



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 659 416 A5

⑤① Int. Cl.4: B 23 H 1/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 6279/81

㉔ Anmeldungsdatum: 21.01.1981

㉓ Priorität(en): 22.01.1980 JP 55-6109
23.04.1980 JP 55-53872
23.04.1980 JP 55-53870
23.04.1980 JP 55-53869
23.04.1980 JP 55-53868
23.04.1980 JP 55-53873

㉒ Patent erteilt: 30.01.1987

㉑ Patentschrift
veröffentlicht: 30.01.1987

㉑ Inhaber:
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha,
Chiyoda-ku/Tokyo (JP)

㉒ Erfinder:
Ito, Tetsuro, Nagoya-shi/Aichi (JP)

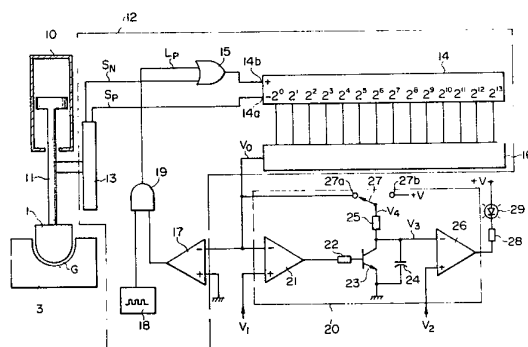
㉓ Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

㉔ Internationale Anmeldung: PCT/JP 81/00014
(Ja)

㉕ Internationale Veröffentlichung: WO 81/02127
(Ja) 06.08.1981

⑤④ **Apparatur für elektrische Entladungsbearbeitung.**

⑤⑦ Mit der elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur wird zum Bearbeiten ein Werkstück (3) durch Gegenüberstellen einer Elektrode (1) und des Werkstückes durch eine isolierende Bearbeitungslösung hindurch bearbeitet. Die Elektrode (1) wird auf das Werkstück (3) hin vorangeschoben, wobei eine elektrische Entladung an den einander gegenüberstehenden Elektroden bewirkt wird. Die Einrichtung (12) stellt die Differenz zwischen der am weitesten vorangeschobenen Position der Elektrode (1) in Richtung auf das Werkstück (3) und der Augenblicksposition der Elektrode (1) fest. Es wird ein Signal durch Erkennen des Zwischenelektrodenzustands in Übereinstimmung mit dem Feststellergesult abgegeben. Auf diese Weise wird die Eignung des Zwischenelektrodenbearbeitungsspaltzustands in der elektrischen Entladungsbearbeitung genau beobachtet und das Werkstück wird unter günstigen Bearbeitungsbedingungen bearbeitet.



PATENTANSPRÜCHE

1. Elektrische Entladungsbearbeitungsapparatur für die Bearbeitung eines Werkstücks (3) durch Gegenüberstellen einer Elektrode (1) mit dem Werkstück (3) durch eine isolierende Bearbeitungslösung (4) hindurch, Voranschieben der Elektrode (1) zum Werkstück hin und Veranlassen der elektrischen Entladung innerhalb der einander gegenüberstehenden Elektroden, gekennzeichnet durch Elektrodenpositionsfeststellmittel (12) zum Feststellen der Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position der Elektrode (1) gegenüber dem Werkstück (3) und der Augenblicksposition der Elektrode; und Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) zum Abgeben eines Signals durch Erkennen des Zwischenelektrodenzustands aufgrund der durch die Elektrodenpositionsfeststellmittel (12) erkannten Differenz.

2. Apparatur nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Energiequelle zum Variieren der elektrischen Bearbeitungsbedingungen in Abhängigkeit von einem vom Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) stammenden Signal.

3. Apparatur nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Steuermittel zum Zuführen eines Elektrodenvorschubsignals zum Verändern der Elektrodenstellung abhängig von dem Ausgangssignal vom Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20), welches der Elektrodenvorschubeinrichtung zugeführt wird.

4. Apparatur nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Anzeigemittel zum Anzeigen des Zwischenelektrodenzustands entsprechend dem Ausgangssignal von der Zwischenelektrodenzustandserkennungseinrichtung (20) oder dem Ausgangssignal von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12).

5. Apparatur nach einem der Ansprüche 1, 2, 3 oder 4, bei der die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) arbeiten, um den Zwischenelektrodenzustand als entartet zu erkennen, wenn die Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position der Elektrode und der Augenblicksposition der Elektrode durch die Elektrodenpositionserkennungsmittel (12) als gross festgestellt wird.

6. Apparatur nach Anspruch 5, worin die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) arbeiten, um den Zwischenelektrodenzustand als entartet zu erkennen, wenn die Zeit, während der die Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position der Elektrode (1) und der Augenblicksposition der Elektrode von der Elektrodenpositionsfeststelleinrichtung (12) als gross erkannt wird, länger als ein vorbestimmter Wert ist.

7. Apparatur nach Anspruch 5, worin die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) arbeiten, um den Zwischenelektrodenzustand als entartet zu erkennen, wenn der Wert des Produktes aus der Zeit, während der die Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position der Elektrode (1) und der Augenblicksposition der Elektrode (1), die durch die Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) erkannt werden, gross ist, und die Differenz höher als ein vorbestimmter Wert ist.

8. Apparatur nach Anspruch 5, worin die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) so ausgebildet sind, um entweder die Feststellung, dass der Zwischenelektrodenzustand entartet ist, wenn die Zeit, während der die Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position der Elektrode (1) und der Augenblicksposition der Elektrode, erkannt durch die Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12), gross ist, länger als ein vorbestimmter Wert dauert, oder der Elektrodenzustand als entartet erkannt wird, wenn der Wert des Produktes aus der Zeit, während der die Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen

Position der Elektrode (1) und der Augenblicksposition der Elektrode, erkannt durch die Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12), gross ist und die Differenz höher ist als ein vorbestimmter Wert.

9. Apparatur nach Anspruch 5, worin die Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) ein Längenmessgerät (13) für die Erzeugung eines Digitalsignals abhängig von der Vorschub- oder Rückzugstrecke der Elektrode (1) und einen Zweirichtungszähler (14) zum Zählen der Digitalsignale des Messgerätes (13) enthält.

10. Apparatur nach Anspruch 5, worin die Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) ein Längenmessgerät (13) für die Erzeugung eines Digitalsignals, abhängig von der Vorschub- oder Rückzugstrecke der Elektrode (1), und einen Zweirichtungszähler (14) zum Zählen der Digitalsignale des Längenmessgerätes (13), einen Digital/Analog-Wandler (16) zum Umwandeln der Digitalgrösse auf der Ausgangsseite des Zweirichtungszählers (14) in eine Analoggrösse, einen Komparator (17) zum Vergleichen der Ausgangsgrösse (V_0) des Wandlers (16) mit einem vorgegebenen Wert (V_1) und Erzeugen eines Ausgangssignals in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis, einen Impulsoszillator (18) zum Erzeugen von Impulsen mit vorgegebenem Intervall, eine erste Gate-Schaltung (19), der das Ausgangssignal vom Komparator (17) und das Ausgangssignal vom Impulsoszillator (18) zugeführt wird, und eine zweite Gate-Schaltung (15), die das Ausgangssignal von der ersten Gate-Schaltung (19) und das Digital-Signal vom Längenmessgerät (13) zugeführt erhält, um ein Ausgangssignal für den Zweirichtungszähler (14) zu erzeugen, aufweist.

11. Apparatur nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) einen ersten Komparator (21) aufweisen, dem das Ausgangssignal (V_0) von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) zugeführt wird, um dieses mit einem vorgegebenen Wert (V_1) zu vergleichen und ein Ausgangssignal in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis zu erzeugen.

12. Apparatur nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) einen ersten Komparator (21) aufweisen, dem das Ausgangssignal (V_0) von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) zugeführt wird, um dieses mit einem vorgegebenen Wert (V_1) zu vergleichen und ein Ausgangssignal in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis zu erzeugen, und eine Primärverzögerungsschaltung (24, 25), die auf der Ausgangsseite des Komparators vorgesehen ist.

13. Apparatur nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) einen ersten Komparator (21) aufweisen, dem das Ausgangssignal (V_0) von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) zugeführt wird, um dieses mit einem vorgegebenen Wert (V_1) zu vergleichen und ein Ausgangssignal in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis zu erzeugen, ein Schaltelement (23), das so gesteuert wird, dass es in Übereinstimmung mit einem Ausgangssignal vom Komparator leitend ist, einen Primärverzögerungskreis (24, 25), der mit der Hauptelektrode des Schaltelementes verbunden ist, und einen zweiten Komparator (26) zum Vergleichen der Ausgangsgrösse (V_3) vom Primärverzögerungskreis (24, 25) mit einem vorbestimmten Wert (V_2) und zum Erzeugen eines Ausgangssignals abhängig von dem Vergleichsergebnis.

14. Apparatur nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) einen ersten Komparator (21) aufweisen, dem das Ausgangssignal (V_0) von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) zugeführt wird, um dieses mit einem vorgegebenen Wert (V_1) zu vergleichen und ein Ausgangssignal in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis zu erzeugen.

15. Apparatur nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) einen ersten Komparator (21) aufweisen, dem das Ausgangssignal (V_0) von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) zugeführt wird, um dieses mit einem vorgegebenen Wert (V_1) zu vergleichen und ein Ausgangssignal in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis zu erzeugen, und eine Primärverzögerungsschaltung (24, 25), die auf der Ausgangsseite des Komparators vorgesehen ist.

16. Apparatur nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) einen ersten Komparator (21) aufweisen, dem das Ausgangssignal (V_0) von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) zugeführt wird, um dieses mit einem vorgegebenen Wert (V_1) zu vergleichen und ein Ausgangssignal in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis zu erzeugen, ein Schaltelement (23), das so gesteuert wird, dass es in Übereinstimmung mit einem Ausgangssignal vom Komparator (21) leitend ist, einen Primärverzögerungskreis (24, 25), der mit der Hauptelektrode des Schaltelementes verbunden ist, und einen zweiten Komparator (26) zum Vergleichen der Ausgangsgrösse (V_3) vom Primärverzögerungskreis (24, 25) mit einem vorbestimmten Wert (V_2) und zum Erzeugen eines Ausgangssignals abhängig von dem Vergleichsergebnis.

17. Apparatur nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) einen ersten Komparator (21) aufweisen, dem das Ausgangssignal (V_0) von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) zugeführt wird, um dieses mit einem vorgegebenen Wert (V_1) zu vergleichen und ein Ausgangssignal in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis zu erzeugen, ein Schaltelement (23), das so gesteuert wird, dass es in Übereinstimmung mit einem Ausgangssignal vom Komparator (21) leitend ist, Schaltmittel zum wahlweisen Leiten des Ausgangssignals von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) oder eines vorbestimmten konstanten Potentials zur Hauptelektrode des Schaltelementes, und einen zweiten Komparator (26) zum Vergleichen der Ausgangsgrösse (V_3) vom Primärverzögerungskreis (24, 25) mit einem vorbestimmten Wert (V_2) und zum Erzeugen eines Ausgangssignals abhängig von dem Vergleichsergebnis.

18. Apparatur nach Anspruch 13, worin dem Schaltelement an der Hauptelektrode ein Ausgangssignal von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) zuführbar ist.

19. Apparatur nach Anspruch 15 oder 16, worin eine Hauptelektrode eines Schaltelementes an ein vorbestimmtes konstantes Potential angeschlossen ist.

20. Apparatur nach Anspruch 2, worin die Energiequelle arbeitet, um die elektrischen Abtragungsbearbeitungsbedingungen zu variieren, damit der Zwischenelektrodenzustand wieder in Abhängigkeit von dem von der Zwischenelektrodenzustandserkennungseinrichtung (20) stammenden Signal in einen brauchbaren Zustand zurückgeführt wird.

21. Apparatur nach einem der Ansprüche 2, 5 oder 20, worin die elektrischen Bearbeitungsbedingungen eine Entladungspausenzeit und das Zuführen von Spannung zwischen den Elektroden sind.

22. Apparatur nach Anspruch 5, worin die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) arbeiten, um den Zwischenelektrodenzustand als entartet zu erkennen, wenn die Zeit, während der die Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position der Elektrode und der Augenblicksposition der Elektrode von der Elektrodenpositionsfeststellungseinrichtung (12) als gross erkannt wird, länger als ein vorbestimmter Wert ist, und dass der Zwischenelektrodenzustand entartet ist, wenn der Wert des Produktes aus der Zeit, während der die Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen

Position der Elektrode und der Augenblicksposition der Elektrode, die durch die Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) erkannt werden, gross ist, und die Differenz höher als ein vorbestimmter Wert wird.

23. Apparatur nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) einen Komparator (21) aufweisen, dem das Ausgangssignal (V_0) von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) zugeführt wird, um dieses mit einem vorgegebenen Wert (V_1) zu vergleichen und ein Ausgangssignal in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis zu erzeugen.

24. Apparatur nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel (20) einen ersten Komparator (21) aufweisen, dem das Ausgangssignal (V_0) von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) zugeführt wird, um dieses mit einem vorgegebenen Wert (V_1) zu vergleichen und ein Ausgangssignal in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis zu erzeugen, ein Schaltelement (23), das so gesteuert wird, dass es in Übereinstimmung mit einem Ausgangssignal vom Komparator leitend ist, Schaltmittel zum wahlweisen Leiten des Ausgangssignals von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) oder eines vorbestimmten konstanten Potentials zur Hauptelektrode des Schaltelementes, und einen zweiten Komparator (26) zum Vergleichen der Ausgangsgrösse (V_3) vom Primärverzögerungskreis (24, 25) mit einem vorbestimmten Wert (V_2) und zum Erzeugen eines Ausgangssignals abhängig von dem Vergleichsergebnis.

25. Apparatur nach Anspruch 9, worin die Energiequelle (5) zum Verändern der elektrischen Bearbeitungsbedingungen folgendes enthält: einen Pausenzeiteinstellzähler (502) zum Einstellen der elektrischen Entladungspausenzeit, einen Koinzidenzerkennungsschaltkreis (501) zum Erzeugen eines Koinzidenzsignals, wenn der gezählte Wert des Zählers (502) und der gezählte Wert des Zweirichtungszählers (14) der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) gleich sind, eine Gate-Schaltung, der das Koinzidenzsignal von der Koinzidenzerkennungsschaltung (501) und das Zwischenelektrodenzustandserkennungssignal (V_5) von der Zwischenelektrodenzustandserkennungseinrichtung (20) eingegeben werden, einen Impulsbreiteneinstellzähler (504) zum Einstellen der Impulsdauerzeit des Ein-Aus-Impulses der zwischen die Elektroden angelegten Spannung, eine Flipflopschaltung (505) mit einer ersten Ausgangsklemme, der ein Signal entsprechend dem eingestellten Wert des Impulsbreiteneinstellzählers (504) als Setzsignal und der Ausgang von der Gate-Schaltung als Rücksetzsignal eingegeben werden, um ein erstes Ausgangssignal für den Pausenzeiteinstellzähler (502) zu erzeugen, und mit einer zweiten Ausgangsklemme zum Erzeugen eines invertierten zweiten Ausgangssignals, ein Schaltelement (52), das in Übereinstimmung mit dem zweiten Ausgangssignal vom Flipflopkreis (505) auf Durchlass steuerbar ist, und eine mit der Hauptelektrode des Schaltelementes verbundene Energiequelle (51).

26. Apparatur nach Anspruch 5, worin dem Schaltelement (52) an der Hauptelektrode ein Ausgangssignal von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) zuführbar ist.

27. Apparatur nach Anspruch 13, worin eine Hauptelektrode eines Schaltelementes an ein vorbestimmtes konstantes Potential angeschlossen ist.

28. Apparatur nach Anspruch 25, worin die Energiequelle (5) zum Variieren der elektrischen Bearbeitungsbedingungen einen Regler (513) zum Regeln des Ausgangswertes der Energiequelle, welcher der Hauptelektrode des Schaltelementes (52) zuführbar ist, in Abhängigkeit vom Zwischenelektrodenzustandserkennungssignal (V_5) aufweist.

29. Apparatur nach Anspruch 28, worin der Regler (513) den Ausgangswert der Energiequelle so regelt, dass die zwischen die Elektroden angelegte Spannung gering wird, wenn der Bearbeitungsspalt zwischen den Elektroden erweitert ist.

30. Apparatur nach Anspruch 3, worin das Steuermittel so arbeitet, dass ein Elektrodenvorschubsignal zugeführt wird, welches den Zwischenelektrodenzustand auf den erwünschten Zustand hinführt, in Abhängigkeit vom Ausgangssignal von der Zwischenelektrodenzustandserkennungseinrichtung (20) an die Elektrodenvorschubeinrichtung.

31. Apparatur nach Anspruch 3, worin die Steuermittel eine Verstärkungsgradsteuereinrichtung zum Steuern des Verstärkungsgrades zwischen einem Zwischenelektrodenervoeingangsdigitalsignal, basierend auf der Differenz zwischen einer Bezugsspannung und der Zwischenelektroden-spannung, und dem Elektrodenvorschub, der der Elektrodenvorschubeinrichtung zugeführt wird.

32. Apparatur nach Anspruch 9, worin die Steuermittel (30) folgendes aufweisen: einen Ausweitungszeiteinstellzähler (302) für zwangsweise Bearbeitungsspaltöffnung, um die Zeit für die zwangsweise Aufweitung des Zwischenelektrodenbearbeitungsspalt einzustellen, eine Koinzidenzschaltung (301), die abhängig vom Zählwert des Bearbeitungsspaltzwangsaufweitungszeiteinstellzählers (302) und vom Zählwert des Zweirichtungszählers (14) der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) ein Koinzidenzsignal erzeugt, wenn die beiden Zählwerte der Zähler (302, 14) übereinstimmen, einen Bearbeitungszeiteinstellzähler (306) zum Einstellen der Bearbeitungszeit, welcher vom Koinzidenzsignal von der Koinzidenzschaltung (301) rücksetzbar ist, eine auf das Zwischenelektrodenentartungszustanddetektor-signal, welches bedeutet, dass der Zwischenelektrodenzustand entartet ist, und auf das Koinzidenzsignal ansprechende Logikschaltung (303), die daraufhin ein erstes Ausgangssignal an den Bearbeitungszeiteinstellzähler und ein zweites Ausgangssignal an den Bearbeitungsspaltzwangsaufweitungszeiteinstellzähler (302) abgibt, und eine Elektrodenanhebsignalführeinrichtung (305) zum Erzeugen eines Signals zum Anheben der vorzuschiebenden Elektrode bevorzugt gegenüber einem gewöhnlichen Elektrodenvorschub-steuersignal zu einer Elektrodenvorschubeinheit auf Zugang des zweiten Ausgangssignals von der Logikschaltung (303).

33. Apparatur nach Anspruch 9, worin die Verstärkungs-gradsteuereinrichtung zum Steuern der Verstärkung der Steuereinrichtung einen Digital/Analog-Wandler enthält, der abhängig vom Digitalausgangssignal vom Zweirich-tungszähler (14) der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) und dem Zwischenelektrodenervoeingangsdigital-signal ein Analogsignal auf der Basis des Digitaleingangssi-gnals erzeugt.

34. Apparatur nach Anspruch 5, worin eine Hauptelek-trode eines Schaltelementes an ein vorbestimmtes konstantes Potential angeschlossen ist.

35. Apparatur nach Anspruch 33, worin die Logikschal-tung (303) ein Flipflop enthält mit einem Setzeingang, dem ein Signal entsprechend dem vorgegebenen Wert der Bear-beitungszeit im Zwischenelektrodenentartungszustandde-ktorsignal zuführbar ist, einem Rücksetzeingang, dem das Koinzidenzsignal von der Koinzidenzschaltung (301) zu-führbar ist, einem ersten Ausgang zum Erzeugen eines ersten Ausgangssignals zur Elektrodenanhebsignalführeinrich-tung und zur Koinzidenzschaltung (301) und einem zweiten Ausgang zum Erzeugen eines zweiten Ausgangssignals, das gegenüber dem ersten Ausgangssignal invertiert ist, zum Be-arbeitungszeiteinstellzähler.

36. Apparatur nach Anspruch 33, worin der Digital/Analog-Wandler ein multiplizierender Digital/Analog-Wandler ist.

37. Apparatur nach Anspruch 33, worin die Verstär-
5 kungssteuereinrichtung zum Steuern des Verstärkungsgrades der Steuereinrichtung folgendes aufweist: einen Digital/Analog-Wandler (320), der aufgrund eines Zwischenelektrodenervoeingangsdigitalsignals das Eingangsdigitalsignal in eine Analoggröße des Digitalausgangssignals vom Zwei-
10 richtungszähler (14) der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (12) umwandelt, einen Verstärker (324), dem das Zwischenelektrodenervoeingangsdigitalsignal eingegeben wird, und eine Schalteinrichtung (321, 322), die auf ein Aus-gangssignal von der Zwischenelektrodenzustandserken-
15 nungseinrichtung (20) wahlweise ein Ausgangssignal vom Wandler oder das Ausgangssignal vom Verstärker hervor-bringt.

38. Apparatur nach Anspruch 35, worin die Elektroden-anhebsignalführeinrichtung einen aufgrund des ersten
20 Ausgangssignals von der Logikschaltung (303) arbeitenden Schalter und eine mit dem Schalter verbundene Energiequel-le aufweist.

39. Apparatur nach Anspruch 4, worin die Anzeigeein-richtung an einem von der Elektrode entfernten Ort ange-
25 bracht ist und über eine Übertragungsleitung mit dem Aus-gangssignal von der Zwischenelektrodenzustandserken-nungseinrichtung (20) oder dem Ausgangssignal von der Elektrodenpositionserkennungseinrichtung (20) versorgt wird.

40. Apparatur nach Anspruch 39, dadurch gekennzeich-net, dass die Anzeigeeinrichtung den Zwischenelektrodenzu-
30 stand optisch anzeigt.

41. Apparatur nach Anspruch 39, dadurch gekennzeich-net, dass die Anzeigeeinrichtung ein Instrument zum Anzei-
35 gen des Wertes des Ausgangssignals von der Zwischenelek-trodenpositionserkennungseinrichtung ist.

42. Apparatur nach Anspruch 9, worin die Anzeigemittel einen Digital/Analog-Wandler (16) zum Umwandeln des Di-gitalausgangssignals vom Zweirichtungszähler (14) der Elek-trodenpositionserkennungseinrichtung (12), welches über die
40 Übertragungsleitung, die aus einer abgeschirmten Leitungs-gruppe besteht, übertragen wird, in einen Analogwert auf-weisen.

Technisches Gebiet

50 Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Entla-dungsbearbeitungsapparatur für die Bearbeitung eines Werkstückes durch Gegenüberstellen einer Elektrode mit dem Werkstück durch eine isolierende Bearbeitungslösung hindurch, Voranschieben der Elektrode zum Werkstück hin
55 und Veranlassen der elektrischen Entladung innerhalb der einander gegenüberstehenden Elektroden.

Stand der Technik

Aus der veröffentlichten, nicht geprüften japanischen Pa-
60 tentanmeldung Nr. 51-47 695 ist eine elektrische Entla-dungsbearbeitungsapparatur bekannt, bei welcher die An-sammlung des Schlammes, Bearbeitungspulvers und ähnli-chem ermittelt wird, und im weiteren der Betrag der Bewe-gung einer Elektrode in einer Rückwärtsrichtung inbezug
65 auf ein Werkstück, welche durch die Ansammlung des Schlammes, Bearbeitungspulvers und ähnlichem bewirkt wird, ermittelt wird. Die Bearbeitungsbedingungen werden inbezug auf die detektierte Bewegung der Elektrode ge-

steuert. Im speziellen kann die Zwischenelektrodenbedingung durch den Vergleich zwischen dem Betrag der Bewegung und einem vorbestimmten Schwellenwert unterschieden werden. Als Resultat dieser Steuerwirkung kann ein unerwünschtes Auftreten eines Entladungsbogens, welcher durch die Ansammlung von Schlamm bewirkt werden kann, vermieden werden.

Aus der veröffentlichten, geprüften japanischen Gebrauchsmusteranmeldung Nr. 52-31 519 ist eine elektrische Entladungsbearbeitungsapparatur vorbekannt, bei welcher eine kontinuierliche Rückwärtsbewegung einer Elektrode für eine gewisse Zeitperiode durch Integrierung eines elektrischen Stromes, der durch eine Wicklung fließt, festgestellt wird, um dabei eine anomale Bedingung, bewirkt durch die Ansammlung von Schlamm, Bearbeitungspulver etc., zu ermitteln. Nach der Ermittlung der anomalen Bedingung und dem Auftreten einer anomalen elektrischen Entladung wird eine Spannungsversorgung abgestellt oder die Elektrode in einer Rückwärtsrichtung bewegt, um den Zwischenelektrodenpalt zu erweitern. Als Resultat dieser Steuerwirkung kann ein Unfall, beispielsweise ein Feuer oder ein unerwünschter Verbrauch einer Elektrode, verhindert werden.

Aus der veröffentlichten, geprüften japanischen Gebrauchsmusteranmeldung Nr. 53-31 517 ist eine elektrische Entladungsbearbeitungsapparatur vorbekannt, welche ähnlich derjenigen in der oben erwähnten japanischen Veröffentlichung ist. In der Apparatur werden die Elektrodenbewegung in einer Rückwärtsrichtung und eine elektrische Entladungsleistung zwischen dem Zwischenelektrodenpalt ermittelt, um dabei das Auftreten einer unerwünschten Bogenentladung zu ermitteln. Nach dem Auftreten der Bogenentladung wird die elektrische Leistung unterbrochen oder die Elektrode in einer Rückwärtsrichtung bewegt, um die Breite des Zwischenelektrodenpalt zu erweitern. Daraus resultiert der gleiche Effekt wie beim oben erwähnten Stand der Technik gemäss der japanischen Veröffentlichung Nr. 52-31 519.

Aus der veröffentlichten, geprüften japanischen Gebrauchsmusteranmeldung Nr. 46-24 221 ist eine elektrische Entladungsbearbeitungsapparatur vorbekannt, bei welcher die Bewegung einer Elektrode in eine Rückwärtsrichtung mechanisch ermittelt wird, und eine unerwünschte Bogenentladung durch Unterbrechung einer Spannungsversorgung eliminiert wird. Diese Vorveröffentlichung schlägt vor, dass die Steuerwirkung durchgeführt werden sollte, nachdem eine anomale Bedingung kontinuierlich für eine gewisse Zeitspanne ermittelt wurde, um eine falsche Steuerwirkung zu vermeiden. Dabei resultiert der gleiche Effekt wie oben beschrieben.

Es wird eine herkömmliche Technik dieser Art dargestellt, die einen Aufbau gemäss Fig. 1 aufweist.

In Fig. 1 steht eine Elektrode (1) zum Bearbeiten eines Werkstückes (3) in einer Gestaltung dem Werkstück (3), das in einen Bearbeitungstank (2) eingesetzt ist, über einen Bearbeitungsspalt (G) mit einer isolierenden Bearbeitungsflüssigkeit (4) gegenüber. Eine Energiequelle für die Bearbeitung (5) weist eine Gleichspannungsstromquelle (51), ein Schaltelement (52) zum Schalten der Bearbeitungsenergiequelle (5), einen Strombegrenzungswiderstand (53) und einen Oszillator (54) für die Steuerung des Schaltvorgangs des Schaltelements auf und führt einen geschalteten Strom (I) zwischen Elektrode (1) und Werkstück (3) zu. Der geschaltete Strom (I) lässt sich mit dem Ausdruck

$$I = \frac{E - V_g}{R}$$

wiedergeben, und die Zwischenelektrodenspannung (V_g) wird während Lichtbogenentladung 20 bis 30 V, 0 V während Kurzschlusszeit und E, wenn keine Entladung stattfindet. Die Zwischenelektrodenspannung (V_g) nimmt 0 V an, wenn das Schaltelement (52) sperrt. Wenn die Zwischenelektrodenspannung V_g festgestellt und durch eine Glättungsschaltung (6) gemittelt wird, kann der Bearbeitungsspalt durch den gemittelten Wert der Zwischenelektrodenspannung (V_g) gesteuert werden. Genauer gesagt, wenn der Bearbeitungsspalt gross ist, tritt kaum Entladung auf, so dass die gemittelte Spannung (V_S) hoch wird, während, wenn der Spalt sehr eng ist, ein Kurzschluss zwischen Werkstück und Elektrode auftritt, der sich dann leicht entlädt, wodurch die durchschnittliche Spannung verringert wird. Wenn also die Spannung (V_S) mit einer Bezugsspannung (V_r) verglichen und die Differenzspannung zwischen diesen beiden in eine Zwischenelektrodenervoschaltung eingegeben wird und folglich die Differenzspannung durch einen Verstärker (7) verstärkt und die verstärkte Differenzspannung in eine Hydraulikservospule (8) eingegeben wird, wird ein Hydraulikservomechanismus, zu dem eine Hydraulikdruckpumpe (9), ein Hydraulikzylinder (10) und eine die Elektrode tragende Kolbenstange (11) usw. gehören, so gesteuert, dass der Zwischenelektrodenpalt (G) im wesentlichen konstant wird. Der Zwischenelektrodenervokreis und der Hydraulikservomechanismus stellen Elektrodenvorschubmittel dar.

Die allgemeinste Massnahme zur Bestimmung des geeigneten Bearbeitungszustandes des Werkstücks durch eine herkömmliche elektrische Entladungsbearbeitungsapparatur ist die, die durchschnittliche Elektrodenspannung V_g zu beobachten. Wenn die Zwischenelektrodenspannung V_g klein ist, ist die Zwischenelektrodenimpedanz klein. Hiervon kann angenommen werden, dass zwischen Elektrode und Werkstück ein Kurzschluss auftritt, eine kontinuierliche Lichtbogenentladung, Bearbeitungspulver oder -späne zwischen den Elektroden und dazwischen angesammelter Schlamm usw. Da aufgrund der thermischen Zersetzung der Bearbeitungslösung Kohlenstoff erzeugt wird, wenn die gefährlichste abnorme elektrische Lichtbogenentladung einmal während einer elektrischen Lichtbogenentladungsbearbeitung aufgetreten ist, tritt eine elektrische Entladung zwischen Kohlenstoff und dem Werkstück auf, wodurch die Zwischenelektrodenimpedanz ansteigt mit der Folge, dass die Feststellung der Entartung im Zwischenelektrodenzustand aufgrund der durchschnittlichen Spannung zum Nachteil unmöglich wird.

Es wurde bisher eine weitere herkömmliche Methode zum Feststellen abnormer elektrischer Lichtbogenentladung zwischen Elektroden bekannt, welche die Schritte der Beobachtung mit einer mechanischen Lehre wie etwa einer Messuhr, die Betätigung der Elektroden und die Bestimmung des Elektroden-schwingungszustands und der Stabilität der Bearbeitung des Werkstücks während der Bearbeitungszeit enthält. Diese Methode muss für die Beobachtung in der Nähe der elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur ausgeführt werden. Es ist deshalb unmöglich, die Entartung des Zwischenelektrodenzustandes während elektrischer Entladung von einem von der elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur während eines bedienungslosen Betriebs von fern festzustellen.

Aus der vorhergehenden Beschreibung wird deutlich, dass der Zustand zwischen der Elektrode gut bestimmbar ist, wenn der mit Hilfe der genannten Messuhr festgestellte Ausgangswert in ein elektrisches Signal umgesetzt wird, das das elektrische Signal wie die oben genannte Durchschnittsspannung an einem Ort beobachtet werden kann, der von der elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur abgetrennt ist. Für den Fall, dass ein Signal entsprechend der Stellung der Elektrode jedoch beobachtet wird, kann nur eine Vielfalt

von überlagerten numerischen Werten untersucht werden hinsichtlich des Vibrationszustandes mit einem digitalen numerischen Signal, jedoch enthält es keine Daten, aus denen der Vibrationszustand erkannt werden kann. Es ist unmöglich und nutzlos, unendlich kleine Schwankungen mit Hilfe eines Analogsignals abzulesen, das eine Auflösung von einigen Mikron hat, weil, wenn der gesamte Bewegungshub von einigen hundert Millimeter beobachtet werden soll, auch dann, wenn z. B. $1\text{ }\mu\text{m}$ in 1 mV umgesetzt wird, der gesamte Hub mehreren hundert Volt entspricht und die Mikrominuturschwankungen von der abgelesenen Spannung ausgelesen werden müssen.

Der Vorteil einer Messuhr ist der, dass, wenn die Messuhr pro mm eine Umdrehung ausführt, eine Verschiebung von $10\text{ }\mu\text{m}$ als eine Verstellung von $3,6^\circ$ beobachtet werden kann, und dass der gesamte Hub durch vielfachen Umlauf des Messuhrzeigers abgedeckt wird.

Es war jedoch bisher unmöglich, die Funktion in eine elektrische Messgrösse umzuwandeln, damit diese an einem von der Apparatur entfernten Ort beobachtet werden kann, und das Auftreten einer Abnormalität zwischen den Elektroden gut zu erkennen.

Darstellung der Erfindung

Es ist eine erste Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine elektrische Entladungsbearbeitungsapparatur zu schaffen, mit welcher ein Zwischenelektrodenzustand in bezug auf die Änderung der Breite eines elektrischen Entladungspaltes zwischen einer Elektrode und einem Werkstück unterschieden werden kann, was durch die Ansammlung von Bearbeitungspulverschlamme oder ähnlichem im Zwischenelektrodenpalt erzeugt wird. Dies hat den Vorteil, dass der verschlechterte Zustand im Zwischenelektrodenpalt zum Voraus sofort vor der Erzeugung einer Bogenentladung oder vor Beginn eines Bearbeitungsvorganges eliminiert werden kann.

Eine zweite Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine elektrische Entladungsbearbeitungsapparatur zu schaffen, mit welcher ein irrtümliches Ermitteln eines anomalen Zwischenelektrodenzustandes vermieden werden kann, indem ein solcher Zustand als ein Ereignis der anomalen Zwischenelektrodenzustandes nur dann betrachtet wird, wenn eine Breite eines Zwischenelektrodenpaltes kontinuierlich einen vorbestimmten Wert für eine bestimmte Zeitspanne überschreitet. Damit kann vermieden werden, dass die Bearbeitungsgeschwindigkeit unerwünschterweise gesenkt wird.

Dies wird erfindungsgemäss erzielt durch Elektrodenpositionsfeststellmittel zum Feststellen der Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position der Elektrode gegenüber dem Werkstück und der Augenblicksposition der Elektrode; und Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel zum Abgeben eines Signals durch Erkennen des Zwischenelektrodenzustandes aufgrund der durch die Elektrodenpositionsfeststellmittel erkannten Differenz.

Der Zwischenelektrodenzustand kann so gesteuert werden, dass das Auftreten einer anomalen elektrischen Entladung vermieden wird.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

In den beigelegten Zeichnungen: Fig. 1 ist ein Schemadiagramm des Aufbaus einer herkömmlichen Apparatur; Fig. 2 ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur gemäss der Erfindung zeigt, die die Anordnung einer herkömmlichen Apparatur hat, der Elektrodenpositionsdetektormittel und Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel hinzugefügt sind;

Fig. 3 ist ein anderes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Apparatur; Fig. 4 ist ein Diagramm, das ein weiteres Ausführungsbeispiel der Apparatur nach der Erfindung zeigt; Fig. 5 ist das Diagramm eines abermals anderen Beispiels der Apparatur nach der Erfindung, die eine Anordnung hat, welche gegenüber der Anordnung nach Fig. 2 um Steuermittel ergänzt ist; Fig. 6 ist ein Diagramm, das die Steuermittel aus Fig. 5 im einzelnen zeigt; Fig. 7 ist ein das Prinzip eines wiederum anderen Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Apparatur zeigendes Diagramm; Fig. 8 ist ein Diagramm der schematischen Anordnung der Steuermittel aus Fig. 7; Fig. 9a ist ein Schaubild, das die Charakteristik der in Fig. 7 gezeigten Apparatur darstellt; Fig. 9b ist ein Schaubild, das die Charakteristik der Apparatur aus Fig. 7 wiedergibt; Fig. 9c ist ein Schaubild, das die Charakteristik der Apparatur nach Fig. 7 wiedergibt; Fig. 10 ist ein Diagramm, das die wesentliche Anordnung eines bestimmten Beispiels der Steuermittel aus Fig. 7 zeigt; Fig. 11a ist ein Diagramm, das die wesentliche Anordnung eines wiederum anderen Beispiels der Apparatur nach der Erfindung zeigt und Anzeigemittel enthält, die an einem von den Elektroden getrennten Ort vorgesehen sind; und Fig. 11b ist ein Diagramm, das die Anordnung zeigt, in der ein Signal über eine verdrehte Doppelleitungsgruppe zur Anzeigeeinrichtung geleitet wird.

Wege zur Ausführung der Erfindung

Fig. 2 stellt ein Schemadiagramm dar, das die Anordnung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur gemäss der Erfindung zeigt, worin gleiche Bezugszeichen äquivalente oder gleiche Teile und Komponenten bezeichnen, die in Fig. 1 gezeigt sind. In Fig. 2 ist ein Digitalmessgerät (13) mit einer Elektrodenragstange (11) verbunden und erzeugt positive Impulse S_P , wenn die Elektrode (1) sich in Fig. 2 nach oben bewegt, und negative Impulse S_N , wenn die Elektrode (1) sich in Fig. 2 abwärtsbewegt. Das Digitalmessgerät (13) erzeugt auf diese Weise einen Impuls mit einer Impulsbreite von weniger als $10\text{ }\mu\text{m}$ pro einen Impuls, womit die Weite des Zwischenelektrodenpaltes genau erfasst werden kann. Dieses Beispiel wird in Verbindung mit einem Impuls vom Digitalmessgerät beschrieben, das eine Impulsbreite von $5\text{ }\mu\text{m}/\text{Impuls}$ hat.

Mit (12) wird eine Elektrodenpositionserkennungseinrichtung und mit (20) ein Zwischenelektrodenzustandserkennungsmittel bezeichnet.

Der positive Impuls S_P vom Digitalmessgerät wird direkt der Positivklemme (14a) eines Zweirichtungszählers (14) zugeleitet, und der negative Impuls S_N vom Digitalmessgerät (13) wird über ein ODER-Gatter (15) dem Positiveingang (14b) des Zählers (14) zugeleitet. Der Zweirichtungszähler (14) enthält z. B. 13 Stellen und kann so die Strecke der Aufwärtsbewegung der Elektrode entsprechend $5\text{ }\mu\text{m} \times (2^{14} - 1)$, also 82 mm , speichern. Die Ausgänge der einzelnen Stellen von 2^0 bis 2^{13} des Zählers (14) sind jeweils mit den Eingängen eines Digital/Analog-Wandlers (16) verbunden, der daraus ein Ausgangssignal V_0 erzeugt. Das Ausgangssignal V_0 vom Wandler (16) wird anschliessend der Negativeingangsklemme eines Komparators (17) zugeführt. Die Positiveingangsklemme des Komparators (17) ist geerdet. Der Komparator (17) vergleicht so das Ausgangssignal V_0 vom Wandler (16) mit 0 V der geerdeten positiven Eingangsklemme. Wenn also das Ausgangssignal V_0 vom Wandler (61) Null ist, d. h., wenn der Inhalt des Zählers «0» ist, erzeugt der Komparator (16) ein Ausgangssignal, das einem Eingang eines UND-Gatters (19) zugeführt wird. Ein Impulsausgang eines Impulsoszillators (18) wird dem anderen Eingang des UND-Gatters (19) zugeführt. Wenn das Ausgangssignal

vom Komparator (17) auf das UND-Gatter (19) in der beschriebenen Weise kommt, gibt das UND-Gatter (19) einen Additionsimpuls L_P über ein ODER-Gatter (15) an die Positivklemme (14b) des Zweirichtungszählers (14).

Somit addiert der Zweirichtungszähler (14) den negativen Impuls S_N vom Digitalmessgerät (13) zum Additionsimpuls L_P vom Oszillator (18) über das UND-Gatter (19) und das ODER-Gatter (15), dadurch den Additionsimpuls L_P durch den positiven Impuls S_P vom Digital-Messgerät subtrahierend. Als Folge davon wird der Inhalt des Zweirichtungszählers (14) die Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Stellung der Elektrode (1) gegenüber dem Werkstück (3) und der Augenblicksstellung der Elektrode (1). D.h., die Gesamtzahl der Additionsimpulse L_P stellt die am weitesten vorgeschobene oder abwärts bewegte Stellung der Elektrode dar. Der Zweirichtungszähler (14) subtrahiert die Gesamtzahl der Additionsimpulse L_P für die Augenblicksposition von der Gesamtzahl der Differenz zwischen der Anzahl der negativen Impulse S_N und der Anzahl der positiven Impulse S_P , und somit wird der Inhalt des Zweirichtungszählers (14) die Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Stellung der Elektrode und der Augenblicksstellung der Elektrode.

Also, da der Ausgangswert vom Digital/Analog-Wandler (16) eine Spannung proportional dem Zwischenabstand ist, wie oben beschrieben, kann, wenn der Ausgang V_0 vom Wandler (16) ermittelt und verarbeitet wird, der augenblickliche Zwischenelektrodenpaltzustand beobachtet und daraufhin überprüft werden, ob er richtig ist. D.h., wenn der Ausgang V_0 vom Wandler (16) hoch ist, befindet sich der Zwischenelektrodenpalt in einem Zustand weg von der am weitesten vorgeschobenen Position. Folglich können auf diese Weise gut Schwierigkeiten festgestellt werden, wie wenn z.B. sich Schlamm zwischen den Elektroden durch Ansammlung von Bearbeitungsspänen angesammelt hat, die Bearbeitungslösung (4) durch einen abnormalen Lichtbogen thermisch zersetzt worden ist und dadurch Kohlenstoff auftritt, die Elektroden zum Teil gebrochen sind und dann die abgebrochenen Stücke sich im Spalt (G) zwischen den Elektroden aufhalten.

Wenn derartige Schwierigkeiten für kurze Zeit auftreten, dann ändert sich die Zwischenelektrodenimpedanz dauernd, und folglich wird sogar, wenn der bezeichnete Unterschied für kurze Zeit auftritt, nicht immer entschieden, dass der Zwischenelektrodenzustand entartet ist. Es ist nötig, die Eigenart des Zwischenelektrodenpalt-Zustands zu bestimmen, indem ermittelt wird, dass der Ausgangswert V_0 vom Analog/Digital-Wandler (16) oberhalb eines vorbestimmten Pegelwertes für eine bestimmte Dauer angehalten hat.

Der Ausgangswert V_0 vom Digital/Analog-Wandler (16) wird auch auf die negative Eingangsklemme eines Spannungskomparators (21) in Fig. 2 gegeben, und eine bestimmte Spannung V_1 wird andererseits der positiven Eingangsklemme des Spannungskomparators (21) zugeführt. Somit vergleicht der Spannungskomparator (21) den Ausgangswert V_0 vom Digital/Analog-Wandler (16) mit dem vorbestimmten Spannungspegel V_1 und bestimmt auf diese Weise, ob der Ausgangswert V_0 höher oder tiefer als die vorbestimmte Spannung V_1 ist. Ist $V_0 > V_1$, gibt der Komparator (21) einen negativen Spannungsausgangswert ab, der dann über einen Basiswiderstand (22) auf die Basis eines Schalttransistors (23) geführt wird, wodurch der Transistor (23) gesperrt wird. Dadurch wird ein Zeitmesskondensator (24), der mit einer Seite mit dem Kollektor des Transistors (23) und mit der anderen Seite gemeinsam mit dem Emittor des Transistors (22) mit Erde verbunden ist, über einen Widerstand (25) aufgeladen, der an einer Seite mit dem Kollektor des Transistors (23) und an der anderen Seite mit einer bestimm-

ten Spannung V_4 verbunden ist, so dass am Kondensator (24) eine Spannung V_3 anliegt, die durch folgende Gleichung beschrieben ist:

$$V_3 = V_4 \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{t}{r_2 c} \right) \right\},$$

worin r_2 den Widerstandswert des Widerstandes (25), c die Kapazität des Kondensators (24) und t die Zeit repräsentieren.

Die Spannung V_3 am Kondensator (24) wird ihrerseits auf den Negativeingang eines Spannungskomparators (26) geführt, und eine Bezugsspannung V_2 wird andererseits dem Positiveingang des Komparators (26) eingegeben. Somit vergleicht der Komparator (26) die Spannung V_3 vom Kondensator (24) mit der Bezugsspannung V_2 . Da der Ausgang des Spannungskomparators (26) während der Periode $V_3 < V_2$ nicht negativ wird, kann eine Leuchtdiode (29), der über einen Widerstand (28) das Ausgangssignal vom Komparator (26) zugeführt wird, nicht aufleuchten. Wenn der Zustand $V_0 > V_1$ für eine bestimmte Zeit anhält, wird der Kondensator (24), der mit dem Kollektor des Transistors (23) verbunden ist, dauernd wie oben beschrieben aufgeladen, und entsprechend steigt die Spannung V_3 am Kollektor und entsprechend am Kondensator (24), bis eventuell $V_3 > V_2$ wird. Wenn $V_3 > V_2$ ist, wird das Ausgangssignal des Komparators (26) negativ, das dann über den Widerstand (28) der Leuchtdiode (29) zugeleitet wird. Damit gibt die Diode (29) Licht ab und zeigt an, dass ein abnormaler Elektrodenpaltzustand aufgetreten ist.

Das andere Ende des Widerstands (25) auf der Spannung V_4 ist, wie oben beschrieben, mit dem Abgriff eines Schalters (27) verbunden, der entweder auf einen Kontakt (27a) zur Bestimmung des Zwischenelektrodenpaltzustandes in Übereinstimmung mit der Funktion des Produktes aus Grösse des Ausgangswertes V_0 vom Analog/Digital-Wandler (16) und der Zeit geschaltet werden kann, oder auf einen Kontakt (27b) zur Bestimmung des Zwischenelektrodenpaltzustands in Übereinstimmung nur mit der Funktion der Zeit. D.h., der Kontakt (27a) des Schalters (27) ist mit dem Ausgang V_0 des Wandlers (16) verbunden, und wenn der Schalter (27) auf dem Kontakt (27a) steht, wird die Spannung V_0 vom Digital/Analog-Wandler (16) über den Widerstand (25) dem Kondensator (24) zugeleitet. Das Auftreten eines abnormalen Zwischenelektrodenpaltzustands kann somit schnell mit der Funktion des Produktes vom Ausgangswert V_0 des Wandlers (16) und der Zeit festgestellt werden, wie in Fig. 2 gezeigt, da der Ladestrom des Kondensators (24) erhöht ist, so dass die Spannung V_3 am Kondensator (24) rasch die Bezugsspannung V_2 erreicht, wenn der Ausgangswert V_0 vom Wandler (16) erhöht ist. Das Feststellen abnormer Zwischenelektrodenpaltzustände während der Bearbeitung nur mit der Zeit ist schwierig, so dass z.B. auf die oben genannte Weise das plötzliche Auftreten von Rissen aufgrund eines Lichtbogens bei der Bearbeitung extraharter Legierungen, das Auftreten von Fehlern von Wolfram usw. schnell aufgedeckt werden kann. Der Kontakt (27b) des Schalters (27) wird mit einer Spannung $+V$ der Spannungsquelle zum Zuführen einer Kollektorspannung über den Widerstand (25) zum Kollektor des Transistors (23) verbunden. Wenn der Schalter (27) auf den Kontakt (27b) geschaltet ist, kann nur die Zeitdauer des abnormen Zwischenelektrodenpaltzustandes festgestellt werden, wie oben beschrieben.

Aus der vorangehenden Beschreibung anhand der Anordnung gemäss Fig. 2 geht hervor, dass durch Überwachen des Ausgangswertes V_0 vom Digital/Analog-Wandler (16) unmittelbar mit einem Voltmeter der Unterschied zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position der Elek-

trode (1) gegenüber dem Werkstück (3) und der Augenblicksposition der Elektrode (1) beobachtet werden kann, so dass das Voltmeter als eine Überwachungseinrichtung für den Zwischenelektroden spaltzustand verwendet werden kann.

Nach obigem Beispiel wird eine Primärverzögerungsschaltung mit dem Kondensator und dem Widerstand (25) für die Messung der Zeit eingesetzt, wenn der Zwischenelektroden spaltzustand entartet ist. Statt der Primärverzögerungsschaltung kann jedoch auch eine genaue Integrationschaltung mit einem Operationsverstärker ohne Schwierigkeit verwendet werden, so dass die Zeit exakt gemessen werden kann.

Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel in einer Anordnung einer elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur gemäß der Erfindung, mit dem elektrischen Bearbeitungsbedingungen wie die Bearbeitungsbedingung, die Energiequellenbedingung, usw., geschaltet werden können. In der Fig. 3 bezeichnen gleiche Bezugszeichen die entsprechenden Teile und Komponenten- die bereits in Fig. 2 gezeigt und beschrieben sind, so dass deren Erläuterung der Einfachheit halber entfallen kann.

Bei der Anordnung nach Fig. 3 wird das Spannungsausgangssignal V_5 von einer Erkennungseinrichtung für Zwischenelektrodenentartung einer Bearbeitungsstromquelle (5) zusammen mit den binären Digital-Werten der Ausgänge 2^0 bis 2^{13} vom Zähler (14) zugeleitet, um den Unterschied zwischen der vorgeschobenen Position der Elektrode und der Augenblicksposition der Elektrode festzustellen. Die Bearbeitungsenergiequelle (5) wird für das Schalten der elektrischen Bearbeitungsbedingungen gesteuert, und zwar gemäß dieser Ausgangssignale von der Erkennungseinrichtung für die Zwischenelektrodenentartung und des Zählers (14).

Fig. 4 zeigt ein ins einzelne gehende Schaltbild der Bearbeitungsleistungsquelle (5) in Gestalt eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, bei dem die Bearbeitungspausenzeit und die zugeführte Spannung mittels der Ausgangssignale von der Erkennungseinrichtung für Zwischenelektrodenentartung und dem Zähler wie oben beschrieben gesteuert werden. Es sei festgehalten, dass, wenngleich die Entladungspausenzeit oder -abschaltzeit und die zugeführte Spannung Einflüsse auf den Entladungsbearbeitungsspalt haben, die Pausenzeit und die zugeführte Spannung doch die Rauigkeit der bearbeiteten Oberfläche des Werkstücks und den Verbrauch der Elektrode nicht zu sehr beeinflussen, und in diesem Beispiel sind diese Merkmale oder Eigenheiten berücksichtigt, doch können andere elektrische Bedingungen ebenso für eine dem obigen ähnliche Steuerung im Hinblick auf das Bearbeitungsziel ebenso im Rahmen der Erfindung eingesetzt werden.

Das heisst, wie aus der vorangehenden Beschreibung hervorgeht, dass der elektrische Entladungsspitzenstromwert, die Stromwellenform, die Spannungswellenform, die Impulsbreite, usw. auch in demselben Verfahren, wie oben beschrieben, innerhalb des Bereichs gesteuert werden können, in dem keine nachträglichen Auswirkungen auf die tatsächlichen Bearbeitungsvorgänge auftreten.

In der Zeichnung der Fig. 4 kennzeichnet (501) eine vielstellige Koinzidenzerkennungsschaltung. Die Ausgänge von den entsprechenden Stellen von 2^0 bis 2^{13} des Zählers (14) zum Erkennen des Positionsunterschiedes werden auf die vielstellige Koinzidenzerkennungsschaltung (501) geleitet. Ausserdem erhält die Erkennungsschaltung (501) die Ausgangswerte der entsprechenden Stellen eines Pausen- oder Ausfallzeiteinstellzählers (502), und die Erkennungsschaltung (501) stellt die Koinzidenz zwischen den Ausgangswerten vom Zähler (14) und vom Pausenzeiteinstellzähler (502) fest und erzeugt ein Koinzidenzausgangssignal, wenn Koinzidenz herrscht. Das Koinzidenzausgangssignal von der Er-

kennungsschaltung (501) wird einem Eingang eines UND-Gatters (503) zugeleitet. Andererseits wird das Signal (V_5) von der Erkennung des Zwischenelektrodenentartungszustandes, das vom Spannungskomparator (26) in der anhand der Figuren 2 und 3 beschriebenen Weise erzeugt wird, dem anderen Eingang des UND-Gatters (507) zugeführt, das seinerseits ein Koinzidenzausgangssignal über ein ODER-Gatter (504) dem Rückstelleingang (R) eines R-S-Flipflops (505) zuleitet und dieses Flipflop (505) rückstellt. Wenn das Erkennungssignal (V_5) eines Zwischenelektrodenentartungszustandes jedoch nicht auftritt, d. h., ein Logik-Wert «1» der V_5 -Eingangsklemme der Bearbeitungsenergiequelle (5) zugeführt wird, dann kann das entsprechende Erkennungssignal (V_5) für Zwischenelektrodenentartungszustand durch einen von Hand einstellbaren Drehschalter (506) eingestellt werden. Die entsprechenden Ausgangswerte vom Pausenzeiteinstellzähler (502) sind mit den entsprechenden Kontaktklemmen des Schalters (506) verbunden, und die gemeinsame Kontaktklemme des Schalters (506) ist mit einem Eingang eines UND-Gatters (503) verbunden. Andererseits wird das Signal (V_5) dem anderen Eingang des UND-Gatters (503) zugeführt, das in der Folge einen entsprechenden Koinzidenzausgangswert erzeugt, der über ein ODER-Gatter (504) dem Rückstelleingang R des Flipflops (505) zugeleitet wird und das Flipflop (505) dadurch rückstellt. In diesem Fall ist das UND-Gatter (507) gesperrt. So wird das Ausgangssignal vom Flipflop (505) über einen Verstärker (508) dem Eingang eines Endstufenschaltelementes (507) zugeführt, wodurch das Schaltelement (52) getrieben wird, das in der Folge einen Ein-Aus-Impuls der Spannung (E) zwischen Elektrode (1) und Werkstück (3) über die Ausgangsklemmen der Bearbeitungsleistungsquelle abgibt, wie dargestellt. Die Impulsdauer wird nach Belieben eingestellt, wie im einzelnen beschrieben wird. Der Koinzidenzausgang vom ODER-Gatter (504) wird ausserdem einem Eingang eines Impulsbreiteneinstellzählers (509) zugeführt, der daraufhin unterschiedliche Impulsbreitenausgangssignale erzeugt, die mit den entsprechenden Kontaktklemmen eines Schalters (510) zur Auswahl der Impulsbreite eines bestimmten Wertes verbunden sind. Der Schalterabgriffkontakt des Schalters (510) ist mit dem Setzeingang S des Flipflop (505) verbunden. Wenn der Schalter (510) in einer beliebigen Wahlstellung ist, wird das für die ausgewählte Impulsbreite massgebliche Ausgangssignal vom Schalter (510) dem Setzeingang des Flipflops (505) zugeführt, das daraufhin ein Ausgangssignal der gewählten Impulsbreite über den Verstärker (508) zum Schaltelement (52) liefert, wodurch die Impulsbreite des vom Schaltelement (52) erzeugten Impulses nach Wahl eingestellt ist. Der Q-Ausgang vom Flipflop (505) wird ausserdem einem Eingang eines UND-Gatters (511) zugeleitet, das an seinem zweiten Eingang ein Ausgangssignal von einem Originaloszillator (54) erhält, und sein Ausgangssignal dem anderen Eingang des Impulsbreiteneinstellzählers (509) zuführt. Ausserdem wird der Q-Ausgang des Flipflops (505) auf einen Eingang eines UND-Gatters (512) geleitet, und der Ausgang vom Originaloszillator (27) mit dem anderen Eingang des UND-Gatters (512) zugeführt. So wird der Ausgang vom Oszillator (27) abwechselnd durch das UND-Gatter (511) bzw. (512) ausgewählt, und der Ausgang vom Gatter (512) wird einem Eingang des Pausenzeiteinstellzählers (502) eingegeben über die Ausgangsklemmen Q und Q des Flipflop (505), wodurch die Pausenzeitbreite und die Impulsbreite des Impulses, der zwischen Elektrode und Werkstück wirksam werden soll, eingestellt werden.

Das Detektorsignal (V_5) für Zwischenelektrodenentartungszustand wird auch dem Eingang eines Spannungsregulators (513) zugeleitet, der dazu dient, die Abnahme der anliegenden Spannung (E) zwischen Elektrode und Werkstück

zu regulieren, wenn aufgrund einer Zwischenelektrodenentartung der Zwischenelektroden spalt erweitert ist, damit der so erweiterte Bearbeitungsspalt zwischen Elektrode und Werkstück, der aufgrund störender Einflüsse von Bearbeitungspulver oder -chips, die sich im Spalt angesammelt haben, sich erweitert hat, für die elektrische Entladung wieder geeignet ist und auf normalen Wert angenähert wird.

Bei den oben beschriebenen Beispielen wird, wenn das Feststell-Signal für Zwischenelektrodenentartungszustand (V_S) den logischen Wert «0» annimmt, die Pausenzeitenbreite automatisch auf einen Wert eingestellt, der dem Unterschied zwischen dem am stärksten vorgerückten Wert der Elektrode und dem augenblicklichen Wert der Elektrode entspricht, und zwar in der Weise, dass, je grösser der Unterschied wird, umso länger die Pausenzeitbreite ansteigt, mit dem Ergebnis, dass die Bearbeitungsmenge abnimmt, und dabei das Entstehen von Bearbeitungschips verringert wird, wodurch der Zwischenelektrodenzustand normalisiert wird. Ist die Differenz dagegen klein, wird die Pausenzeitbreite auf einen vorbestimmten Wert eingestellt.

Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur der Erfindung. Bei dieser Anordnung wird die Ausgangsspannung (V_S) von einer Erkennungseinrichtung für Zwischenelektrodenzustandsentartung einer Steuereinrichtung (30) zum Steuern des Zwischenelektrodenbearbeitungsspaltes zugeführt. Die binären Digital-Werte der Ausgänge 2^0 bis 2^{13} vom Zähler (14) für die Feststellung der Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position der Elektrode und ihrer Augenblicksposition werden auch auf entsprechende Eingänge der Steuereinrichtung (30) geführt, die dadurch ein Ausgangssignal für zwangsweise Erweiterung des Zwischenelektrodenbearbeitungsspaltes zwischen Elektrode und Werkstück erzeugt, wodurch automatisch der Erweiterungsbetrag des Bearbeitungsspaltes dazwischen abhängig vom Zwischenelektrodenzustand gesteuert wird.

Ein weiteres bevorzugtes Beispiel für eine elektrische Entladungsbearbeitungsapparatur der Erfindung zeigt Fig. 6 in Form einer genauen Zeichnung der Steuereinrichtung (30) für die Steuerung des Zwischenelektrodenbearbeitungsspaltes zwischen Elektrode und Werkstück. In diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die Dauer des Signals für die aufgezwungene Ausweitung des Bearbeitungsspaltes durch die vorgenannten Signale gesteuert, wodurch das Verhältnis der Ausweitungstrecke des Bearbeitungsspaltes, die Bearbeitungszeit und die Ausweitungsbetätigungszeit gesteuert werden.

In der in Fig. 6 dargestellten Zeichnung bezeichnet (301) eine vielstellige Koinzidenzidentifikationsschaltung (ein Digitalkomparator). Die Ausgänge 2^0 bis 2^{13} vom Zähler (14) für das Ermitteln der Positionsdifferenz werden der vielstelligen Koinzidenzidentifikationsschaltung (301) zugeleitet, und die Ausgänge von entsprechenden Stellen eines Zählers (302) zum Einstellen der Zeit für die zwangsweise Bearbeitungsspaltaufweitung werden auch dem Identifikationsschaltkreis (301) zugeführt, der dann Koinzidenz zwischen den Ausgängen des Zählers (14) und den Ausgängen vom Einstellzähler (302) feststellt und ein Koinzidenzsignal abgibt, wenn Übereinstimmung herrscht. Das Koinzidenzausgangssignal von der Identifikations- oder Erkennungsschaltung (301) wird dem Rücksetzeingang R eines R-S-Flipflops (303) zugeführt, das dadurch rückgesetzt wird, wenn die Ausgänge vom Zähler (14) mit denen vom Einstellzähler (302) übereinstimmen. Die Zeit für die zwangsweise Aufweitung des Bearbeitungsspaltes, die durch den Zähler (302) vorzugeben ist, wird das Produkt aus der Periode des Taktimpulses von einem Bezugstaktimpulsgenerator (304) und dem Wert des Ausgangs vom Zähler (14) für die Feststellung der Positionsdifferenz, wenn,

wie oben beschrieben, Koinzidenz herrscht. So wird das Q-Ausgangssignal vom Flipflop (303) an einen Analogschalter (305) abgegeben, der ein die Elektrode zwangsweise anhebendes Signal (S_M) an die Zwischenelektroden servokreise (7) und (8) aus Fig. 1 abgibt, wodurch der Schalter (305) betätigt wird. Der Q-Ausgang vom Flipflop (303) nimmt den Pegel «1» während der der Positionsdifferenz entsprechenden Zeit an, während der die Elektrode zwangsweise nach oben bewegt wird. Der $\bar{Q}$ -Ausgang vom Flipflop (303) wird auf einen Eingang eines Taktimpulseingabe-UND-Gatters (307) eines Bearbeitungszeiteinstellzählers (306) gegeben. Wenn das R-S-Flipflop (303) rückgesetzt ist, tritt am Q-Ausgang des Flipflop (303) der Pegelwert «0» auf, während der Invert-Ausgang $\bar{Q}$ des Flipflops (303) dagegen den Pegelwert «1» annimmt, der dann dem einen Eingang des UND-Gatters (307) zugeführt wird, und dieses öffnet. Andererseits wird dem anderen Eingang des UND-Gatters (307) vom Generator (304) der Bezugstaktimpuls zugeführt. Wenn das UND-Gatter (307) offen ist, gelangt der Bezugstaktimpuls vom Generator (304) durch das UND-Gatter (307) in einen Bearbeitungszeiteinstellzähler (306), wodurch dieser Zähler (306) eingestellt wird. Verschiedene Bearbeitungszeiteinstellausgangssignale sind mit den entsprechenden Kontaktklemmen eines Bearbeitungszeiteinstellschalters (308) verbunden, dessen gemeinsamer oder Abgriffkontakt mit einem Eingang eines ODER-Gatters (310) verbunden ist. Das Bearbeitungszeiteinstellsignal vom Schalter (308) wird über das ODER-Gatter (310) dem Setzeingang S des Flipflop (303) zugeführt. So wird der Q-Ausgang des Flipflop (303) den Pegelwert «0» während der durch den Schalter (308) in dieser Weise eingestellten Zeit annehmen. Der Q-Ausgang des Flipflop (303) wird dem Analogschalter (5) zugeführt, wodurch dieser geöffnet und eine gewöhnliche Servosteuerung zwischen Elektrode und Werkstück auf der Basis des Zwischenelektroden signals (V_S) und der Bezugsspannung (V_R) in Differenz geführt wird, die von einem Spannungskomparator erzeugt wird, welchem sowohl das Signal (V_S) als die Spannung (V_R) zugeleitet werden, wie gezeigt. Ein Widerstand (311) ist zwischen die Signalausgangsklemme (S_M) des Analogschalters (305) und den Komparator gelegt, um den Komparator zu schützen, dem das Signal (V_S) und die Bezugsspannung (V_R) zugeführt werden, wenn das Elektrodenzwangsanhebungssignal (S_M) vom Analogschalter (305) erzeugt wird.

Weiter wird das Zwischenelektrodenzustandsentartungsdetektorsignal (V_S) dem Inverseingang eines UND-Gatters (309) und wird der Bezugstaktimpuls vom Generator (304) einem anderen Eingang des UND-Gatters (309) des Zwangsaufweitungseinstellzählers (302) für den Bearbeitungsspalt zugeführt. Wenn das Signal (V_S) den Pegelwert «0» hat, d. h., der Zwischenelektroden spalt entartet ist, wird der oben beschriebene Vorgang durchgeführt, wie im einzelnen jetzt beschrieben wird. Der Q-Ausgang vom Flipflop (303) wird dem anderen Eingang des UND-Gatters (309) eingegeben. Ausserdem wird das Signal (V_S) auch dem anderen Eingang des ODER-Gatters (310) zugeführt. Damit wird das Signal (V_S) durch das UND-Gatter (309) und das ODER-Gatter (310) entschieden. Wenn das Signal (V_S) den Pegelwert «1» hat, erzeugt das ODER-Gatter (310) den Ausgangswert «1», der anschliessend dem Setzeingang S des Flipflop (303) zugeführt wird und das Flipflop (303) setzt. Für diesen Fall ist der Q-Ausgang des Flipflop (20) auf «0»-Pegel, wodurch der Analogschalter (305) geöffnet wird und von ihm kein Elektrodenanhebungssignal (S_M) ausgeht. Es wird also die übliche Zwischenelektroden servosteuerung im Bearbeitungsspalt zwischen Elektrode und Werkstück ausgeführt.

Bei den beschriebenen Beispielen wird die Elektrodenanhebzeit wie vorangehend beschrieben gesteuert, doch ist die

Erfindung auch auf die Steuerung des Bearbeitungsspals zwischen Elektrode und Werkstück gerichtet, um den Zustand des Zwischenelektrodenbearbeitungsspals aufgrund des Feststellungssignals einer Bearbeitungsspaltentartung gerichtet, und die Steuerung des Bearbeitungsspals zwischen Elektrode und Werkstück kann durch die oben beschriebenen Signale wie Bearbeitungszeit, Elektrodenanhebesgeschwindigkeit, Anheb- und Bearbeitungsperioden, Servo-
 5 bezugsspannung, Servosystemverstärkung, usw., zusätzlich zur Elektrodenanhebzeit durchgeführt werden, ohne dass für den Fachmann technische Schwierigkeiten auftreten.

Die Figuren 7 bis 9 zeigen das Grundprinzip eines wiederum anderen Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Apparatur für elektrische Entladungsbearbeitung, wobei mit denselben Bezugszeichen äquivalente oder entsprechende Teile und Komponenten bezeichnet sind, die auch in der Fig. 5 dargestellt sind, so dass ihre nochmalige Beschreibung entfallen kann. Die Figuren 9a bis 9c sind Graphiken der Beziehung zwischen dem Verstärkungsgrad und dem Unterschied D zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position der Elektrode und der Augenblicksposition der Elektrode für dieses Beispiel.

Figuren 7 bis 9 zeigen eine Schaltungsanordnung der elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur, bei der der Verstärkungsgrad entsprechend der Spannung V_0 durch ein Servosystem gesteuert ist. Die Ausgänge 2^0 bis 2^{13} vom Zweirichtungszähler (14) werden auf entsprechende Eingänge eines multiplizierenden Digital/Analog-Wandlers (320) geleitet, der darauf die Differenzspannung V_a ($V_a = V_R - V_s$) zwischen der Zwischenelektrodenmittelschnittspannung V_s und der Bezugsspannung V_R durch die Positionsdifferenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position und der Augenblicksposition der Elektrode multipliziert, d.h. $V_a \times$ (am weitesten vorgeschobene Position — Augenblicksposition) = V_1 , und erzeugt einen Ausgangswert V_1 durch einen Spannungskomparator, dem die Zwischenelektrodenmittelschnittspannung V_s und die Bezugsspannung V_R zugeführt werden, um die Differenzspannung V_a zu erzeugen, wie gezeigt, die dann dem Eingang des Wandlers (320) zugeleitet wird. Ein tatsächlicher Digital/Analog-Wandler kann von der Type CMOS-IC-AD7520 der Firma Analog Device Co., USA sein.

Gemäss der Erfindung kann der Verstärkungsfaktor G des Servosystems proportional zur Differenz D zwischen der am weitesten vorgeschobenen Stellung und der Augenblicksstellung der Elektrode, also der Zwischenelektrodenbearbeitungsspaltweite, variiert werden. Genauer gesagt, wird für den Fall eines engen Bearbeitungsspals, der für sehr feine und genaue Steuerung benötigt wird, der Verstärkungsfaktor G auf einen Wert eingestellt. Liegt dagegen ein weiterer Bearbeitungsspalt vor, der für den Pumpvorgang erforderlich ist, um zwischen den Elektroden den Schlamm herauszubringen, wird der Verstärkungsfaktor auf einen hohen Wert eingestellt, wodurch dynamisch mit hoher Geschwindigkeit gearbeitet wird.

In Fig. 9 ist an die Ordinate der Verstärkungsfaktor und an die Abszisse die Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position und der Augenblicksposition der Elektrode angetragen.

In dem Fall, wo die Elektrode periodisch springt durch externes zwangsweises Zuführen eines Kurzschlusszustandssignals zu einer elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur, wenn die einmal angehobene Elektrode zurückgekehrt ist, wurde zuvor nur die Zwischenelektrodenspannung festgestellt, um festzulegen, ob die Elektrode in der Originalposition eingestellt war oder nicht. Folglich konnte die Position der Elektrode nicht eher festgestellt werden, als bis das Kurzschlussignal erzeugt wird. Damit ist stets ein Über-

schwingen aufgetreten, so dass die Elektrode das zu bearbeitende Werkstück berührt hat, was Nachteile bringt. Da gemäss der Erfindung der Verstärkungsfaktor in Abhängigkeit vom Abstand zur Originalposition der Elektrode variiert und die Bewegungsgeschwindigkeit der Elektrode automatisch verzögert werden kann, lässt sich dieses Überspringen oder über das Ziel Hinausschiessen, das bei herkömmlichen Apparaturen auftritt, vermeiden. Ausserdem ist, je weiter der Bearbeitungsspalt zwischen Elektrode und Werkstück ist, die Bewegungsgeschwindigkeit der Elektrode höher. Somit wird, wenn der Zwischenelektrodenzustand durch Erweitern des Bearbeitungsspals zwischen Elektrode und Werkstück wieder hergestellt wird, eine kürzere Zeit benötigt, was eine Verbesserung der Bearbeitungseffektivität der
 15 erfindungsgemässen Apparatur bedeutet.

Es sei bemerkt, dass zwar die vorangehende Beschreibung auf eine elektrische Entladungsbearbeitungsapparatur gerichtet ist, bei der der Verstärkungsfaktor G sich geradlinig proportional zur Differenz D zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position der Elektrode und der Augenblicksposition der Elektrode ändert, gerichtet ist, d.h. also eine Beziehung gemäss Kurve der Fig. 9A hat, die Änderung des Verstärkungsfaktors nicht unbedingt geradlinig sein muss, sondern auch einen Verlauf gemäss Fig. 9B oder auch in
 20 zwei oder mehr Arten polygonallinear gemäss Fig. 9C sein kann, wobei entsprechend der vorangehenden Beschreibung dieselben Eigenheiten und Vorteile erzielt werden.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel der elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur der Erfindung zeigt Fig. 10 auf der Basis des in Fig. 7 bis 9 gezeigten Grundprinzips speziell in Gestalt einer detaillierten Schaltungsanordnung der Steuereinrichtung (30), die dabei verwendet wird.

In Fig. 10 sind die Ausgänge 2^0 bis 2^{13} vom Zweirichtungszähler (14) für das Feststellen der Position der Elektrode in entsprechenden Eingängen eines multiplizierenden Digital/Analog-Wandlers (320) in der Steuereinrichtung (30) zugeführt.

Die Einzelheiten der Steuerschaltung (30) für die Steuerung des Verstärkungsgrades eines Servosystems werden aufgrund der Ausgänge vom Zähler (14) mit Bezug auf Fig. 10 beschrieben. Das Zwischenelektrodenentartungszustandsdetektorsignal (V_s) wird direkt einem Analogschalter (321) und durch einen Inverter (323) einem Analogschalter (322) zugeleitet. Wenn kein entarteter Zustand des Zwischenelektrodenbearbeitungsspals auftritt und deshalb das Detektorsignal (V_s) den Pegelwert «1» hat, wird das invertierte Signal «0» durch den Inverter (323) in den Analogschalter (322) eingeführt, der dadurch geöffnet ist, während das Detektorsignal «1» dem Analogschalter (321) direkt zugeleitet
 50 wird, der dadurch geschlossen wird.

Ausserdem werden eine Zwischenelektrodenmittelschnittspannung V_s und eine Bezugsspannung V_R einem Spannungskomparator zugeführt, der daraus als Zwischenelektrodenervosignal eine Differenzspannung V_a erzeugt, die über einen Verstärker (324) mit vorbestimmtem Verstärkungsfaktor K und den geschlossenen Analogschalter (322) zum Eingang eines Servoverstärkers (7) kommt, wodurch das Werkstück mit gewöhnlicher Verstärkung bearbeitet wird.

Wenn ein entarteter Zustand zwischen den Elektroden auftritt und das Detektorsignal (V_s) den Pegelwert «0» annimmt, kommt über den Inverter (323) das invertierte Signal «1» zum Analogschalter (321), der dadurch geschlossen wird, während das Detektorsignal «0» direkt dem Analogschalter (322) zugeführt wird dieser dadurch geöffnet ist. Das Zwischenelektrodenervosignal V_a vom Komparator wird auch auf den anderen Eingang des multiplizierenden Digital/Analog-Wandlers (320) gegeben, der danach das Ser-

vosignal V_a , das ihm von den Digitalausgängen 2^0 bis 2^{13} vom Zähler (14) zugegangen ist, multipliziert und dadurch einen Analogausgang $V_1 = V_a \times$ (am weitesten vorgerückte Position – Augenblicksposition) erzeugt. Der Ausgang V_1 vom Wandler (320) wird dann über den geschlossenen Analogschalter (321) auf den Eingang des Servoverstärkers (7) geführt, wodurch der Servoverstärkungsfaktor proportional zur Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position der Elektrode und der Augenblicksposition der Elektrode gesteuert wird. Je höher also die Differenz ist, d. h., je stärker der Entartungszustand ist, desto höher wird der Servoverstärkungsfaktor, und desto schneller wird die Bewegungsgeschwindigkeit der Elektrode. Die Auswirkung der Veränderung des Bearbeitungsspalt zwischen Elektrode und Werkstück, wenn die Elektrode sehr abrupt gegenüber dem Werkstück bewegt wird, sorgt für schnelles Herausfordern des im Bearbeitungsspalt angesammelten Schlammes oder irgendwelcher Chips oder Späne oder verteilt sie.

Als Multiplikations-Digital/Analog-Wandler (320) kann ein Wandler der Type AD7520 der Fa. Analog Device Co., USA verwendet werden.

Die vorstehende Beschreibung ist zwar auf eine Veränderung des Servoverstärkungsfaktors in Abhängigkeit von der Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position und der Augenblicksposition der Elektrode gerichtet, wenn der Bearbeitungsspalt einen Entartungszustand annimmt, doch kann derselbe Vorteil auch nur durch Erhöhen des Servoverstärkungsfaktors erwartet werden. In diesem Fall jedoch nähert sich der am weitesten vorgeschobene Wert dem Augenblickswert der Elektrode, so dass eine hohe Verstärkung auch unmittelbar vor dem Kurzschluss zwischen Elektrode und Werkstück erhalten bleibt. Eine zu starke Annäherung der Elektrode an das Werkstück ist deshalb zu vermeiden. Wenn der oben genannte Digital/Analog-Wandler wirksam in der erfindungsgemässen Apparatur eingesetzt wird, kann der Servoverstärkungsfaktor automatisch so gesteuert werden, dass, wenn die Elektrode sich dem Werkstück sehr stark nähert, der Verstärkungsfaktor verringert wird, so dass eine überaus starke Annäherung von Elektrode und Werkstück und ein Aufschaukeln zu Schwingungen vermieden werden.

Figuren 11a und 11b zeigen ein wiederum anderes Ausführungsbeispiel der elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur nach der Erfindung, welches Anzeigemittel enthält, um den Zwischenelektrodenzustand auf der Basis eines Ausgangssignals von der Elektrodenpositionsdetektoreinrichtung (20) oder eines Ausgangssignals von der Zwischenelektrodenzustandserkennungseinrichtung (12) anzuzeigen.

In der Schaltungsanordnung der Fig. 11a wird das Ausgangssignal V_0 von der Elektrodenpositionsdetektoreinrichtung (12) über eine Übertragungsleitung (41) einer Empfangsschaltung (40) zugeleitet, und das Zwischenelektrodenentartungszustandsdetektorsignal (V_5) von der Zwischenelektrodenzustandserkennungseinrichtung (20) wird über eine Übertragungsleitung (41) für die Übertragung des Signals (V_5) der Empfängerschaltung (40) zugeführt. Das Ausgangssignal V_0 des Digital/Analog-Wandlers in der Elektrodenpositionsdetektoreinrichtung (12) kann somit direkt durch ein Voltmeter (401) ausgelesen werden, das über die Übertragungsleitung mit der Erkennungseinrichtung verbunden ist. Durch Beobachtung von V_0 des Wandlers lässt sich die Differenz zwischen der am weitesten vorgeschobenen Position der Elektrode (1) gegenüber dem Werkstück (3) und der Augenblicksposition der Elektrode (10) direkt am Voltmeter ablesen, womit dieselbe Wirkung wie durch Beobachten eines mechanischen Messgerätes erzielt wird.

Die Empfangsschaltung (40) der Fig. 11a und folglich die Anzeigeeinrichtung können an einem von der Elektrode (1) getrennten Ort aufgestellt werden.

Ein wiederum anderes Ausführungsbeispiel der elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur zeigt Fig. 11b, bei der der Ausgang V_0 nicht als Analog-Signal sondern als Digital-Signal weitergeleitet wird, und der Digital-Ausgang V_0 über einen Digital/Analog-Wandler in eine Analogspannung umgesetzt wird, die dann beobachtet wird, so dass ein Signal V_0 in einer Umgebung mit starken elektrischen Störungen übertragen werden kann.

Bei dieser Schaltungsanordnung nach Fig. 11b wird das Ausgangssignal vom Zweirichtungszähler (14) der Elektrodenpositionsdetektoreinrichtung (12) über einen Puffer (42), der das Signal V_0 verstärkt, und über eine abgeschirmte Übertragungsleitungsgruppe (43) der Empfängerschaltung (40) zugeleitet und dort in einen Digital/Analog-Wandler (402) eingegeben, der dann die Digitalsignale in eine Spannung V_0 entsprechend dem Analog-Signal V_0 umsetzt.

Da die Eigenheiten des Zwischenelektrodenbearbeitungsspaltzustandes der elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur an einem von der Elektrode entfernten Platz genau beobachtet werden können, können im voraus Fehlvorgänge im Bearbeitungsvorgang der elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur nach der Erfindung vermieden werden.

Es versteht sich aus der vorangehenden Beschreibung, dass die in den Figuren 11a und 11b dargestellten Anzeigeeinrichtungen auch bei den Beispielen der elektrischen Entladungsbearbeitungsapparatur der Figuren 3 und 4 sowie der Figuren 5 bis 8 eingesetzt werden können.

FIG. 1

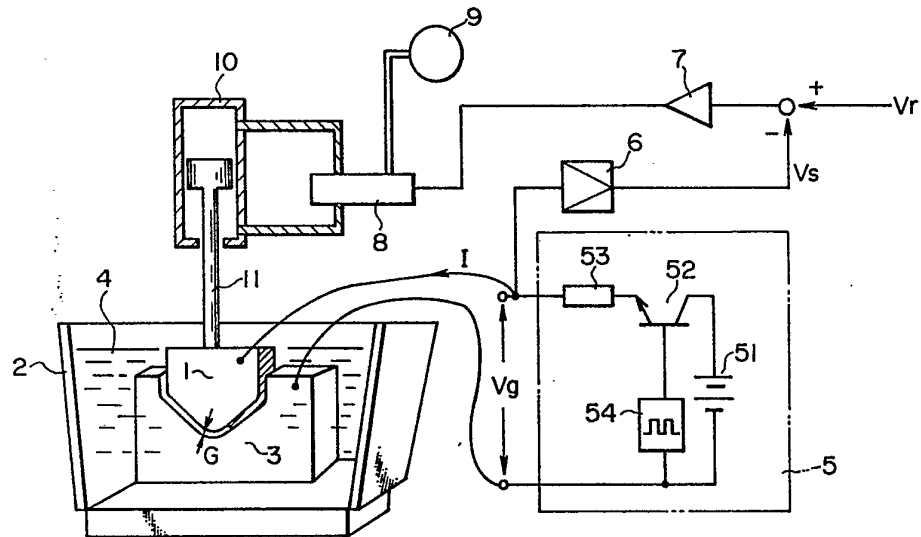


FIG. 2

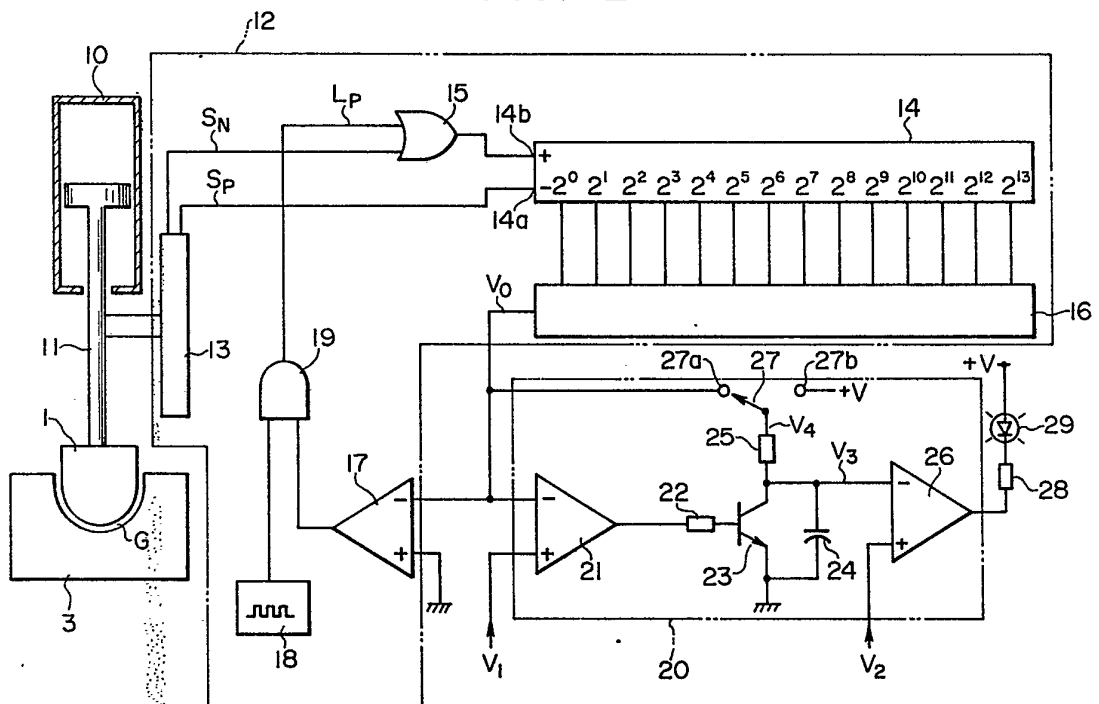


FIG. 5

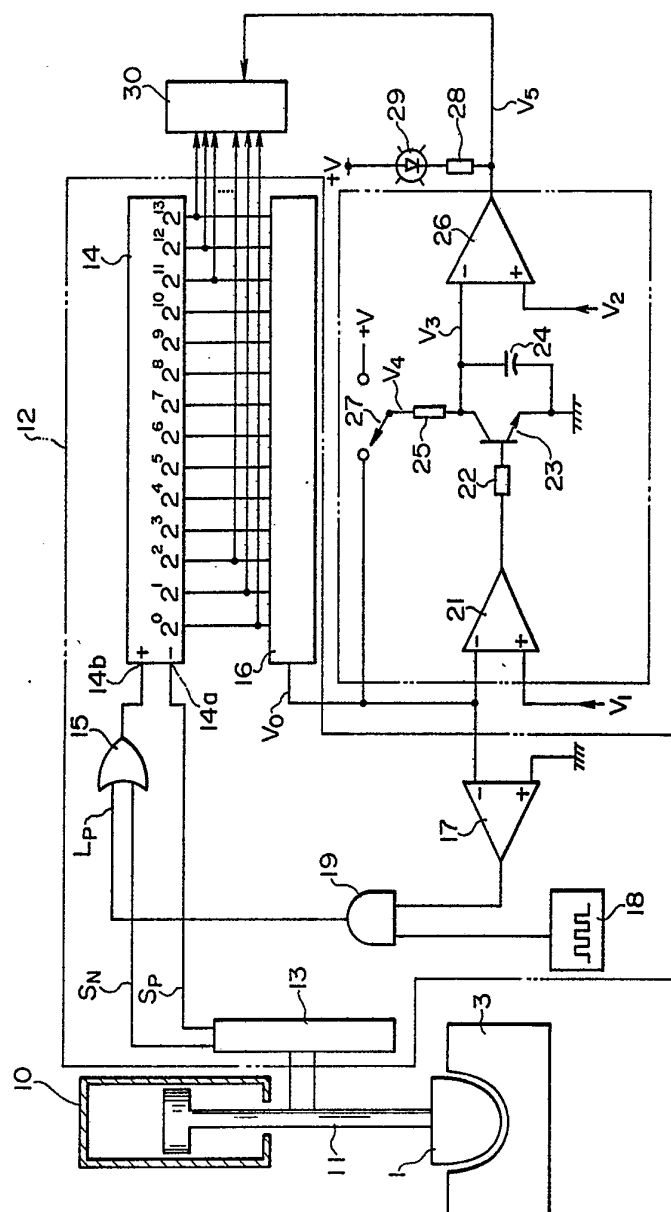


FIG. 6

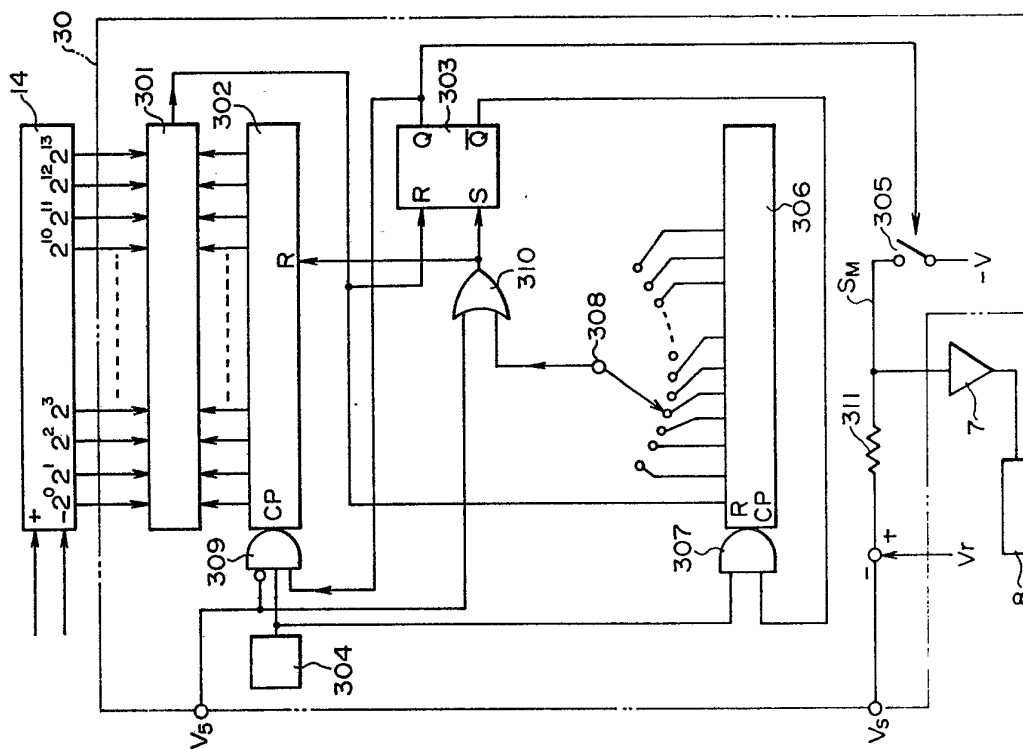


FIG. 8

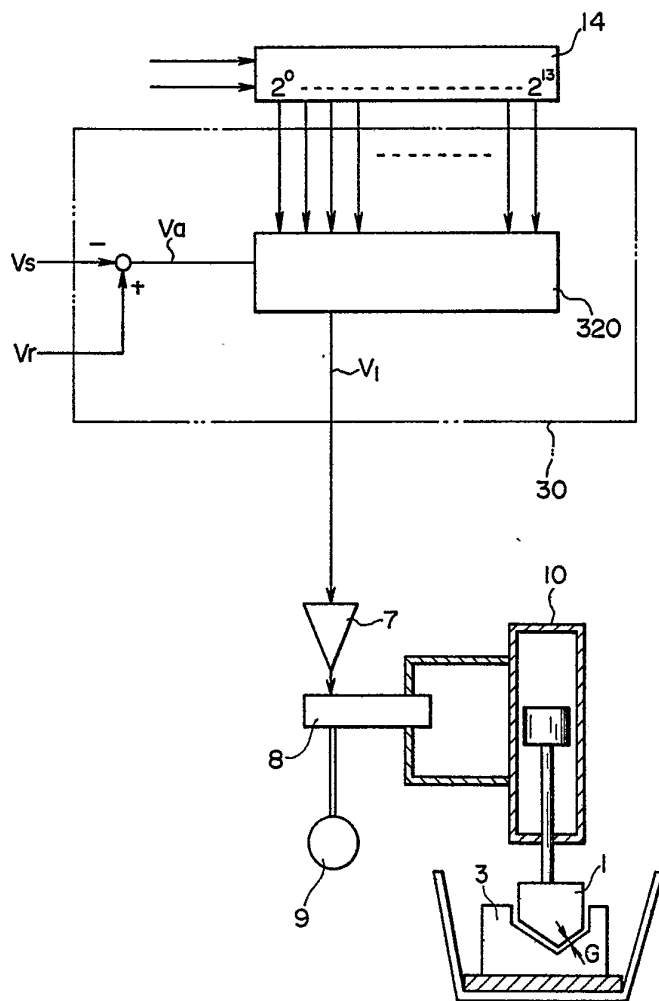


FIG. 9a

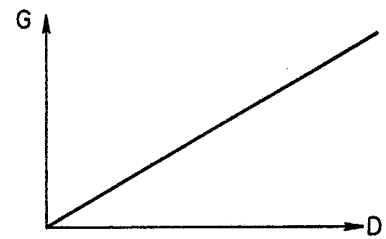


FIG. 9b

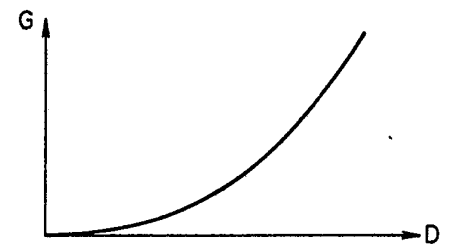


FIG. 9c

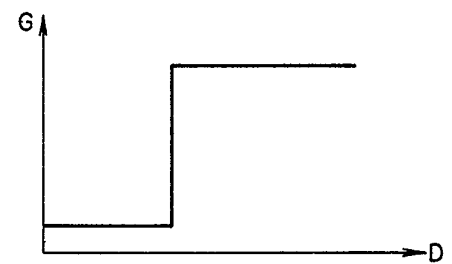


FIG. 11a

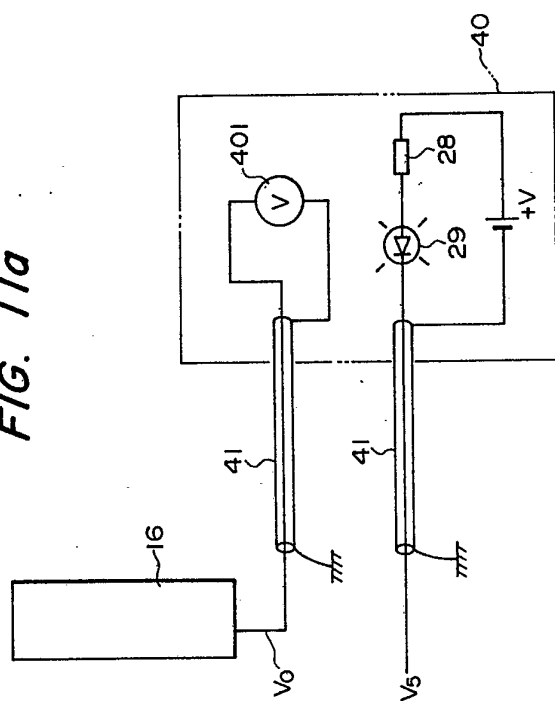


FIG. 11b

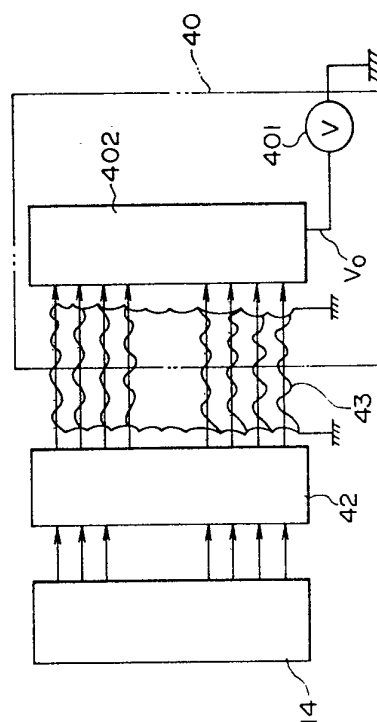


FIG. 10

