

CH 679536 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 679536 A5

⑤① Int. Cl.⁵: H 05 K 3/12

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer:	381/89	㉗ Inhaber:	Juki Corporation, Chofu-shi/Tokyo (JP)
㉔ Anmeldungsdatum:	03.02.1989		
㉓ Priorität(en):	05.02.1988 JP 63-25496	㉘ Erfinder:	Yanagisawa, Yukari, Suginami-ku/Tokyo (JP)
㉒ Patent erteilt:	28.02.1992		
㉕ Patentschrift veröffentlicht:	28.02.1992	㉙ Vertreter:	E. Blum & Co., Zürich

⑤④ **Verfahren und Vorrichtung zum Kalibrieren einer Anlage zur Herstellung von in Dickfilmtechnik aufgebrachtter Schaltungen.**

⑤⑦ Bei dem Verfahren und mit der Vorrichtung werden in einer Anlage zur Herstellung von in Dickfilmtechnik aufgebrauchter Schaltungen die Betriebsparameter automatisch eingestellt, um Pastenlinien mit einer Soll-Linienbreite mit einer vorbestimmten Paste zu erzeugen.

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kalibrieren der Aufbringkonditionen für eine vorgegebene Paste in einer Anlage zur Herstellung von in Dickfilmtechnik aufgebracht Schaltungen, um Pastenlinien mit vorgegebener Linienbreite auf ein Substrat aufzubringen, wobei die Linien durch eine Düse unter veränderlichem Pastenzuführdruck und mit variabler Aufzeichnungsgeschwindigkeit auf das Substrat aufgebracht werden, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, wobei die Anlage

A. eine Düse zum Aufbringen der Paste auf ein Substrat,

B. eine Einrichtung, um die Paste mit einem veränderlichen Pastenzuführdruck der Düse zuzuführen, und

C. eine Antriebseinrichtung enthält, um eine Relativbewegung zwischen dem Substrat und der Düse in einer Richtung parallel zur Substratebene mit einer veränderlichen Geschwindigkeit zu erzeugen, wobei Pastenlinien durch eine Düse unter dem Pastenzuführdruck und mit der einer variablen Aufzeichnungsgeschwindigkeit entsprechenden Relativbewegung auf das Substrat aufgebracht werden.

Wie in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 56-164 598 offenbart, enthält die bekannte Anlage zur Herstellung von Schaltungen in Dickfilmtechnik in ihrer allgemeinen Ausführung einen Tisch zum Befestigen eines Substrates, wobei der Tisch in der horizontalen Ebene in X- und Y-Richtung verschiebbar ist, eine Düse, durch welche eine vorgegebene Pastensorte ausgebracht wird, eine Luftquelle, um die Paste mittels der mit einem gegebenen Druck abgegebenen Luft der Düse zuzuführen, einen Halterahmen, um die Düse über dem Tisch zu halten, so dass die Höhe der Düse über dem Tisch gesteuert werden kann, und eine Höhenmeseinrichtung, die am Halterahmen montiert ist. Weil die Substrate, wie keramische Substrate, verzogen sind, wird die Höhenmeseinrichtung verwendet, um den Abstand zwischen der Düse und dem auf dem Tisch angeordneten Substrate über den gesamten Flächenbereich des Substrates zu messen. Die Düse ist der Höhenregelung auf der Basis der Messresultate unterworfen, so dass ein konstanter Abstand zwischen der Düse und dem Punkt auf dem Substrate unterhalb der Düse aufrecht erhalten wird, während das Substrat relativ zur Düse verschoben wird.

Ist eine Schaltung nach der Dickfilmtechnik mit einer derartigen Anlage herzustellen, werden Pastenlinien durch Herausdrücken der Paste aus der Düse mit einem bestimmten Ausbringdruck aufgebracht, während der Tisch mit einer bestimmten Geschwindigkeit relativ zur Düse verschoben wird. Die aufgetragenen Linien haben eine Breite und Schichtdicke, die durch gewisse Aufbringkonditionen für die Pastenlinie, z.B. Ausbringdruck, Tischgeschwindigkeit, Viskosität der verwendeten Paste, usw., bestimmt werden.

Die Viskosität der bei der Herstellung von Schal-

tungen in Dickfilmtechnik verwendeten Paste wird durch viele Faktoren beeinflusst, so z.B. Temperatur, Luftdruck, Lösungsmittelverdampfung, welche ihrerseits durch das Alter der Paste beeinflusst wird. Die Pastenviskosität ändert sich auch von Lot zu Lot. Einer Paste wird ein Lösungsmittel zugegeben, um deren Viskosität anzupassen. Wegen der vielen Faktoren, welche die Pastenviskosität beeinflussen, führt die Kenntnis der Beziehung zwischen Linienbreite, Schichtdicke, Aufbringdruck und Tischgeschwindigkeit für eine bestimmte Pastensorte, welche durch Experimente mit einer bestimmten Paste erhalten werden, nicht in jedem Fall zu beständigen Ergebnissen, selbst für die gleiche Paste.

Bei der vorstehend genannten Anlage muss man deshalb wiederholt Linien auf der Grundlage Versuch und Fehler unter verschiedenen Ausbringdrücken und Tischgeschwindigkeiten aufbringen, bevor eine Soll-Linienbreite und Soll-Schichtdicke erreicht werden kann. Die visuelle Überwachung der Linienbreite mit Hilfe einer Lupe, Vergrößerungsglas oder Mikroskop hat auch mit Bezug auf jede der aufgetragenen Linien zu erfolgen. Die bekannte Anlage hat einen Nachteil, der darin besteht, dass ein grosser Zeitbedarf und Arbeitsaufwand eingesetzt werden müssen, bevor der optimale Aufbringdruck und die optimale Tischgeschwindigkeit bestimmt werden kann.

Ziel der Erfindung ist, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, wobei die Breite einer oder mehrerer zu Testzwecken aufgetragenen Linien durch die Anwendung einer elektrooptischen Abtastung abgetastet wird, die abgetastete Linienbreite mit einem Sollwert verglichen wird, und das Ergebnis des Vergleiches verwendet wird, um Parameter automatisch einzustellen, die in einer Anlage zur Herstellung von in Dickfilmtechnik aufgetragenen Schaltungen eingestellt wurden, und die Breite der gedruckten Linien beeinflussen.

Dieses Ziel wird erfindungsgemäss durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 erreicht. Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, wobei die Anlage

A. eine Düse zum Aufbringen der Paste auf ein Substrat,

B. eine Einrichtung, um die Paste mit einem veränderlichen Pastenzuführdruck der Düse zuzuführen, und

C. eine Antriebseinrichtung enthält, um eine Relativbewegung zwischen dem Substrat und der Düse in einer Richtung parallel zur Substratebene mit einer veränderlichen Geschwindigkeit zu erzeugen, wobei Pastenlinien durch eine Düse unter dem Pastenzuführdruck und mit der einer variablen Aufzeichnungsgeschwindigkeit entsprechenden Relativbewegung auf das Substrat aufgebracht werden, ist erfindungsgemäss durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruches 8 gekennzeichnet.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Vorrichtung zum Kalibrieren der Pastenaufbringkonditionen,

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht einer Anlage zur Herstellung von in der Dickfilmtechnik aufgetragenen Schaltungen mit der erfindungsgemässen Vorrichtung,

Fig. 3 ein Schaltschema eines Steuerschaltkreises für die Anlage zur Herstellung von in Dickfilmtechnik aufgetragenen Schaltungen,

Fig. 4A-4D ein Flussdiagramm, das einen durch den in Fig. 3 gezeigten CPU ausgeführten Kalibriervorgang darstellt,

Fig. 5 ein Diagramm zur Anwendung bei der Darstellung von Daten, die zum Aufbringen von Linien für Testzwecke als auch zum Abtasten der aufgetragenen Linien angewendet werden, und

Fig. 6 ein Diagramm, das ein Verfahren zur Abtastung der Linienbreite zeigt.

Wie in Fig. 1 gezeigt, enthält eine Anlage zur Herstellung von in Dickfilmtechnik aufgetragenen Schaltungen, eine Düse zum Aufbringen der Paste auf ein Substrat, eine Einrichtung 10 zum Zuführen der Paste unter veränderlichem Pastenzuführdruck und eine Antriebseinrichtung 20 zur Erzeugung der Relativbewegung zwischen dem Substrat und der Düse in der Richtung parallel zu der Ebene des Substrates mit einer veränderlichen Geschwindigkeit. Die Anlage ist ausgestaltet, um das Aufbringen von Pastenlinien auf ein Substrat durch eine Relativbewegung mit einer Geschwindigkeit, die einer veränderlichen Aufzeichnungsgeschwindigkeit entspricht, durchzuführen, wobei die Paste durch eine Düse unter einem gegebenen Pastenzuführdruck ausgegeben wird.

Es ist auch eine Kalibriervorrichtung vorgesehen, um den Pastenzuführdruck und die Aufzeichnungsgeschwindigkeit für eine gegebene Paste einzustellen, so dass Linien aus einer vorgegebenen Paste mit einer Soll-Linienbreite auf dem Substrat ausgebildet werden. Die Kalibriervorrichtung enthält eine Steuereinrichtung 30, welche abhängig von einem Kalibrierverfahren arbeitet, um Kalibriersteuersignale zu erzeugen, die zur Steuerung der Kalibriervorgänge verwendet werden, welche Vorgänge das Aufbringen von Testlinien und die Abtastung der Breite der aufgetragenen Linien umfassen. Die Kalibriersteuersignale enthalten ein erstes Kalibriersteuersignal zur Steuerung der Relativbewegung zwischen dem Substrat und der Düse, die für die Kalibriervorgänge erforderlich ist, ein zweites Kalibriersteuersignal zur Steuerung der Pastenzufuhr während der Kalibriervorgänge und ein drittes Kalibriersteuersignal zur Steuerung der Abtastung der Breite der zu Prüfzwecken aufgetragenen Linien. Die Kalibriervorrichtung enthält auch eine Einrichtung 32 zum Einstellen eines Sollwertes für die Linienbreite der Testlinien, eine Einstelleinrichtung 34 zum Einstellen eines Anfangswertes für den Pastenzuführdruck und eines Anfangswertes für die Aufzeichnungsgeschwindigkeit als Istwerte, eine Antriebssteuereinrichtung 36 zum Steuern der Antriebseinrichtung in Abhängigkeit des ersten Kalibriersteuersignals, um die Geschwin-

digkeit der Relativverschiebung des Substrats bezüglich der Düse während dem Aufbringen der Testlinien auf den Istwert der Aufzeichnungsgeschwindigkeit einzustellen, eine Steuereinrichtung 38 zur Steuerung der Pastenzuführeinrichtung in Abhängigkeit des zweiten Kalibriersteuersignals, um den Pastenzuführdruck der Pastenzuführeinrichtung während dem Aufbringen der Testlinien auf den Istwert des Pastenzuführdruckes einzustellen, eine Dickenmesseinrichtung 40, die auf das dritte Steuersignal anspricht, um das Dickenprofil jeder Testlinie in deren Längsrichtung während der Relativverschiebung zwischen dem Substrat und der Düse für die Abtastung der Linienbreite jeder Testlinie abzutasten, eine Linienbreite-Abtasteinrichtung 42, um den Wert der Linienbreite aus den Dickenangaben abzuleiten, eine Einstelleinrichtung 44 zum Einstellen des Istwertes des Pastenzuführdruckes oder des Istwertes der Aufzeichnungsgeschwindigkeit, einen Speicher 46 zur Speicherung eines optimalen Wertes des Pastenzuführdruckes und eines optimalen Wertes der Verschiebegeschwindigkeit, um die Soll-Linienbreite zu erhalten, und eine Vergleichereinrichtung 48 zum Vergleichen des Sollwertes der Linienbreite mit dem Wert der abgetasteten Linienbreite, um ein erstes Signal für den Fall zu erzeugen, dass der Unterschied in der Linienbreite dazwischen grösser ist als ein vorgegebener Wert und ein zweites Signal für den Fall zu erzeugen, dass der Unterschied in der Linienbreite kleiner ist als der vorgegebene Wert. Das erste Signal dieser Vergleichereinrichtung 48 dient zum Einschalten der Kalibriersteuereinrichtung 30, um neuerlich Kalibriersteuersignale zu erzeugen, sowie zum Einschalten der Einstelleinrichtung 44, um entweder den Istwert des Pastenzuführdruckes oder den Istwert der Aufzeichnungsgeschwindigkeit der Einstelleinrichtung 34 so einzustellen, dass der Wert irgendeines Unterschiedes in der Linienbreite verringert wird. Das zweite Signal der Vergleichereinrichtung 48 dient zum Einschalten des Speichers 48, um den Istwert des Pastenzuführdruckes und der Istwert der Aufzeichnungsgeschwindigkeit als optimaler Wert des Pastenzuführdruckes und/oder als optimaler Wert der Aufzeichnungsgeschwindigkeit zu speichern.

Erfindungsgemäss kann die Kalibriervorrichtung ausserdem eine Einstelleinrichtung 50 zum Einstellen der Pastenart, wobei die Einstelleinrichtung 34 ausgelegt sein kann, um den Sollwert des Pastenzuführdruckes und den Sollwert der Aufzeichnungsgeschwindigkeit als Anfangswert des Pastenzuführdruckes bzw. als Anfangswert der Aufzeichnungsgeschwindigkeit einzustellen, welche entsprechend des Sollwertes der Linienbreite und der verwendeten Pastenart bestimmt werden.

Mit dem erfindungsgemässen Verfahren und der Vorrichtung werden der Pastenzuführdruck und die Aufzeichnungsgeschwindigkeit einer in der Dickfilmtechnik hergestellten Schaltung automatisch eingestellt, und diese automatische Einstellung wird automatisch wiederholt, bis der optimale Pastenzuführdruck und die optimale Aufzeichnungsgeschwindigkeit erreicht werden.

Der mechanische Aufbau der Anlage zur Her-

stellung von einer in Dickfilmtechnik hergestellter Schaltung wird mit Bezug auf Fig. 2 beschrieben. Die Anlage hat einen feststehenden Rahmen 60 und einen Tisch 62, der am unteren nicht gezeigten Teil des Rahmens montiert und in der horizontalen Ebene in der X- und Y-Achse, die sich rechtwinklig schneiden, verschiebbar ist. Der Tisch 62 hat eine Tischfläche 64 von 15×15 cm, auf welcher ein Substrat 66 (z.B. 7×7 cm) aus Keramik angeordnet werden kann.

Am Rahmen 60 ist eine Halteplatte 68 montiert, die eine vertikale Fläche bestimmt und auf der ein Schlitten 70 montiert ist. Der Schlitten 70 trägt über ein Halteorgan 74 eine Düse 72, die in vertikaler Richtung verschiebbar ist. Eine Spindel 76 ist an einem Ende mit dem oberen Ende des Halteorgans 74 verbunden und am anderen Ende mit der Welle eines Steuermotors 82 gekoppelt und zwar über ein Lagergehäuse 78 und eine Kupplung 80. Der Steuermotor 82 ist mittels eines Rückhaltegliedes 84 an der Halteplatte 68 montiert. Der Motor 82 treibt die Spindel 76 und dadurch wird das Halteorgan 74 in vertikaler Richtung auf und ab verschoben, wodurch die Höhe der Düse 72 über der Tischfläche 64 (z.B. im Bereich von 60 bis $150 \mu\text{m}$) eingestellt werden kann.

Die Düse 72 hat am unteren Ende eine Mündung 92, durch welche die Paste ausgetragen wird, und am oberen Ende einen zylindrischen Abschnitt 94 mit einem Raum zur Aufnahme der Paste. An der Oberseite des zylindrischen Abschnittes 94 ist ein Rohr 96 angeschlossen, um Druckluft zuzuführen.

Mit dieser Anlage können Pasten als elektrische Leiter, Widerstände und Isolatoren verarbeitet werden.

Ausserdem ist eine Höhenmesseinrichtung 86 über einen Halteteil 88 an der Halteplatte 68 befestigt. Diese Messeinrichtung 86 weist einen Laser und einen Empfänger auf, um den Abstand zwischen ihr und der Tischoberfläche 64 oder der Oberfläche des Substrates 66 zu messen. Bei der vorliegenden Anlage wird die Höhenmesseinrichtung 86 zu Abtastzwecken verwendet, um festzustellen, ob das Substrat 66 verzogen ist (z.B. können keramische Substrate Wölbungen von 10 bis $100 \mu\text{m}$ aufweisen), sowie zu Messzwecken verwendet, um die Dicke einer auf das Substrat 66 aufgetragenen Pastenlinie 90 zu messen, wobei der gemessene Wert der Dicke dazu verwendet wird, deren Linienbreite zu bestimmen.

Der Steuerteil der Anlage zur Herstellung von einer in Dickfilmtechnik hergestellten Schaltung ist in Fig. 3 dargestellt. Die Fig. 3 zeigt die gesteuerten Elemente des mechanischen Teiles der Anlage. Diese gesteuerten Teile sind Antriebsmotoren (nicht dargestellt), um den Tisch 62 in der X- und Y-Richtung zu verschieben, ein Steuermotor 82 (in Fig. 3 nicht dargestellt) für die Düse 72, die Höhenmeseinrichtung 86, ein Magnetventil 100 und eine elektropneumatische Wandler 102, die beide zur Steuerung der Druckluftzufuhr zu der Düse 72 verwendet werden.

Dieser Steuerteil umfasst insbesondere eine Prozessoreinheit 110, ein E/A-Einheit 112, z.B. eine mit der Prozessoreinheit 101 verbundene Tastatur,

einen Speicher 114, der an die Prozessoreinheit angeschlossen ist, und in dem verschiedene Steuerprogramme und eine Datenbank gespeichert sind.

Die im Speicher 114 gespeicherten Steuerprogramme enthalten ein Kalibriersteuerprogramm und ein Aufbringprogramm. Die Datenbank enthält Daten über die Sollwerte der Linienbreite, die Art der verwendeten Paste, Anfangsausgabedruck (P_0) und Anfangstischgeschwindigkeit (V_0) sowie Daten für die aufzubringenden Muster.

Einzelheiten des elektropneumatischen Wandlers 102, welcher ein den Ausgabedruck (P) darstellendes Steuersignal aus der Prozessoreinheit 110 empfängt, sind in der Beschreibung und den Zeichnungen der japanischen Patentanmeldung Nr. 61-257 695 beschrieben. Dieser elektropneumatische Wandler 102 ist einerseits mit einer Druckluftquelle 104 und andererseits mit dem Magnetventil 100 verbunden. Das Magnetventil 100 ist an die Prozessoreinheit 110 angeschlossen und wird durch ein Ein/Aus-Signal der Prozessoreinheit 110 geöffnet oder geschlossen, um die Verbindung zwischen Druckluftquelle und Düse 72 herzustellen oder zu unterbrechen.

Die Höhenmesseinrichtung 86, die an die Prozessoreinheit 110 angeschlossen ist, wird nur während bestimmter Zeiträume in Betrieb gesetzt, z.B. während des Zeitraumes, in dem das Substrat auf Krümmung abgetastet wird, und des Zeitraumes, währenddem die Breite einer Pastenlinie abgetastet wird, so dass Signale, die den Abstand von der Höhenmesseinrichtung zur Tischoberfläche 64 oder Substratoberfläche darstellen, an die Prozessoreinheit 110 angelegt werden.

Die Prozessoreinheit 110 gibt ein Steuersignal an eine Motorsteuereinheit 116 ab, das den nicht gezeigten Antriebsmotoren des Tisches 62 über einen Treiberschaltkreis 118 steuert, um den Tisch 62 in eine bestimmte Stellung zu verschieben. Es wird darauf hingewiesen, dass dieses Steuersignal sich aus einem Signal zur Steuerung der Tischgeschwindigkeit (V) sowie ein Positionssignal zusammensetzt.

Die Prozessoreinheit 110 gibt auch ein Steuersignal für die Position der Düse ab, das den Steuermotor 82 über eine Motorsteuereinheit 120 und eine Treiberschaltung 122 steuert, um die Düse 72 in eine bestimmte Position über das Substrat zu bringen. Die Düse 72 wird anhand der durch die Höhenmeseinrichtung erzeugten Krümmungsdaten gesteuert, um einen konstanten Abstand zur Substratoberfläche aufrechtzuerhalten, während die Linie gedruckt wird.

Anhand der Fig. 4A bis 4D, welche ein Flussdiagramm der Verfahrensschritte zeigen, und der Fig. 5 wird nachfolgend ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Kalibrierverfahrens beschrieben. Es wird darauf hingewiesen, dass nachfolgend ein Kalibrierverfahren beschrieben wird, bei dem nur der Ausbringdruck gesteuert wird.

Wie in Fig. 5 gezeigt, enthalten die Daten zum Aufzeichnen von Testlinien L_n ($n = 0, 1, 2, \dots$) auf das Testsubstrat 66 Daten für die aufzuzeichnenden Positionen und Daten für Linienbreite-Abta-

stung. Die Punkte A und B auf jeder Testlinie bezeichnen die Punkte, bei welchen die Düse mit dem Aufzeichnen beginnt, bzw. beendet, und die Punkte C und D bezeichnen die Punkte, bei welchen die Höhenmesseinrichtung mit der Abtastung der Linienbreite einer relevanten Linie beginnt, bzw. die Abtastung beendet. Die Daten sind so gesetzt, dass benachbarte Linien in der Y-Richtung relativ zueinander versetzt sind.

Es wird nun auf Fig. 4A Bezug genommen. Im ersten Schritt 200 wird eine bestimmte Linienbreite und die Pastenart eingegeben. Im Schritt 202 werden ein Ausbringdruck P, eine Ausbringdruckänderung ΔP , eine Tischgeschwindigkeit V und eine Toleranz α (z.B. 5 μm) zwischen der spezifizierten Soll-Linienbreite WD und der Ist-Linienbreite WR eingegeben, wobei $n = 0$ gesetzt wird. Bei diesem Beispiel sind der Ausbringdruck P und die Tischgeschwindigkeit V gleich einem Anfangs-Ausbringdruck P_0 , bzw. einer Anfangs-Tischgeschwindigkeit V_0 , gesetzt, welche beide aus der vorstehend erwähnten Datenbank entsprechend der spezifizierten Linienbreite und der verwendeten Pastenart entnommen sind.

Im Schritt 204 wird ein Testsubstrat angebracht, und sobald es angebracht ist, wird das Vorhandensein irgendeiner Krümmung des Substrates im Schritt 206 abgetastet. Während der Abtastung wird der Tisch so angetrieben, dass die Höhenmeseinrichtung die gesamte Substratoberfläche abtastet und die Sätze unterschiedlicher Abstandswerte zwischen der Messeinrichtung und den Punkten auf der Oberfläche des Substrates als «Krümmungsdaten» gespeichert werden. Im nächsten Schritt wird einer der Sätze von Aufzeichnungsdaten durch den Wert für n ausgewählt. Zu diesem Zeitpunkt wird ein Satz von Druckdaten für die Linie L_0 ausgewählt, weil $n = 0$ ist. Dieser ausgewählte Satz von Druckdaten wird verwendet, um die Testlinie im Schritt 210 aufzubringen. In den folgenden Schritten 212 und 214 wird die Linienbreite der gedruckten Testlinie abgetastet. Um ausführlicher zu sein, der Tisch wird so verschoben, dass die Höhenmeseinrichtung 86 am Punkt C positioniert ist, und dann vom Punkt C zum Punkt D verschoben wird. Während dieses Zeitraumes wird der Abstand zwischen der Höhenmeseinrichtung und der Oberfläche des Substrates auf der Grundlage der Krümmungsdaten konstant gehalten, wobei die Einrichtung die Abtastung des Abstandes durchführt.

Ein Vorgang zur Berechnung der Breite einer Linie mittels Abstandsmessung wird mit Bezug auf Fig. 6 beschrieben. In Fig. 6, wo die Abtastung einer Testlinie quer zur Linie vom Punkt C zum Punkt D durchgeführt wird, stellt die gerade Grundlinie einen konstanten Abstand zwischen der Höhenmeseinrichtung und der Oberfläche des Substrates und die gekrümmte Linie ein Profil der Unterschiede zwischen dem konstanten Abstand und den abgetasteten Abständen, d.h. ein Dickenprofil t für die Testlinie dar. Bei dieser Ausführungsform wird der Intervall zwischen den Punkten der gekrümmten Linie, bei der die Dicke 0,5 t max ist, als Ist-Linienbreite WR festgelegt, wenn der Maximalpunkt E, bei dem

der abgetastete Unterschied im Abstand am grössten ist, den maximalen Dickenwert t_{max} hat.

Im nächsten Schritt 216 wird eine Prüfung vorgenommen, um zu bestimmen, ob die Ist-Linienbreite WR in den Bereich $\pm \alpha$ mit Bezug auf die Soll-Linienbreite fällt. Ist das Ergebnis JA, zeigt dies an, dass der Ausbringdruck P optimal ist, es folgt der nächste Schritt 340. Ist das Ergebnis NEIN, wird im Schritt 218 geprüft, ob die Ist-Linienbreite WR unterhalb des entsprechenden Bereichs der Toleranz (die Soll-Linienbreite $WD \pm \alpha$) liegt. Ist das Resultat JA, werden eine Reihe von Schritten 280 bis 332 (Fig. 4C und 4D) durchgeführt, in denen der Ausbringdruck verändert wird, um die Linienbreite einer Linie zu vergrössern. Ist das Resultat NEIN, mit anderen Worten, liegt die Ist-Linienbreite oberhalb des Toleranzbereiches, wird eine Reihe von Schritten 220 bis 272 zur Herabsetzung des Ausbringdruckes durchgeführt, um die Linienbreite zu verringern.

Von der letztgenannten Serie von Schritten, werden zuerst die Schritte 220 bis 234 erläutert. Im Schritt 220 wird $n + 1$ gesetzt, und im Schritt 222 wird ein Satz von Druckdaten zum Drucken der nächsten Testlinie ausgewählt. Danach wird der Ausbringdruck um ΔP herabgesetzt, um die Menge der durch die Düse ausgebrachten Paste und somit die Linienbreite zu reduzieren. Dann werden die Schritte 226 bis 232 ausgeführt, welche den vorstehend erwähnten Schritten 210 bis 216 gleichen. Im Schritt 234 wird, wie im Schritt 218, eine Entscheidung gefällt. Ist das Resultat JA, weil dies anzeigt, dass die Ist-Linienbreite WR immer noch oberhalb des Toleranzbereiches liegt, wird zum Schritt 220 zurückgegangen und die vorstehend beschriebene Reihe von Vorgängen wird wiederholt. Ist das Resultat NEIN, was anzeigt, dass die Ist-Linienbreite WR so schmal wird, dass sie nun unterhalb des Toleranzbereiches liegt, wird andererseits mit einer Reihe von Schritten 240 bis 254 fortgefahren, um die Linienbreite zu vergrössern.

Diese Schritte 240 bis 254 sind gleich den vorstehend beschriebenen Schritten 220 bis 234. Der Unterschied besteht im Schritt 244, in dem der Ausbringdruck P nur um $1/2 \Delta P$ erhöht wird, was geringer ist als der im Schritt 224 herabgesetzte Wert, so dass die Linienbreite um einen geringeren Teil vergrössert wird. Im Schritt 254 wird dann geprüft, ob die Ist-Linienbreite WR weiter unterhalb des Toleranzbereiches bleibt. Wenn «JA», wird zum Schritt 240 zurückgegangen, um die obige Verfahrensfolge zu wiederholen. Ist das Resultat NEIN, was anzeigt, dass die Ist-Linienbreite WR grösser wurde als tolerierbar, wird andererseits dann mit einer Reihe von Schritten 260 bis 272 fortgefahren, um den Ausbringdruck feiner einzustellen.

Die Schritte 260 bis 272 sind im wesentlichen gleich den vorstehend erwähnten Schritten 240 bis 252. Die Einstellung des Ausbringdruckes im Schritt 264 unterscheidet sich von der im Schritt 244 ausgeführten Einstellung dadurch, dass der Ausbringdruck nur um $1/4 \Delta P$ verringert wird. Im letzten Schritt 272 der Reihe wird geprüft, ob die Ist-Linienbreite WR im Toleranzbereich liegt. Wenn

NEIN, wird zum Schritt 260 zurückgegangen, so dass die Schritte 260 bis 272 ohne Änderung des Einstellwertes wiederholt wird, bis die Ist-Linienbreite im Toleranzbereich liegt. Wenn JA, wird zum Schritt 340 weitergegangen.

Nachfolgend werden die Schritte 280 bis 332 beschrieben. Diese Schritte sind auszuführen, wenn das im Schritt 218 erhaltene Resultat JA ist (mit anderen Worten, die Ist-Linienbreite WR liegt unterhalb des Toleranzbereiches. Da die Schritte 280 bis 332 im wesentlichen die gleichen wie die früher beschriebenen Schritte 220 bis 272 sind, wird nachfolgend nur der Teil des Verfahrens beschrieben, der sich von diesen unterscheidet. Was hier unterschiedlich ist, ist die Richtung, in welcher der Ausbringdruck in jedem der Schritte 284, 304 und 324 eingestellt wird. Insbesondere die Einstellrichtungen dieser Schritte 284, 304 und 324 sind entgegengesetzt zu den Einstellrichtungen in den entsprechenden Schritten 224, 244 und 264. Ausserdem sind die Symbole «<» und «>» in den Entscheidungsschritten 294 und 314 entgegengesetzt zu jenen in den früher beschriebenen Entscheidungsschritten 234 und 254. Ist das im letzten Schritt 232 erhaltene Resultat JA, so geht das Verfahren mit dem Schritt 340 weiter.

Im Schritt 340 wird der Ausbringdruck P, der nun einen optimalen Wert hat, gespeichert, und der Kalibriervorgang ist beendet. Der Druck setzt dann mit diesem optimalen Ausbringdruck P und der Tischgeschwindigkeit V (die Anfangstischgeschwindigkeit V_0) ein.

Verschiedene Modifikationen der vorstehenden Ausführungsform werden als nächstes beschrieben. Obwohl in der vorstehend beschriebenen Ausführungsform die Kalibrierung nur mittels Einstellung des Ausbringdruckes P durchgeführt wird, ist es auch möglich dies durchzuführen, wenn nur die Tischgeschwindigkeit reguliert wird. In diesem Fall können die relevanten Schritte in den Figuren 4A bis 4D so modifiziert werden, dass die Tischgeschwindigkeit V verringert oder erhöht wird, um die Linienbreite entsprechend zu vergrössern oder zu verkleinern.

Ausserdem kann der Kalibriervorgang so modifiziert werden, dass sowohl der Ausbringdruck als auch die Tischgeschwindigkeit eingestellt werden. In diesem Fall kann beispielsweise die Tischgeschwindigkeit als Grobeinstellung und der Ausbringdruck als Feineinstellung verwendet werden.

Beim vorstehenden Ausführungsbeispiel wird die Abtastung der Linienbreite durch Verwendung des Intervalls zwischen den Punkten auf der gekrümmten Linie entsprechend $0,5 t_{\max}$ als eine Ist-Linienbreite WR durchgeführt, um die Berechnung der Querschnittsfläche einer aufgetragenen Linie zu erleichtern. Jedoch kann eine Berechnung alternativ durchgeführt werden, um die Linienbreite auf der Grundlage der Gesamtbreite der abgetasteten Linie zu bestimmen.

Beim vorstehenden Ausführungsbeispiel ist die Anordnung derart, dass das Intervall zwischen den Punkten entsprechend $0,5 t_{\max}$ als die Ist-Linienbreite WR festgelegt ist. Es ist jedoch möglich, dass

ein Wert in Einheiten der Dicke (z.B. $5 \mu\text{m}$) gegeben ist, ohne einen maximalen Wert wie t_{\max} zu erhalten, und dass das Intervall zwischen Punkten entsprechend einem gegebenen Wert als Ist-Linienbreite WR festgelegt ist.

Obwohl das vorstehende Ausführungsbeispiel eine Anordnung aufweist, bei der Anfangswerte für den Ausbringdruck und die Tischgeschwindigkeit entsprechend einer bestimmten Linienbreite und einer Pastenart gesetzt sind, kann man diese Verfahrensart weglassen, falls erwünscht. Alternativ dazu können die Anfangswerte allein entsprechend der bestimmten Linienbreite bestimmt werden.

Mit dem vorstehend beschriebenen Verfahren und Vorrichtung ist die Kalibrierung von Anlagen zur Herstellung von in Dickfilmtechnik hergestellter Schaltungen automatisch und schnell erzielbar. Diese Aufgaben sind bei bekannten Verfahren und Anlagen sehr zeitaufwendig und laborhaft. Durch die Bestimmung von Anfangswerten für den Ausbringdruck und die Tischgeschwindigkeit entsprechend einer Soll-Linienbreite und der verwendeten Pastenart können Daten, die durch Versuche ermittelt werden, wirkungsvoll angewendet werden, um somit den Kalibriervorgang schnell zu beenden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kalibrieren der Aufbringkonditionen für eine vorgegebene Paste in einer Anlage zur Herstellung von in Dickfilmtechnik aufgetragener Schaltungen, um Pastenlinien mit vorgegebener Linienbreite auf ein Substrat aufzubringen, wobei die Linien durch eine Düse unter veränderlichem Pastenzuführdruck und mit variabler Aufzeichnungsgeschwindigkeit auf das Substrat aufgebracht werden, dadurch gekennzeichnet, dass man

- a. Pastenzuführdruck und -Aufzeichnungsgeschwindigkeit als Soll-Aufbringkonditionen definiert,
- b. mit den Soll-Aufbringkonditionen eine Testlinie auf das Substrat aufbringt,
- c. die Linienbreite der aufgetragenen Testlinie auf elektrooptischen Wege abtastet,
- d. den Unterschied zwischen der Soll-Linienbreite und der Testlinienbreite feststellt,
- e. und in Abhängigkeit eines Unterschiedes den Ist-Pastenzuführdruck und oder die Ist-Aufzeichnungsgeschwindigkeit einstellt, um den Unterschied zu verringern, wenn der Unterschied grösser ist als ein vorbestimmter Wert und danach mit dem Verfahrensschritt b. weiterfährt, wobei in dem Fall, dass der Unterschied kleiner ist als der vorgegebene Wert, der Ist-Pastenzuführdruck und die Ist-Aufzeichnungsgeschwindigkeit als optimale Aufbringkonditionen festgelegt werden, um Linien mit der Soll-Linienbreite aufzubringen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Verfahrensschritt e. nur der Pastenzuführdruck eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man im Verfahrensschritt e. nur die Aufzeichnungsgeschwindigkeit einstellt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Verfahrensschritt e. die Aufzeichnungsgeschwindigkeit und der Pastenzuführdruck eingestellt werden, und dass die Einstellung der Aufzeichnungsgeschwindigkeit als Grobeinstellung und die Einstellung des Pastenzuführdruckes als Feineinstellung erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verfahrensschritt a. einen Schritt zur Bestimmung des Anfangs-Pastenzuführdruckes und der Anfangs-Aufzeichnungsgeschwindigkeit aus einer Datenbank entsprechend der vorgegebenen Paste und der Soll-Linienbreite enthält, wobei die Datenbank Daten über Pastenart, Linienbreite, Pastenzuführdruck und Aufzeichnungsgeschwindigkeit aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt e die Einstellung unter Verwendung eines aus einer Mehrzahl unterschiedlicher Änderungswerte z.B. ΔP , $1/2 \Delta P$, $1/4 \Delta P$, ausgewählten Wertes durchgeführt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufzeichnungsgeschwindigkeit durch die Geschwindigkeit eines Tisches bestimmt wird, auf dem das Substrat montiert ist.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, wobei die Anlage

A. eine Düse (72) zum Aufbringen der Paste auf ein Substrat (66),

B. eine Einrichtung (10; 94, 96), um die Paste mit einem veränderlichen Pastenzuführdruck der Düse zuzuführen, und

C. eine Antriebseinrichtung (20; 62, 116, 118) enthält, um eine Relativbewegung zwischen dem Substrat und der Düse in einer Richtung parallel zur Substratebene mit einer veränderlichen Geschwindigkeit zu erzeugen, wobei Pastenlinien durch eine Düse unter dem Pastenzuführdruck und mit der einer variablen Aufzeichnungsgeschwindigkeit entsprechenden Relativbewegung auf das Substrat aufgebracht werden, gekennzeichnet durch

a. eine Kalibriersteuereinrichtung (39), um Kalibriersteuersignale zur Steuerung des Kalibriervorgangs zu erzeugen, welcher Vorgang das Aufzeichnen einer Testlinie und die Abtastung der Linienbreite der Testlinie umfasst, welche Kalibriersteuersignale ein erstes Kalibriersteuersignal zur Steuerung der Relativbewegung, ein zweites Kalibriersteuersignal zur Steuerung der Zufuhr der Paste während der Kalibriervorgänge und ein drittes Kalibriersteuersignal zur Steuerung der Abtastung der Linienbreite der Testlinien enthält,

b. eine erste Einstelleinrichtung (32) zum Einstellen der Soll-Linienbreite der Testlinie,

c. eine zweite Einstelleinrichtung (34) zum Einstellen eines Anfangs-Pastenzuführdruckes und einer Anfangs-Aufzeichnungsgeschwindigkeit als Soll-Pastenzuführdruck und Soll-Aufzeichnungsgeschwindigkeit,

d. eine erste Steuereinrichtung (36) zur Steuerung der Antriebseinrichtung in Abhängigkeit des ersten Kalibriersteuersignals, um die Geschwindigkeit der Relativbewegung zum Aufzeichnen

der Testlinie an den Wert der Ist-Aufzeichnungsgeschwindigkeit anzupassen,

e. eine zweite Steuereinrichtung (38) zur Steuerung der Pastenzuführeinrichtung in Abhängigkeit des zweiten Kalibriersteuersignals, um den durch die Pastenzuführeinrichtung während dem Aufzeichnen der Testlinie erzeugten Pastenzuführdruck an den Wert des Ist-Pastenzuführdruckes anzupassen,

f. eine Abtasteinrichtung (42) zum Abtasten des Wertes der Linienbreite der Testlinie in Abhängigkeit des dritten Kalibriersteuersignals,

g. eine dritte Einstelleinrichtung (44) zum Einstellen des Istwertes des Pastenzuführdruckes und oder des Istwertes der Aufzeichnungsgeschwindigkeit,

h. einen Speicher (46) zum Speichern des Wertes des optimalen Pastenzuführdruckes und/oder des Wertes der optimalen Aufzeichnungsgeschwindigkeit, um die Soll-Linienbreite zu erhalten, und

i. eine Vergleichereinrichtung (48) zum Vergleichen des Sollwertes der Linienbreite mit dem abgetasteten Istwert der Linienbreite, um ein erstes Signal zu erzeugen, wenn der Unterschied zwischen diesen grösser ist als ein vorgegebener Wert, und um ein zweites Signal zu erzeugen, wenn der Unterschied kleiner ist als der vorgegebene Wert, wobei das erste Signal zum Einschalten der Kalibriersteuereinrichtung dient, um neue Kalibriersteuersignale zu erzeugen und zum Einschalten der dritten Einstelleinrichtung dient, um entweder den Istwert des Pastenzuführdruckes oder den Istwert der Aufzeichnungsgeschwindigkeit der zweiten Einstelleinrichtung so einzustellen, dass der Unterschied in der Linienbreite veränderbar ist und das zweite Signal zum Einschalten des Speichers dient, um den Istwert des Pastenzuführdruckes oder den Istwert der Aufzeichnungsgeschwindigkeit als optimalen Wert des Pastenzuführdruckes bzw. optimalen Wert der Aufzeichnungsgeschwindigkeit zu speichern.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Einstelleinrichtung (44) ausgebildet ist, um nur den Wert des Pastenzuführdruckes einzustellen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Einstelleinrichtung (44) ausgebildet ist, um nur den Wert der Aufzeichnungsgeschwindigkeit einzustellen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Einstelleinrichtung (44) ausgebildet ist, den Wert für die Aufzeichnungsgeschwindigkeit und/oder den Wert für den Pastenzuführdruck einzustellen, und dass der Wert der Aufzeichnungsgeschwindigkeit als Grob- und der Wert des Pastenzuführdruckes als Feinwert einstellbar ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Einstelleinrichtung (34) ausgebildet ist, den Anfang des Pastenzuführdruckes und die Aufzeichnungsgeschwindigkeit aus einer Datenbank entsprechend der vorgegebenen Paste (50) und der Soll-Linienbreite (32) zu entnehmen, wobei die Datenbank Daten über Pasten-

art, Linienwert, Pastenzuführdruck und Aufzeichnungsgeschwindigkeit aufweist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Einstelleinrichtung ausgebildet ist, die Einstellung einzeln aus einer Mehrzahl von Variationswerten ΔP , $1/2 \Delta P$, $1/4 \Delta P$ durchzuführen.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

8

Fig. 1

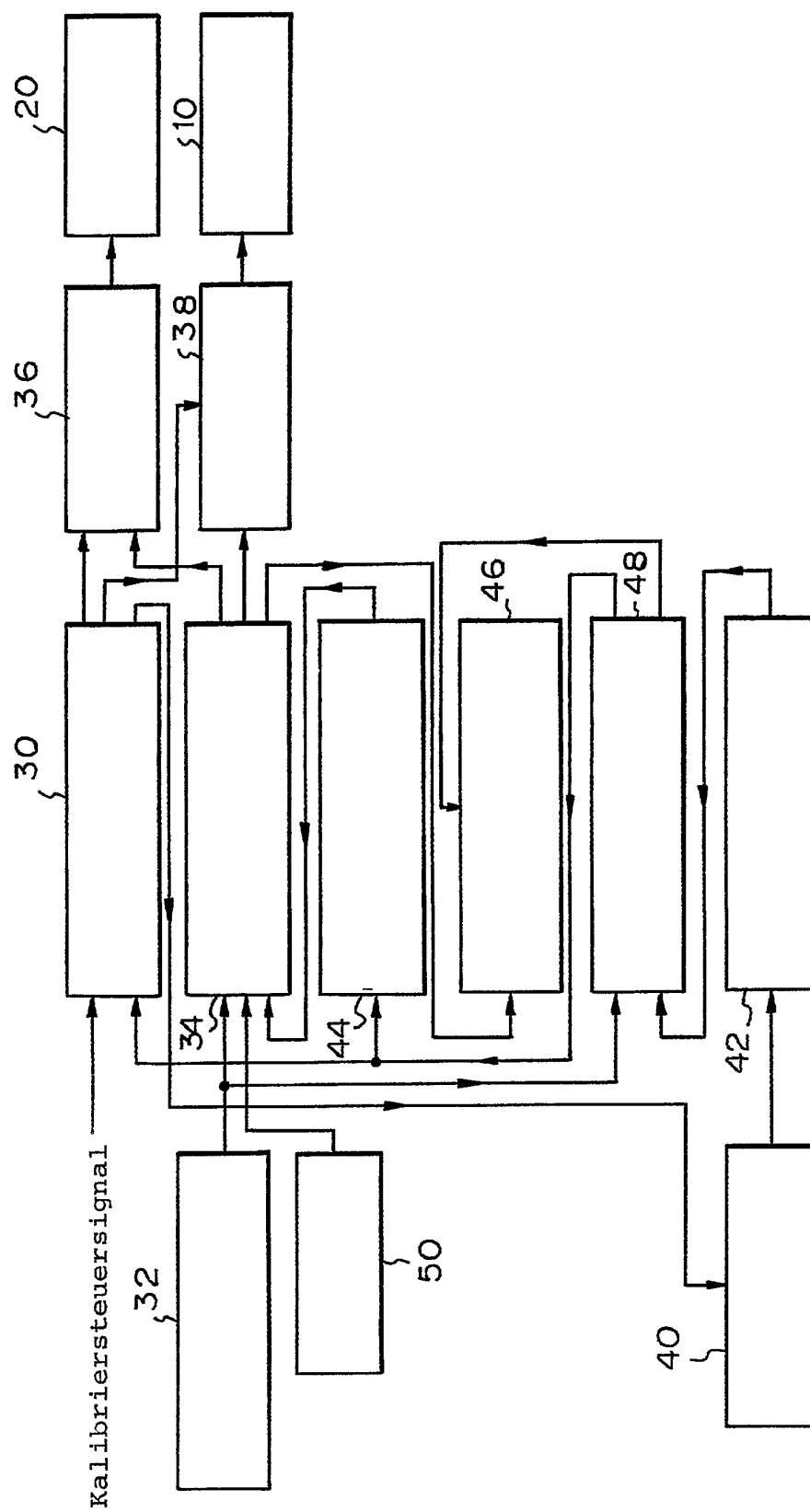


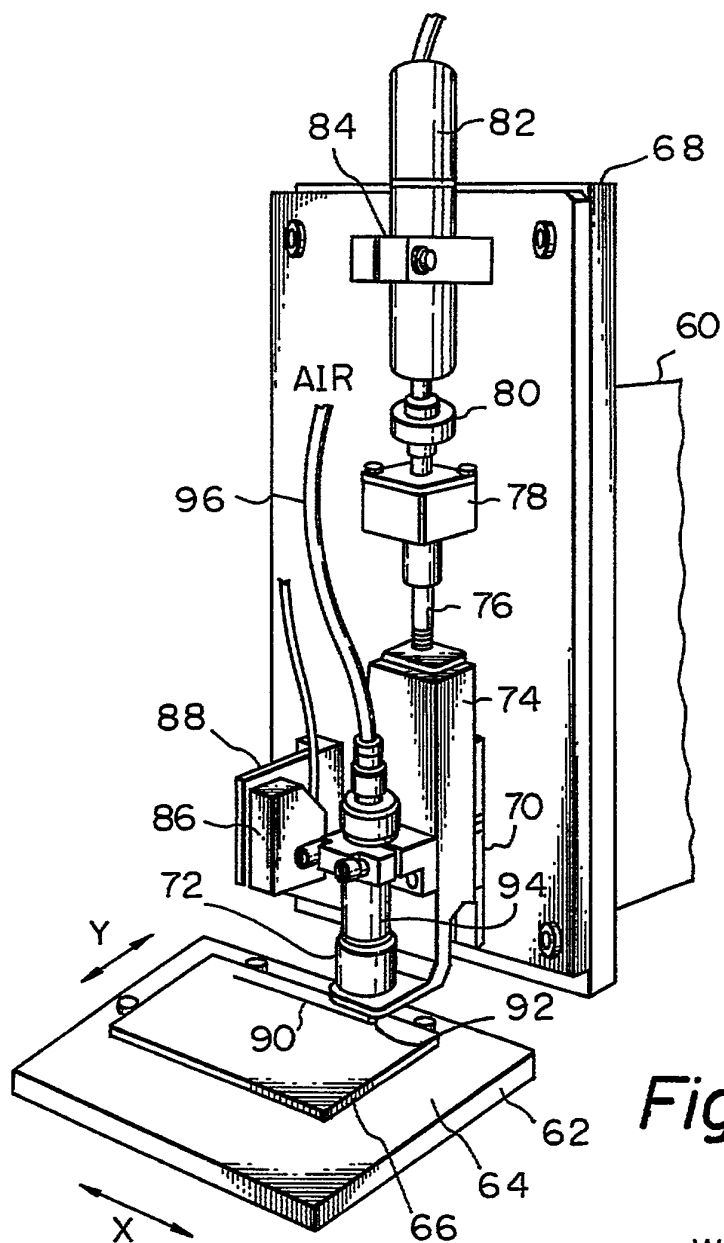
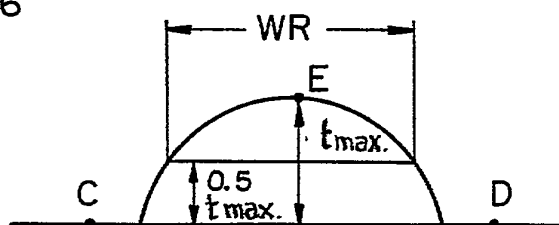
Fig. 2*Fig. 6*

Fig. 3

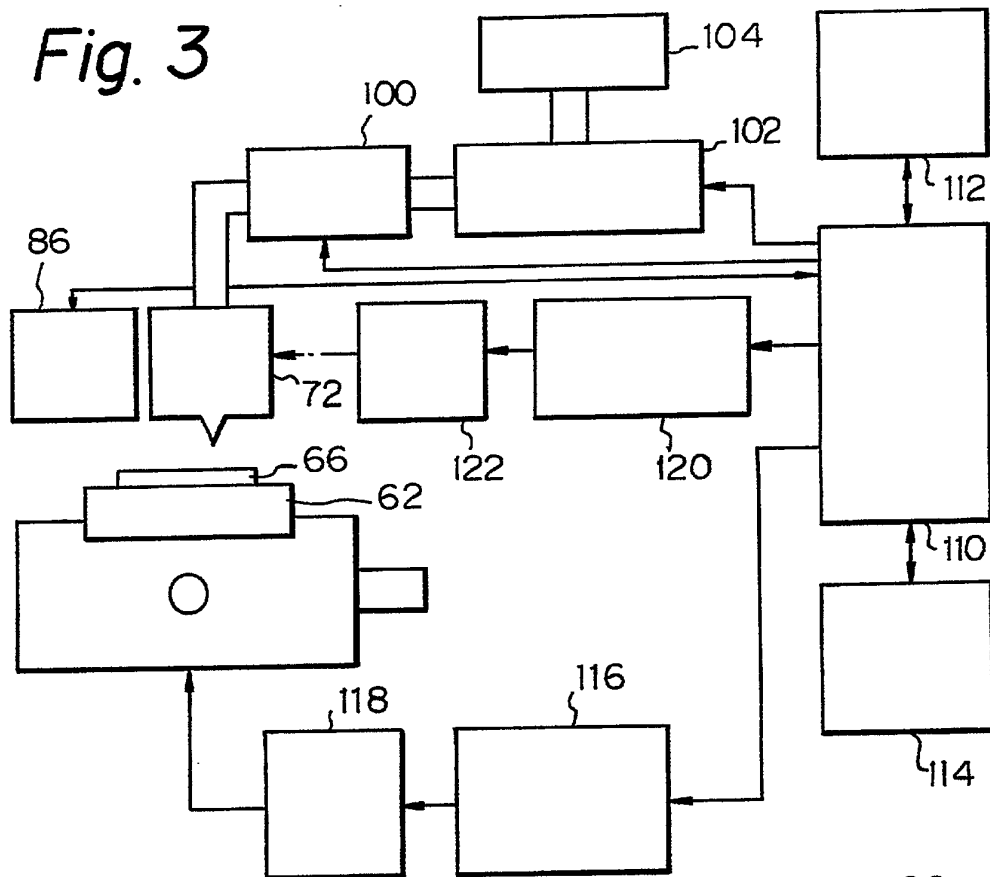


Fig. 5

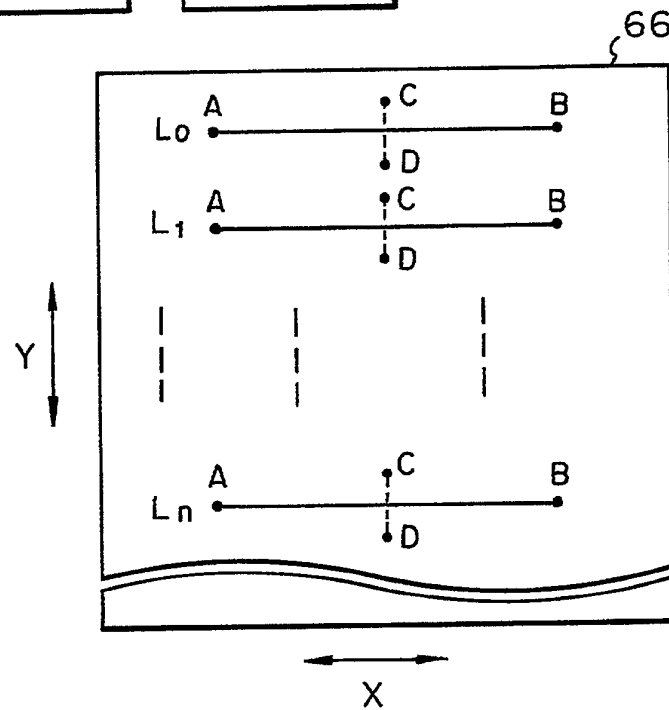


Fig. 4A-1

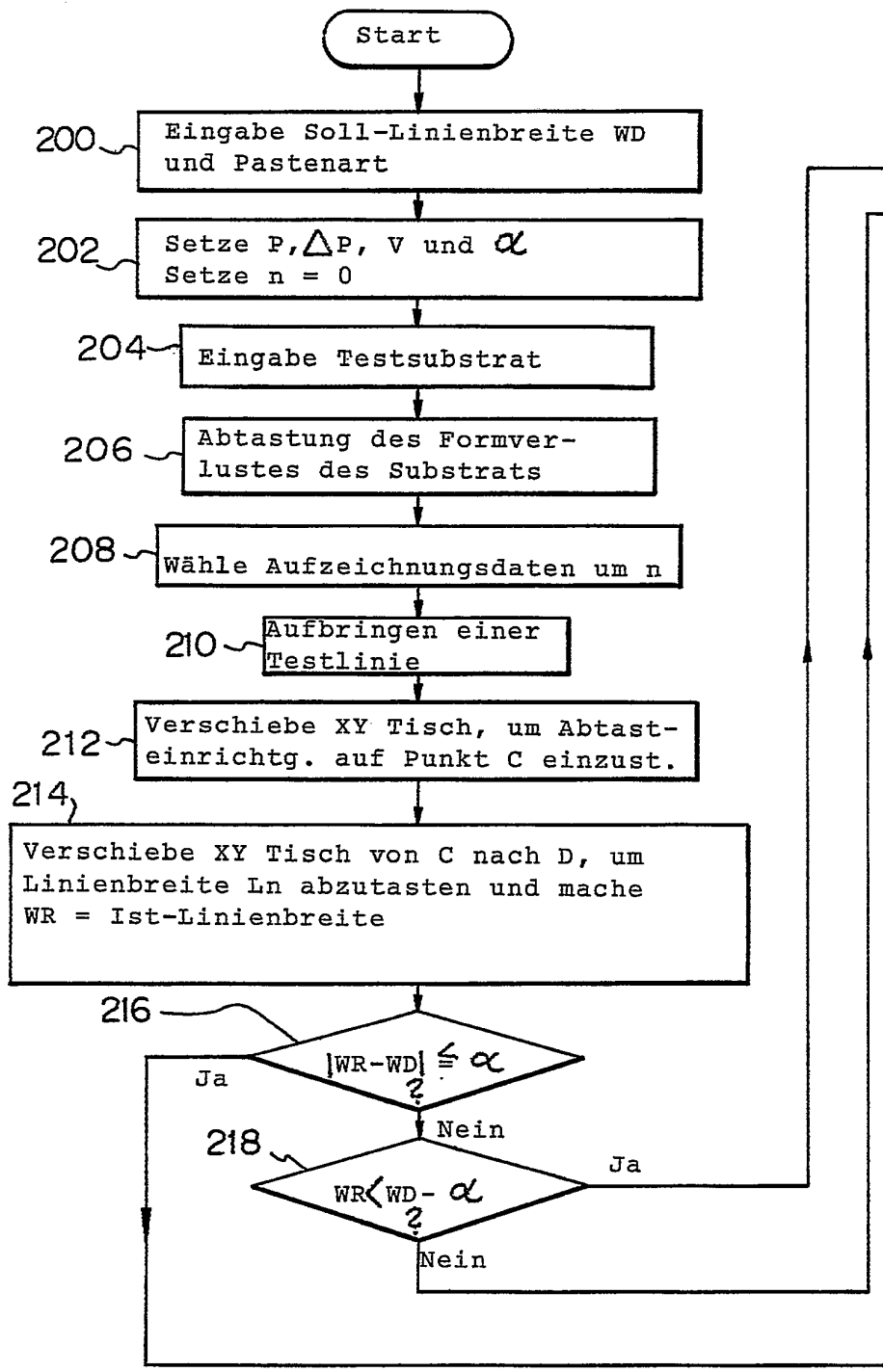


Fig. 4A-2

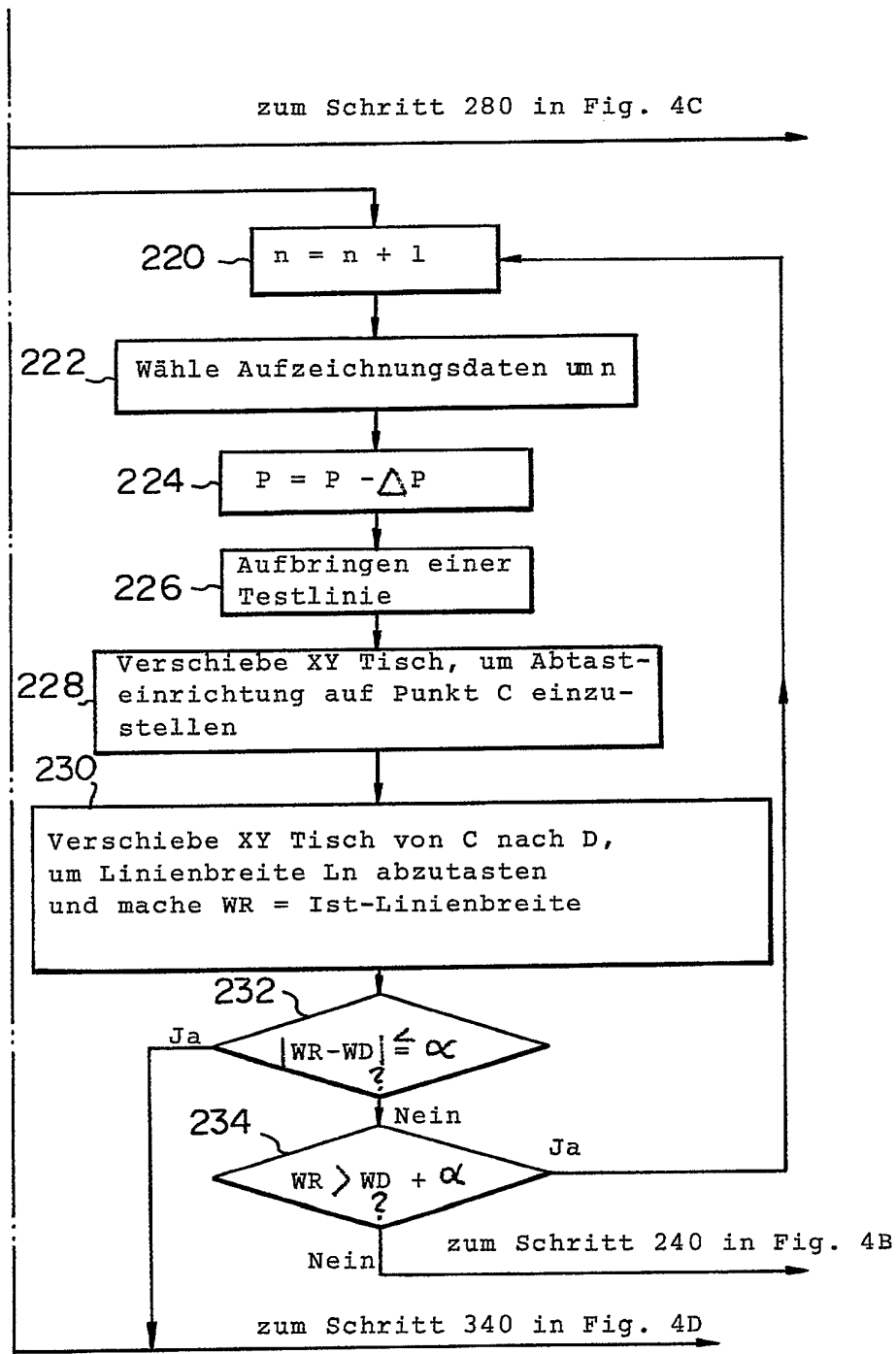


Fig. 4B-1

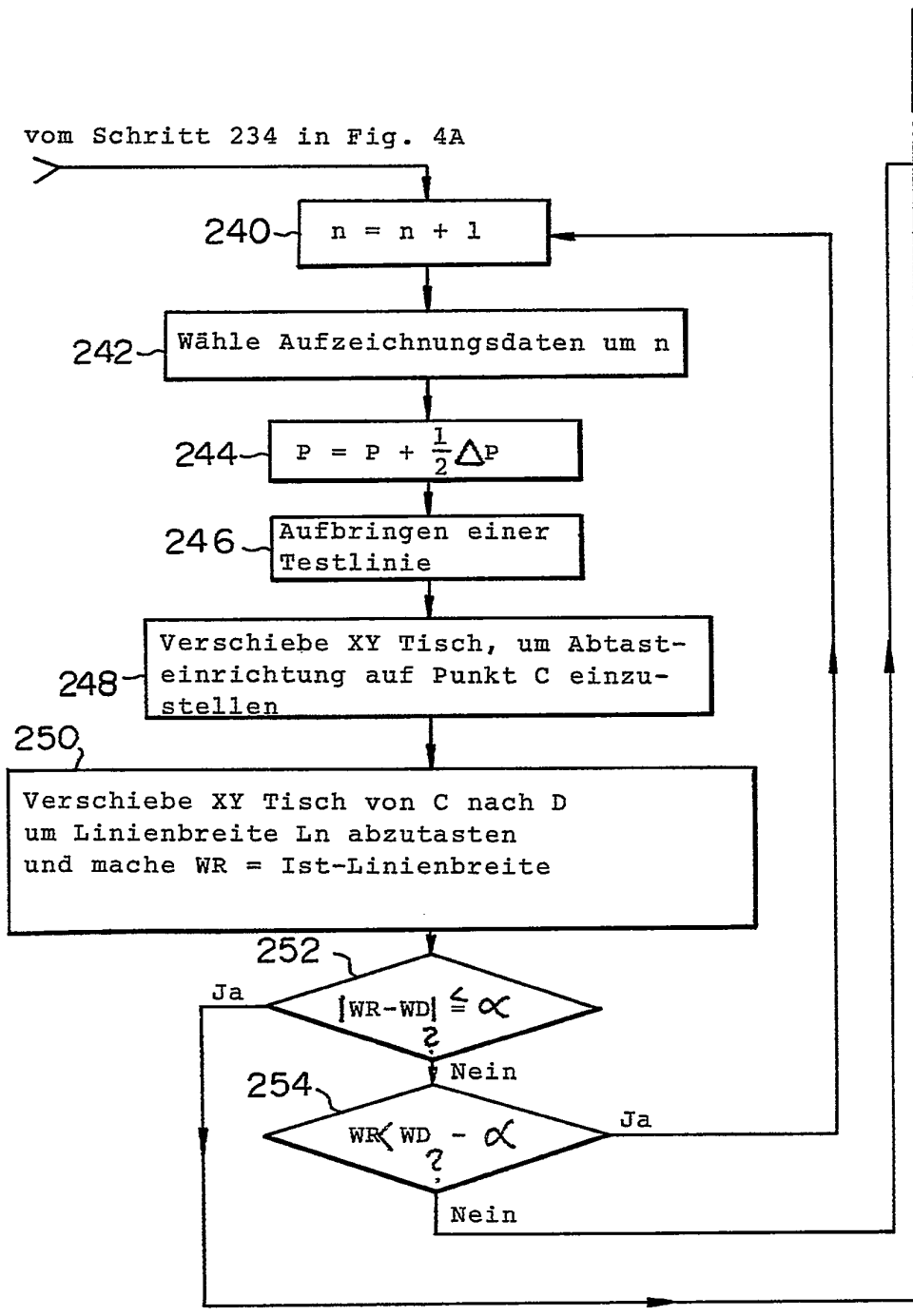


Fig. 4B-2

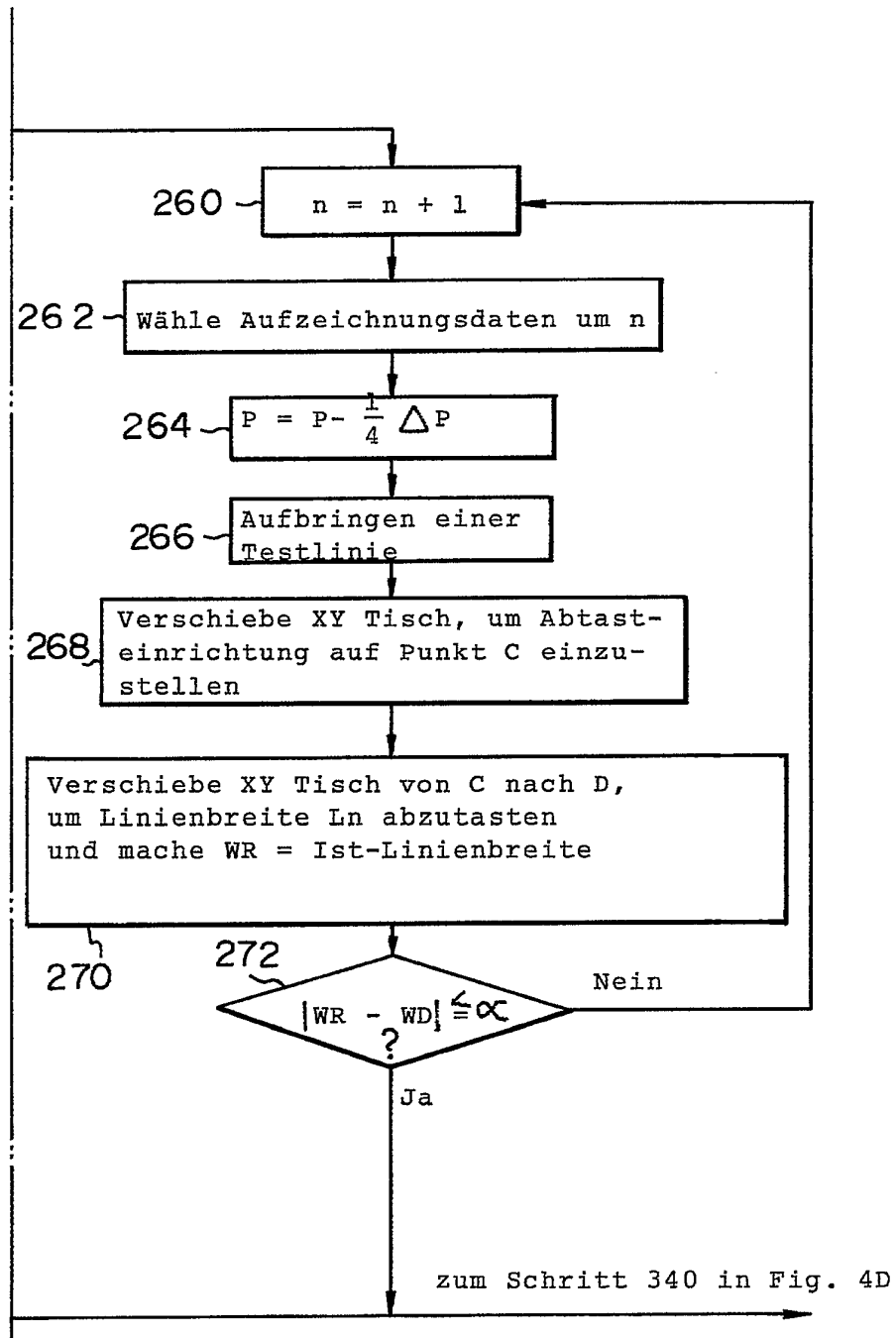


Fig. 4C-1

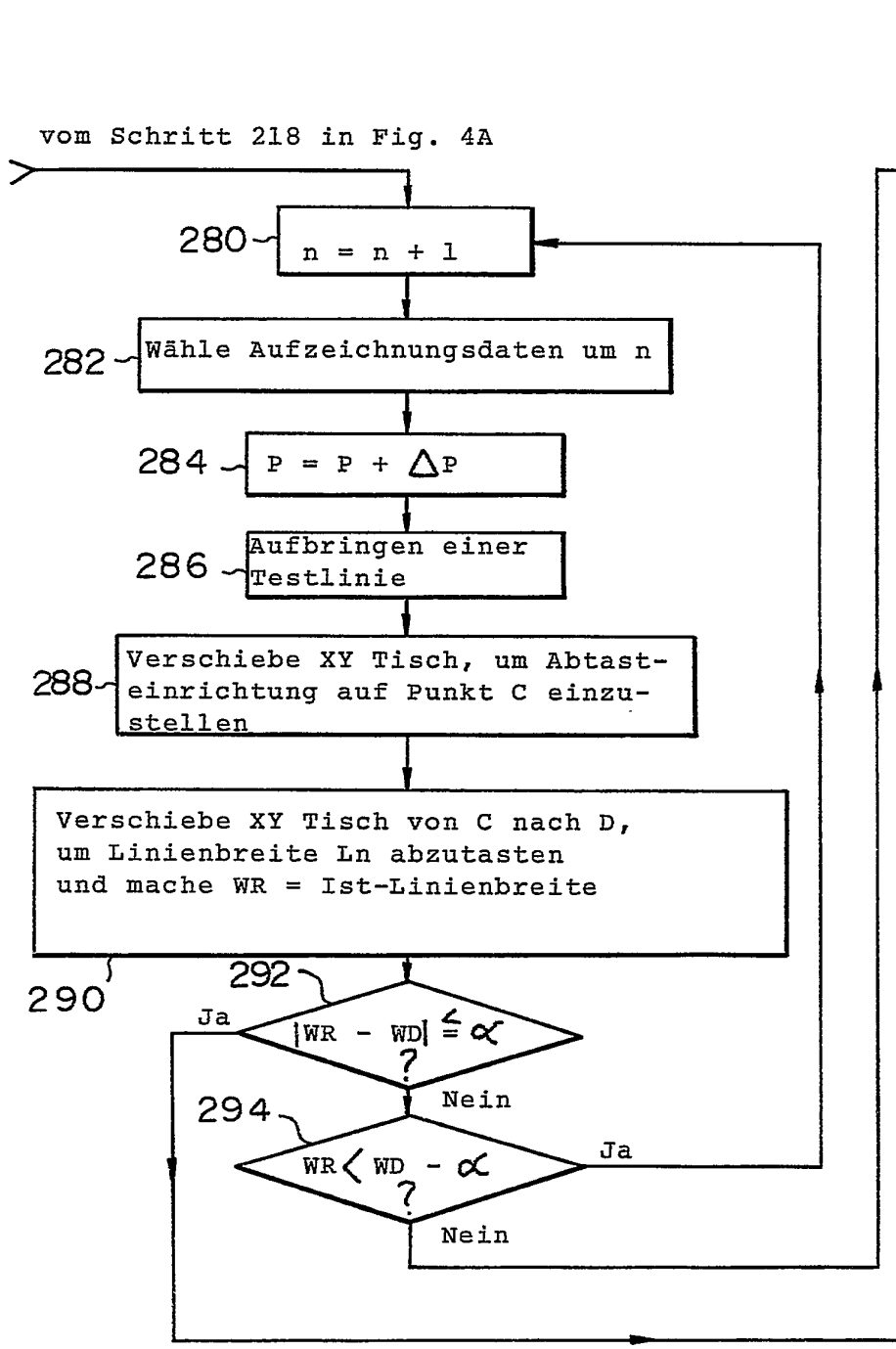
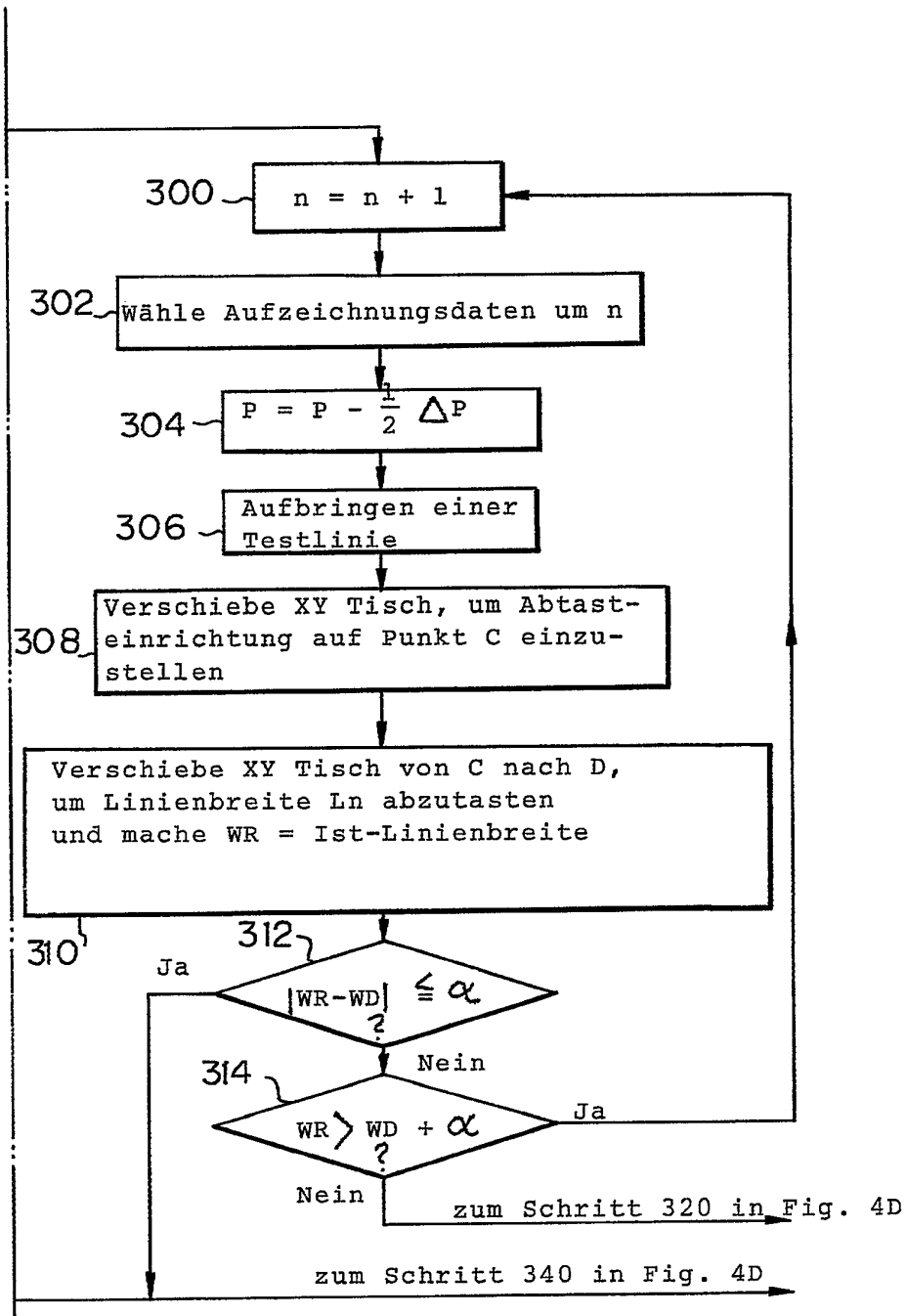


Fig. 4C-2



von Schritt 216, 232 in Fig. 4
Schritt 252, 272 in Fig. 4
Schritt 292, 312 in Fig. 4C

Fig. 4D

