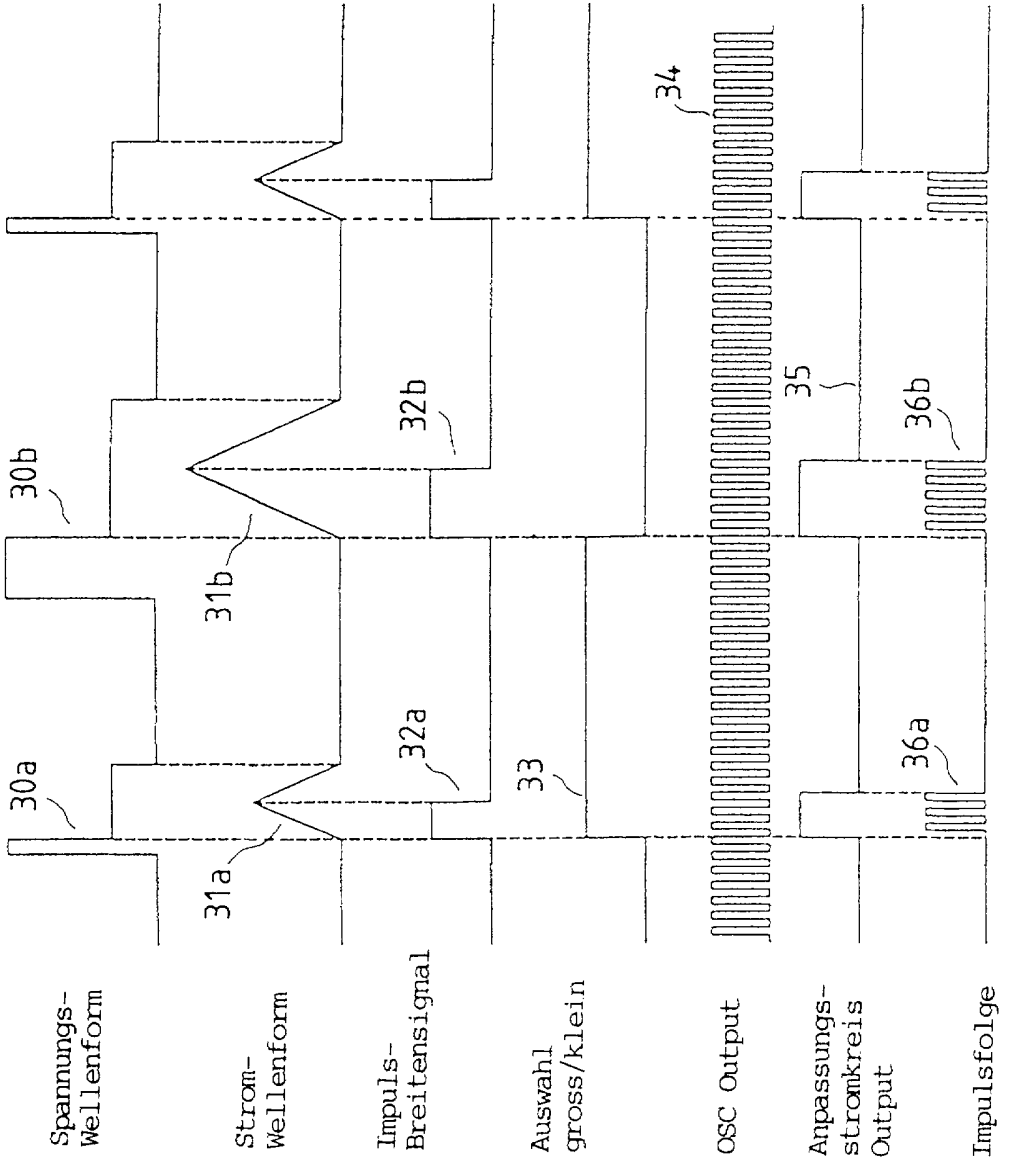


FIG. 3

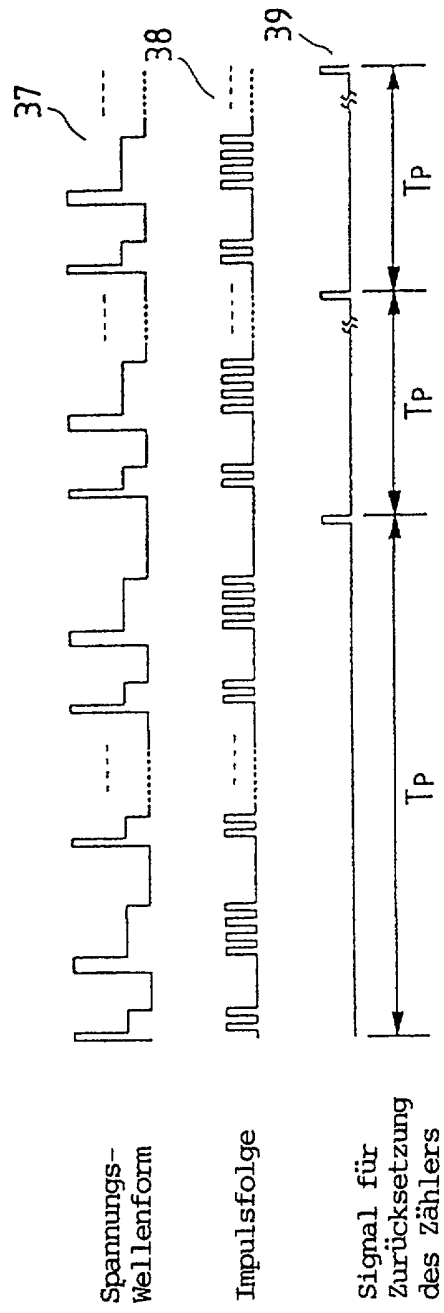


FIG. 4

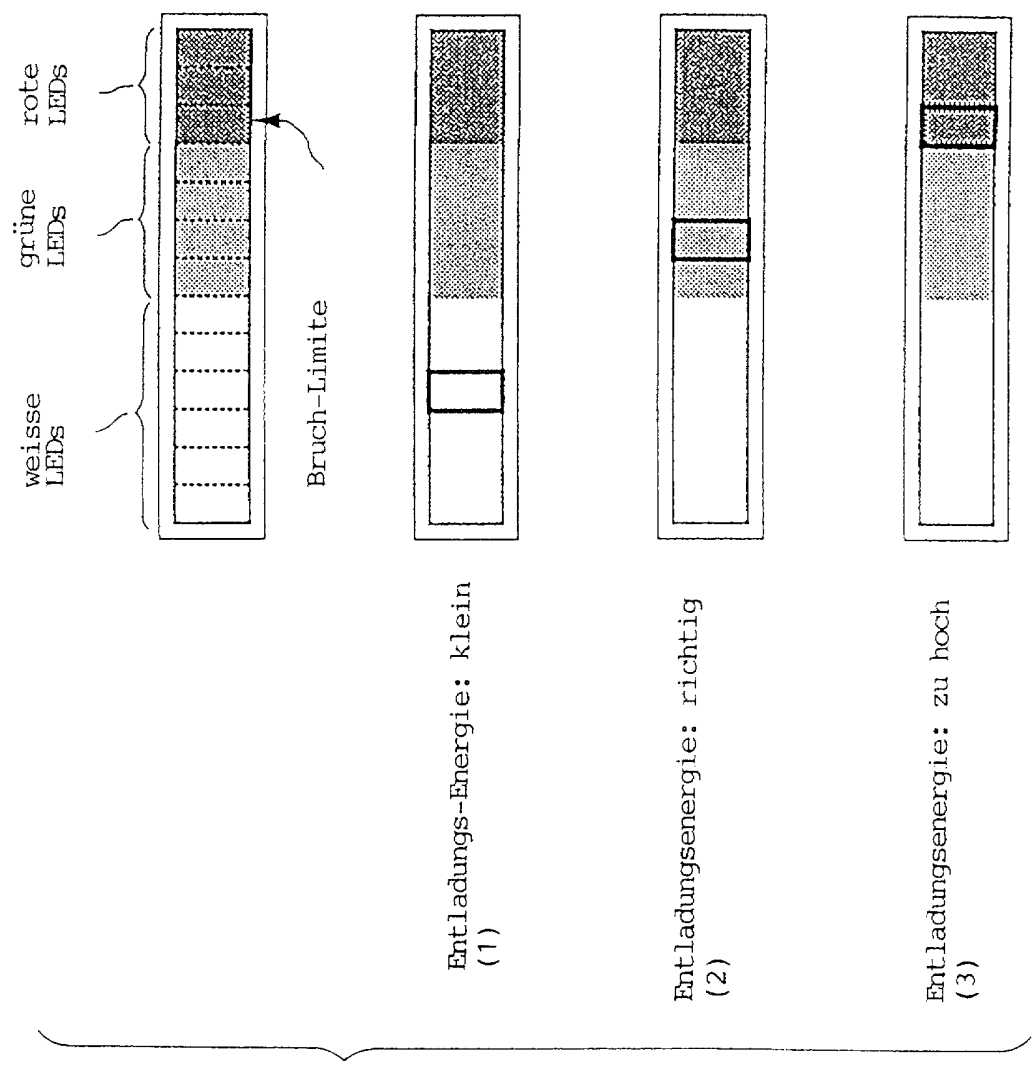
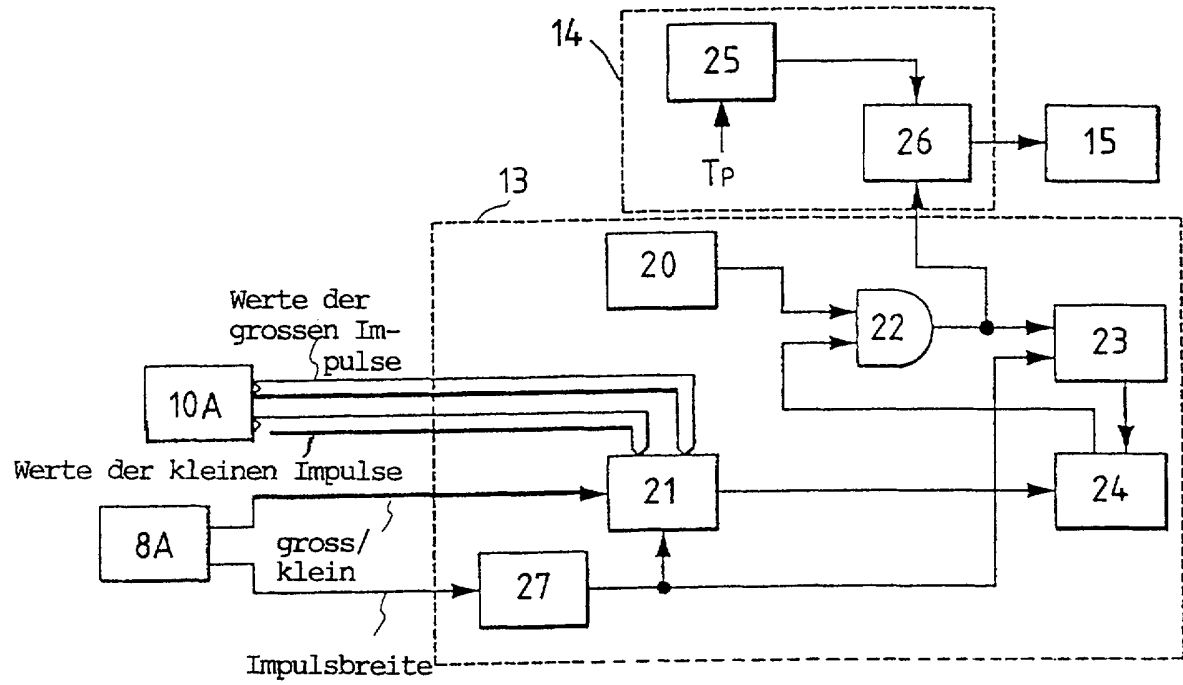


FIG. 5

FIG. 6



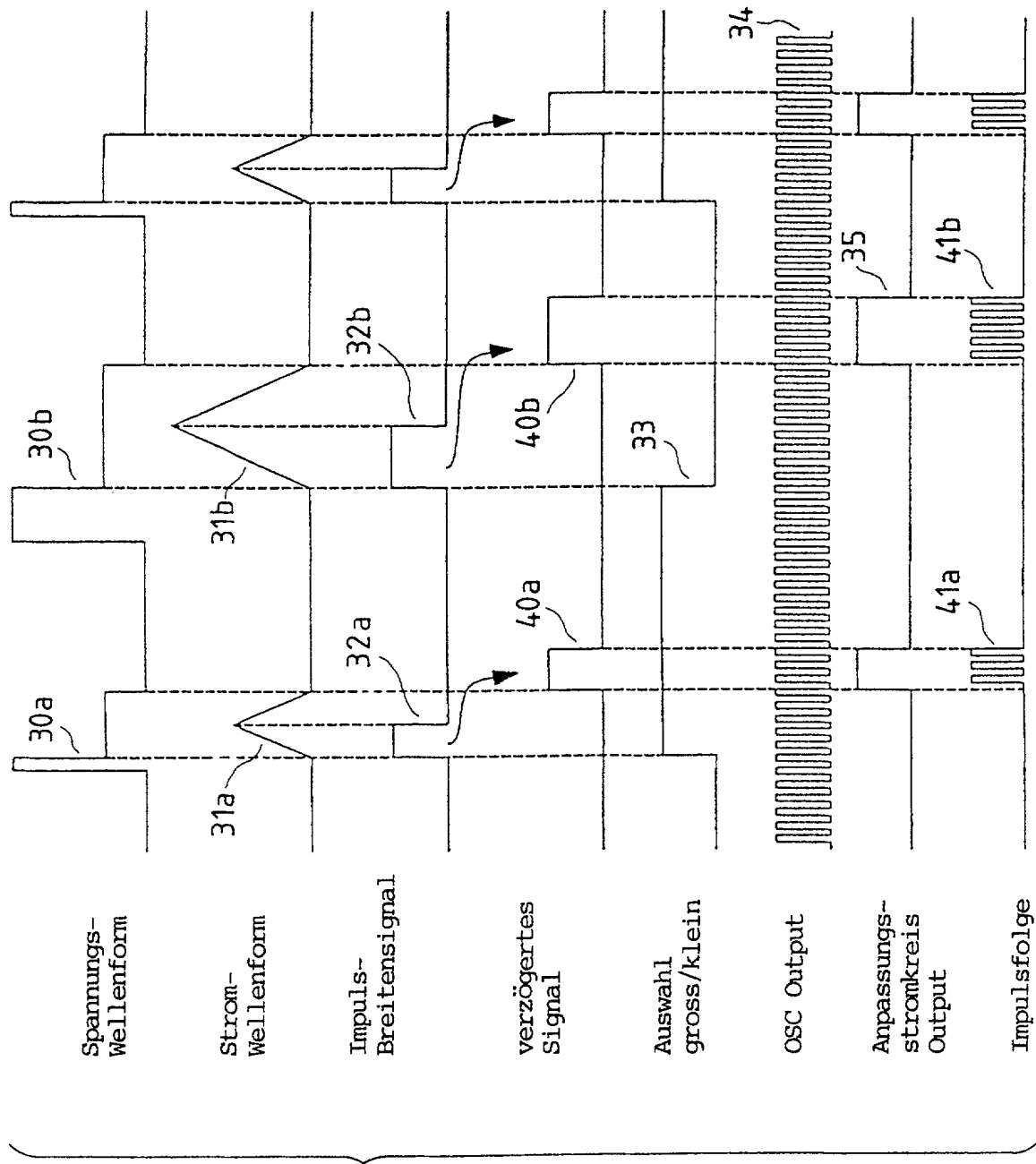


FIG. 8

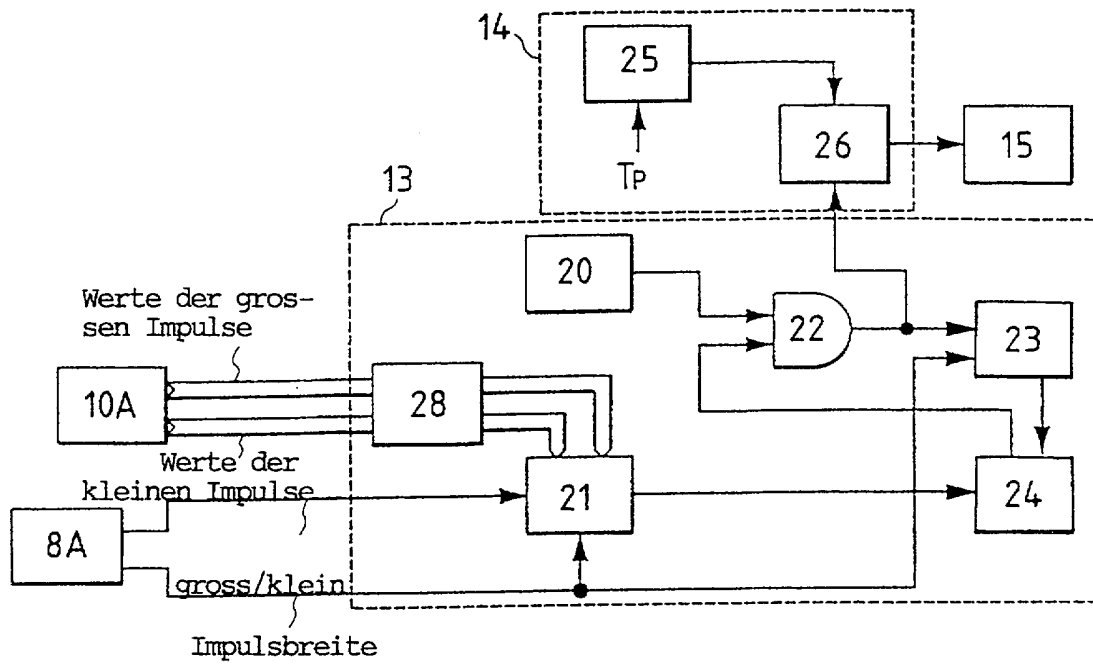


FIG. 9

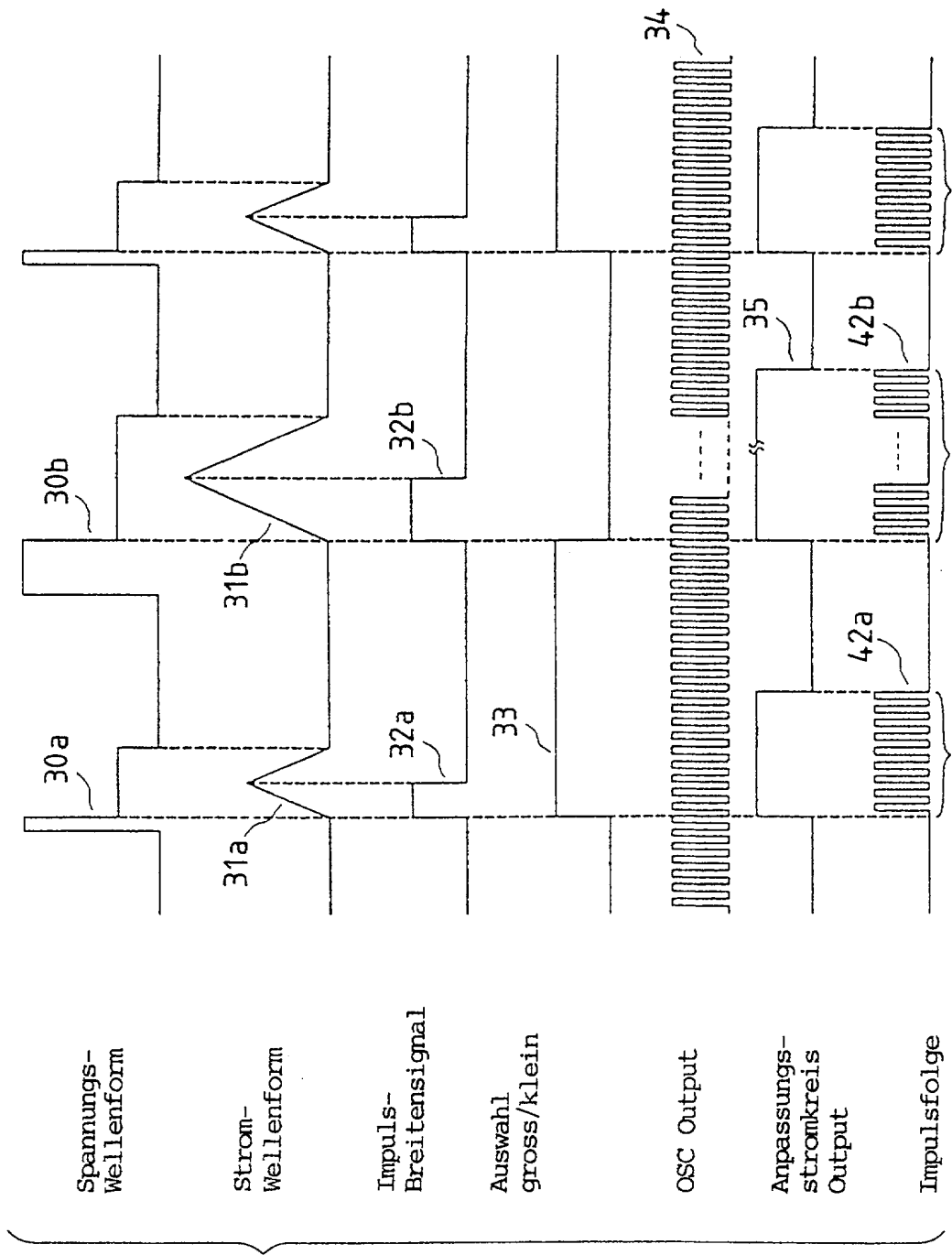


FIG. 10

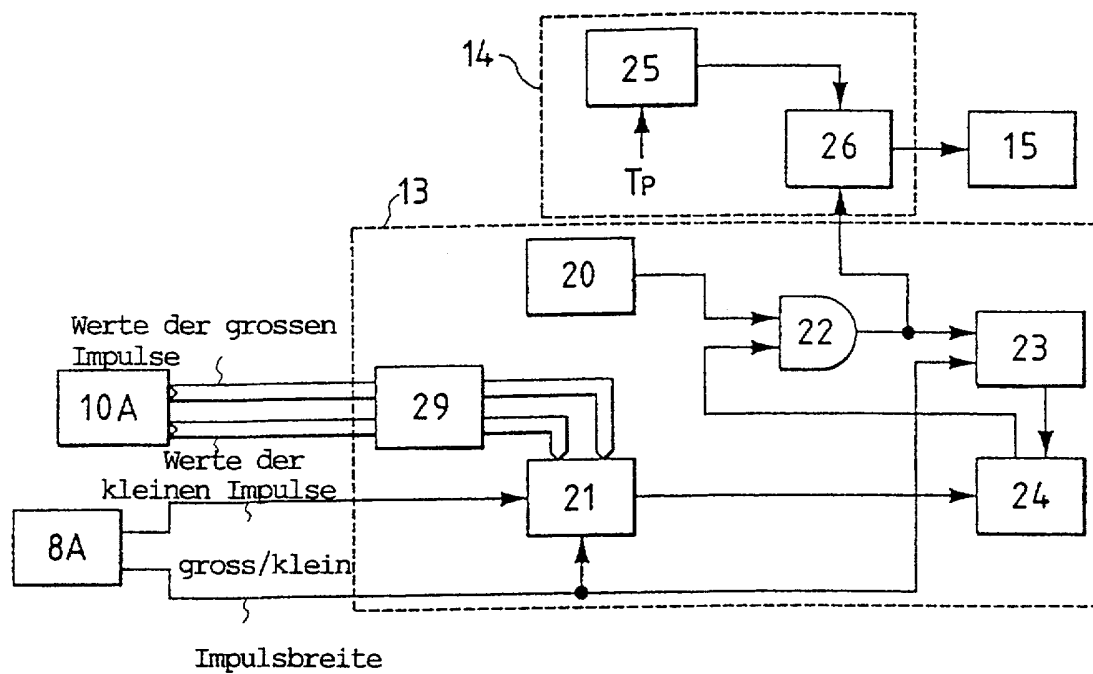


FIG. 11

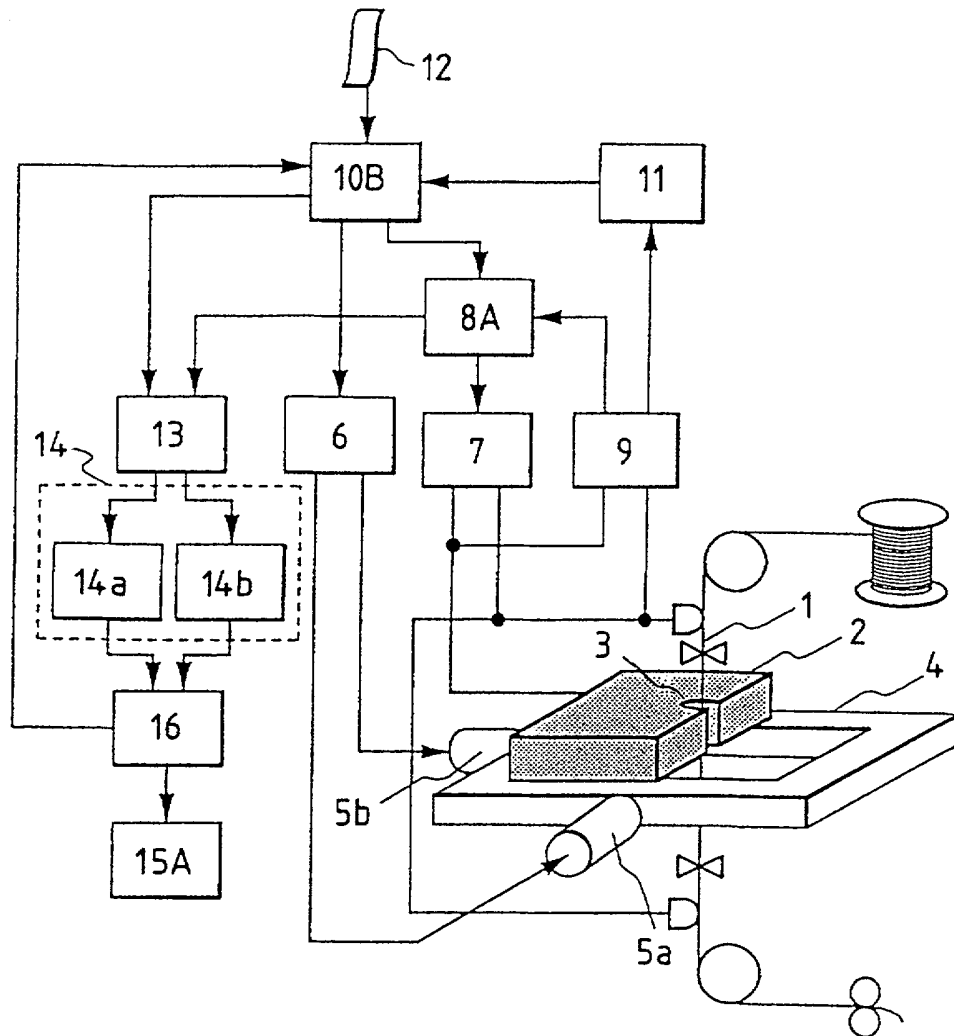


FIG. 12

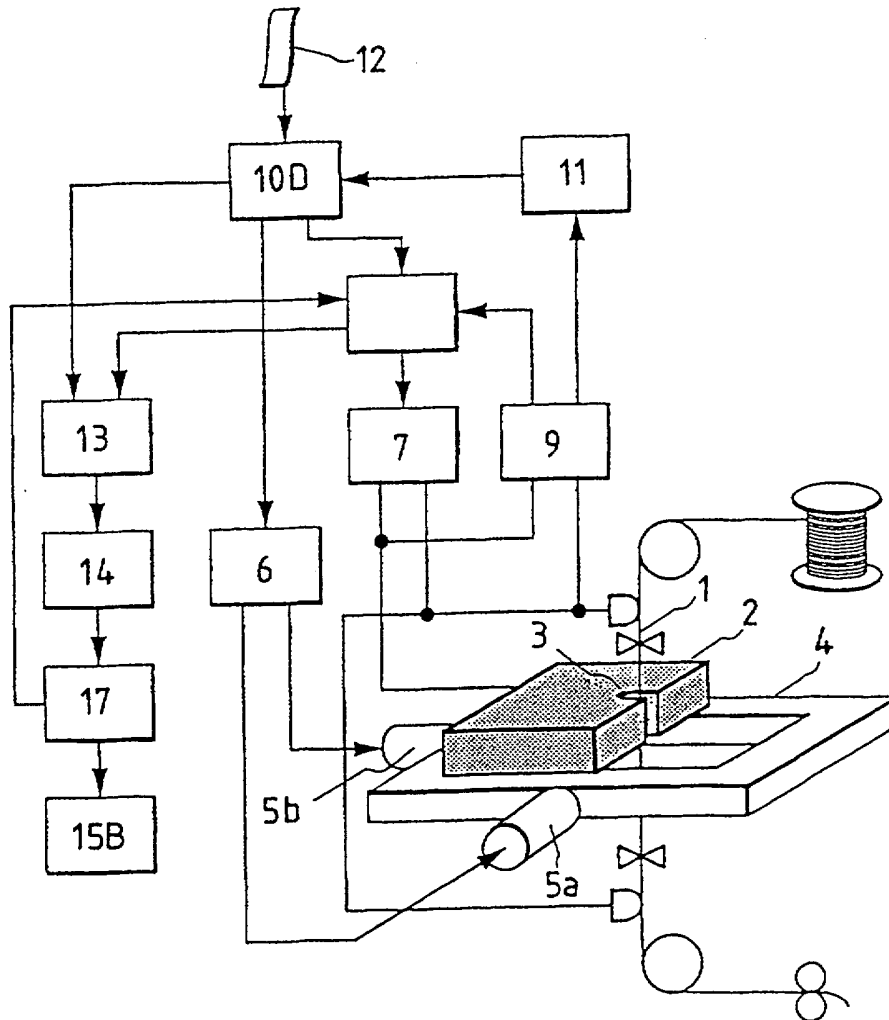
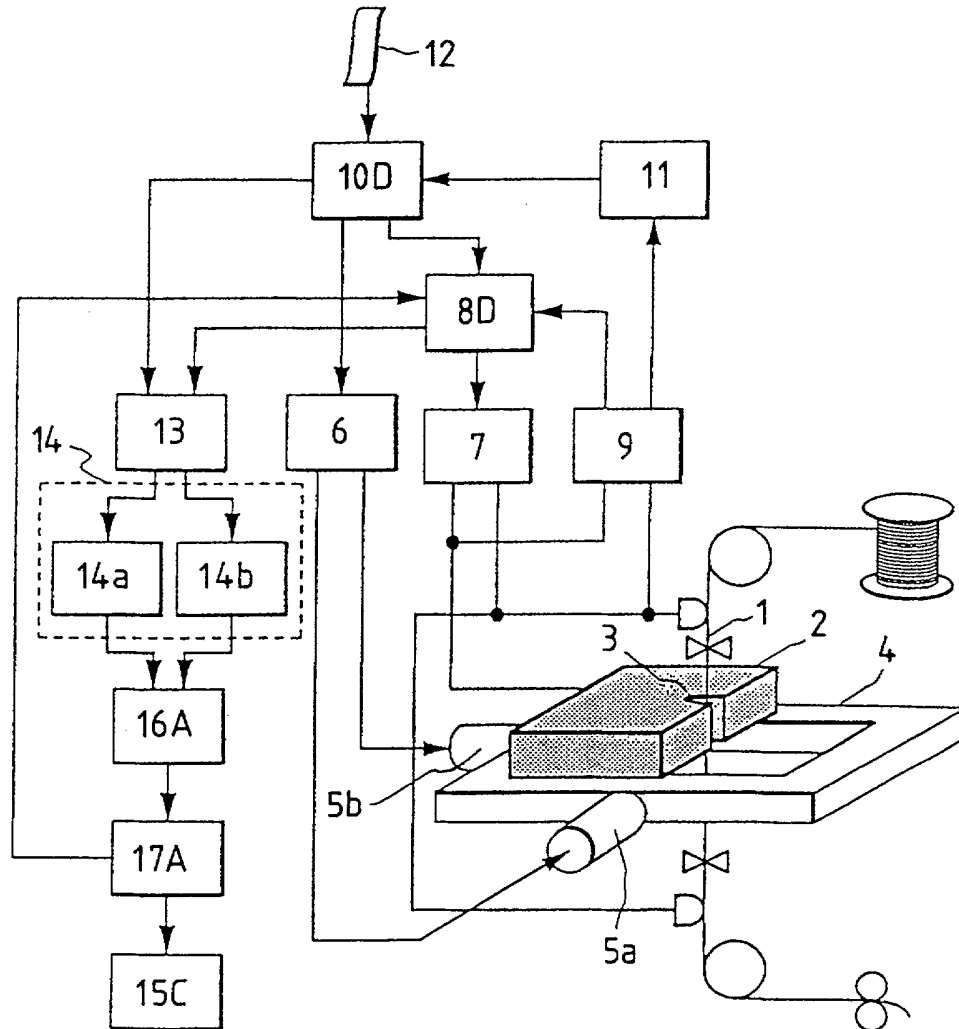
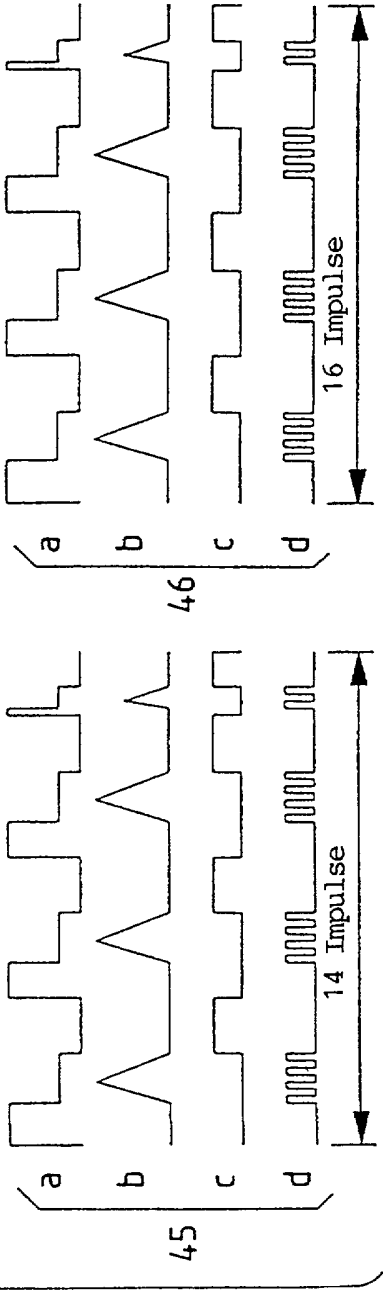
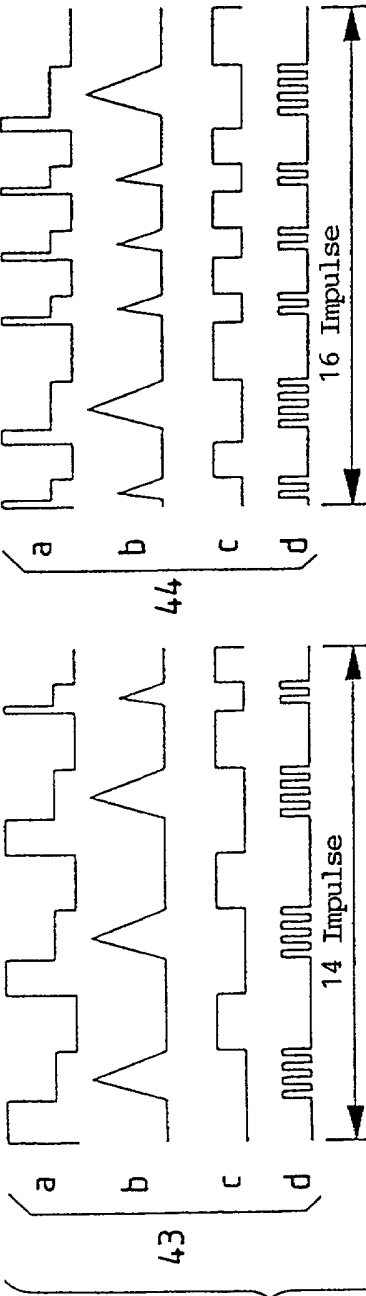
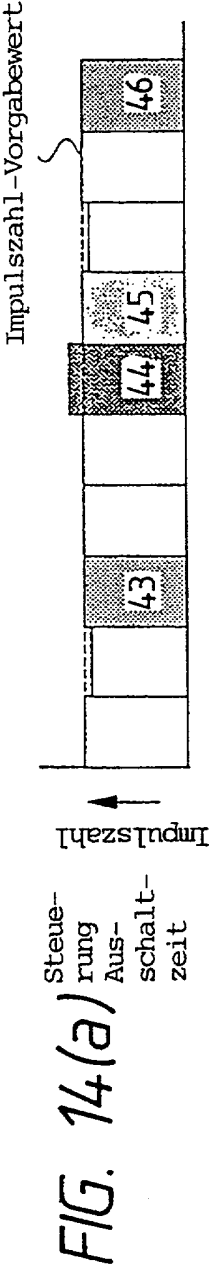


FIG. 13





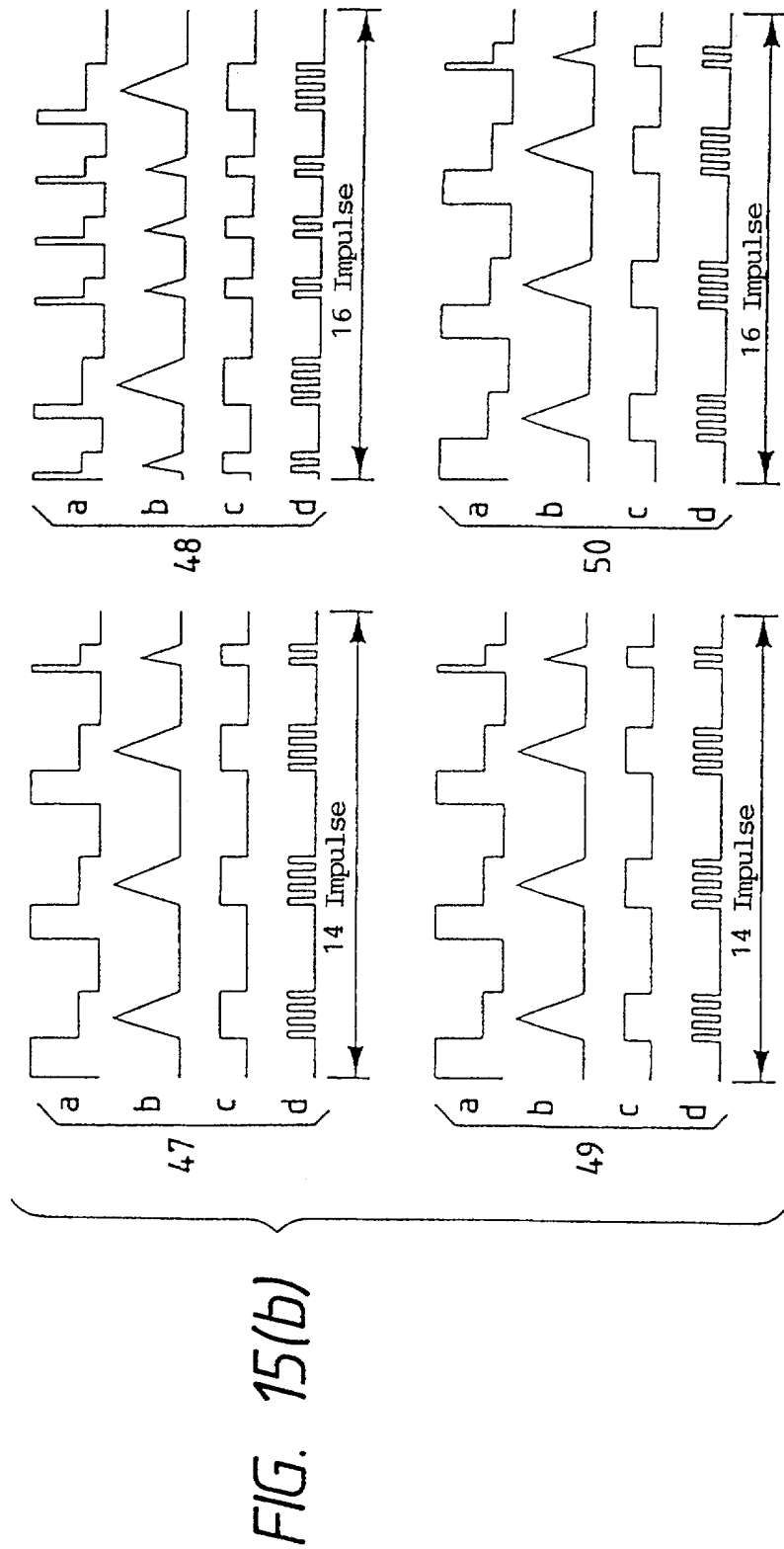
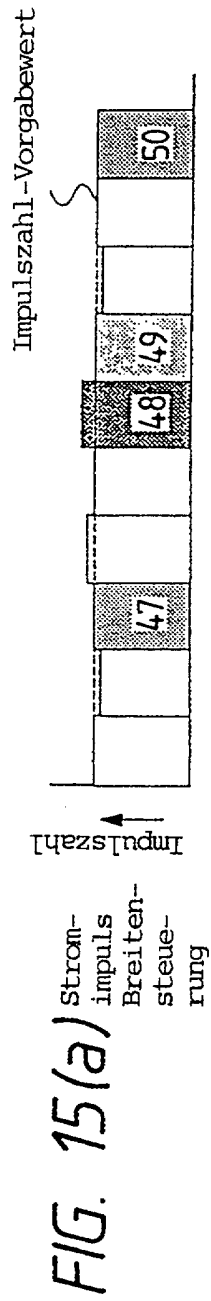
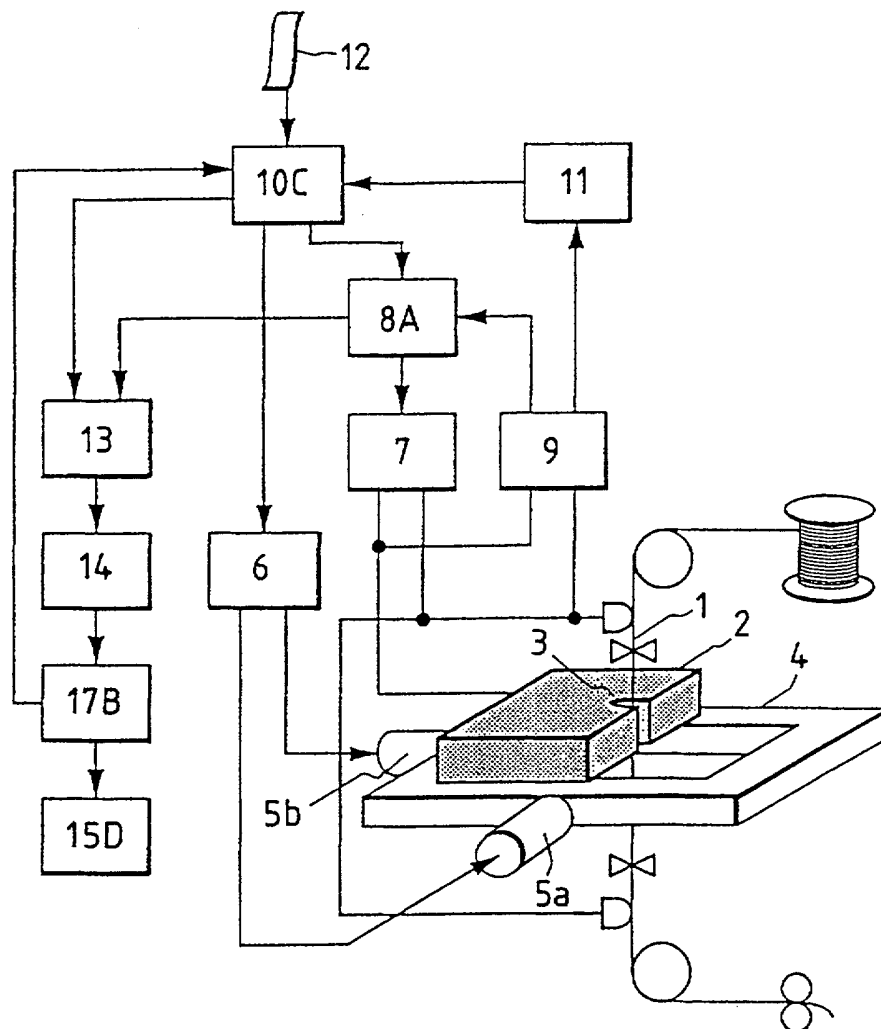


FIG. 16



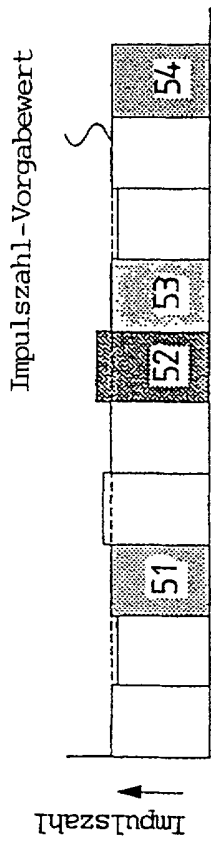


FIG. 17(a)

Bearbeitung
Zufuhrsteuerung

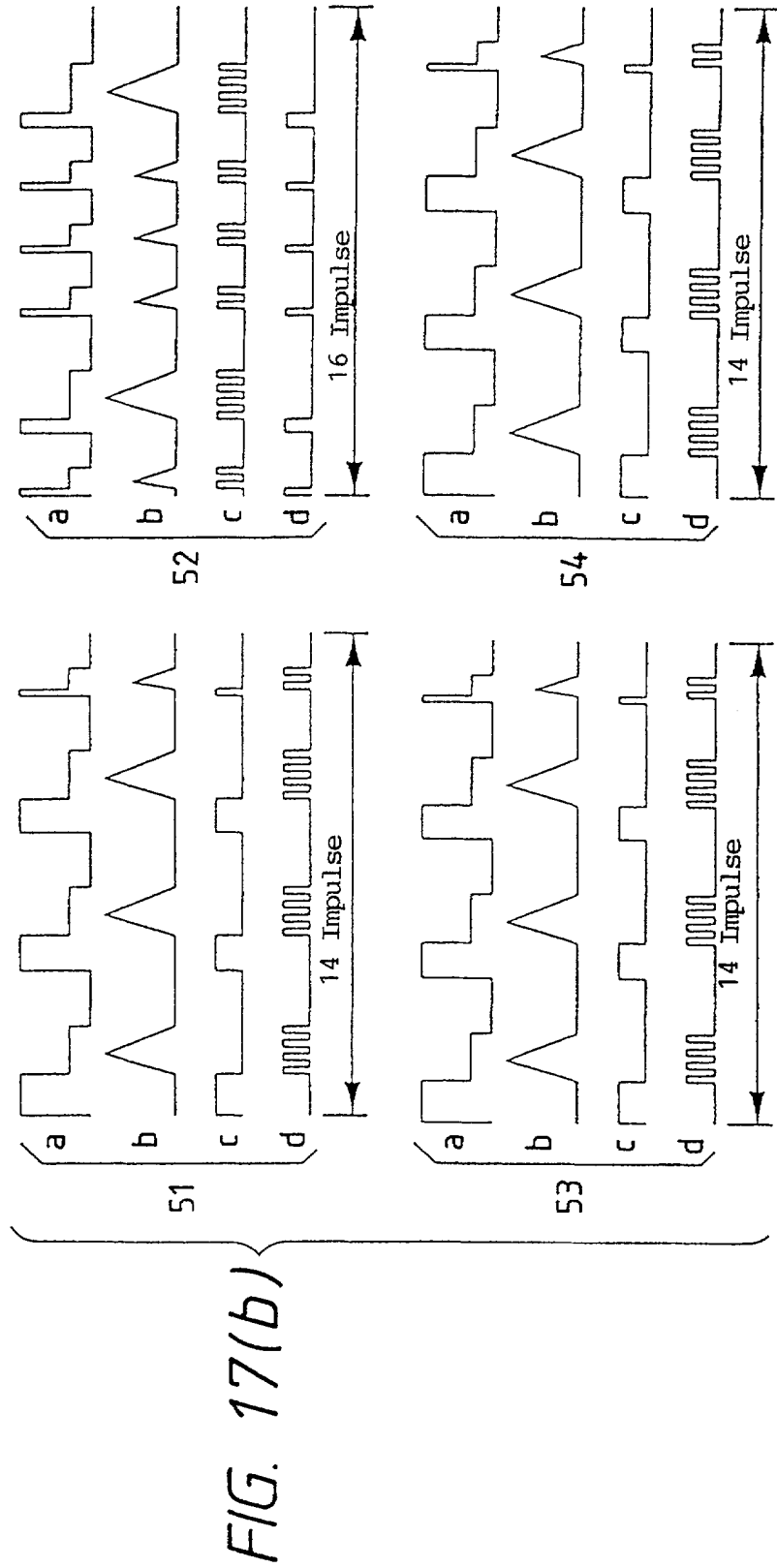
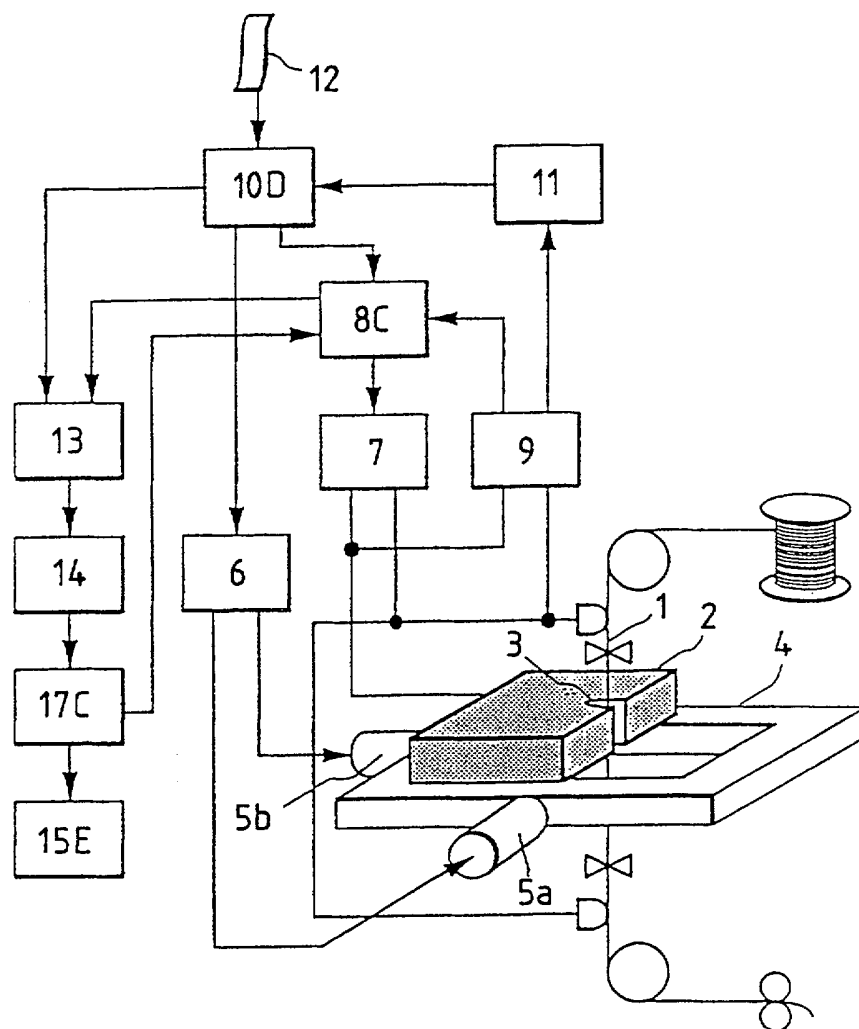


FIG. 18



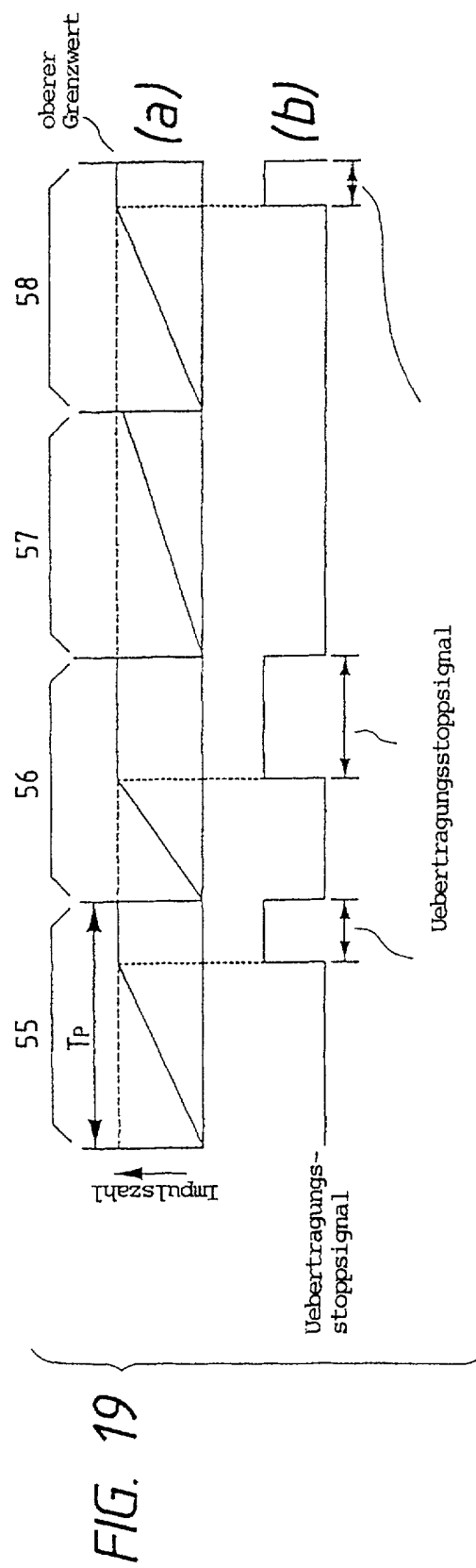


FIG. 20

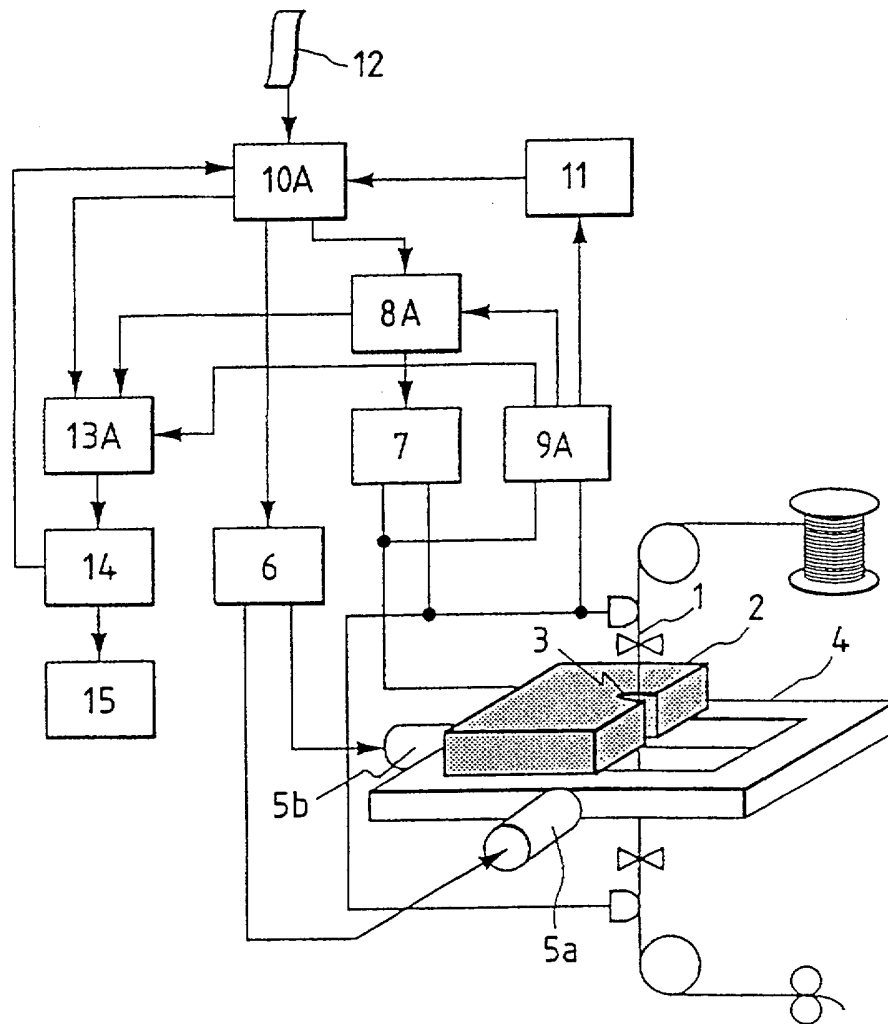


FIG. 21(a)

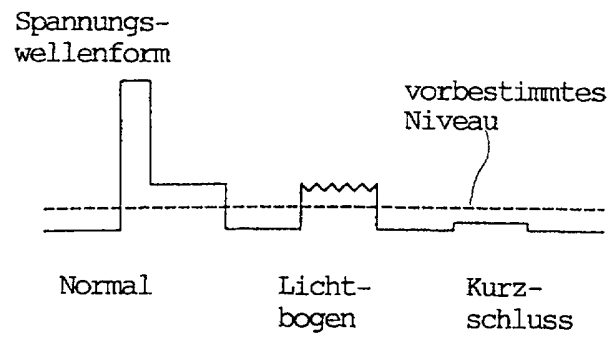


FIG. 21(b)

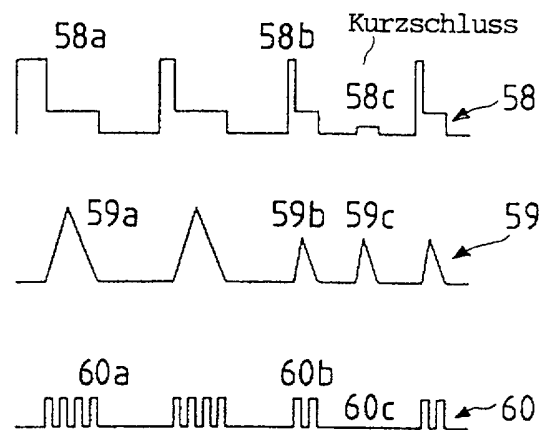


FIG. 22

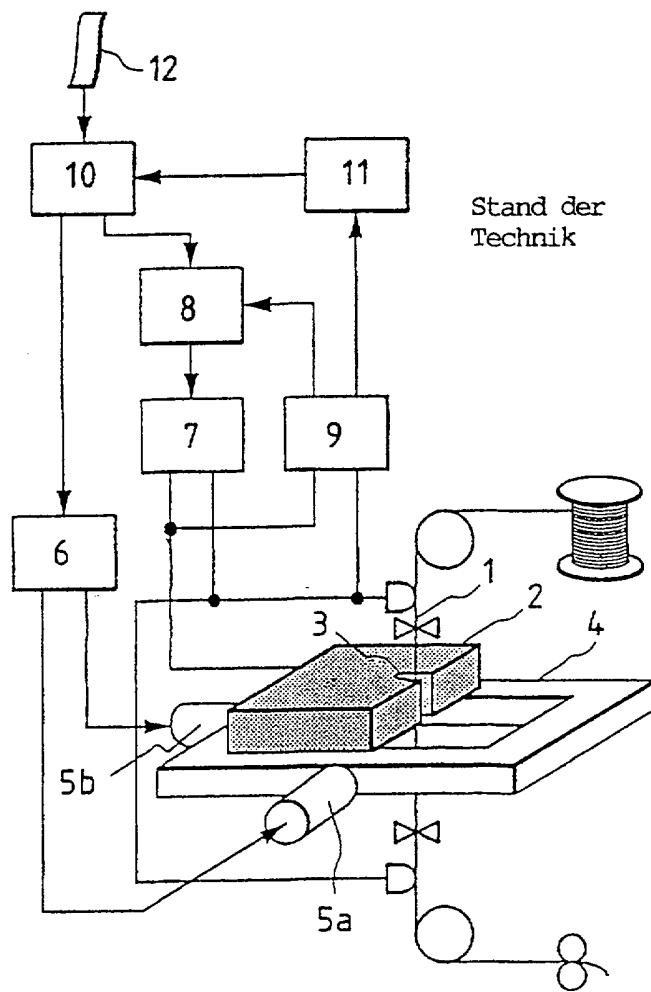


FIG. 23

