



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 016 340 B3** 2009.10.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 016 340.6**

(22) Anmeldetag: **28.03.2008**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **15.10.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H05K 3/04** (2006.01)

B23C 3/28 (2006.01)

B23Q 15/22 (2006.01)

B23Q 17/24 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

LPKF Laser & Electronics AG, 30827 Garbsen, DE

(74) Vertreter:

Scheffler, J., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 30171 Hannover

(72) Erfinder:

**Lange, Bernd, Dipl.-Ing., 31535 Neustadt, DE;
Aalst, Jan van, Dipl.-Ing., 30890 Barsinghausen,
DE**

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

DE 33 30 738 A1

DE 202 14 413 U1

DE 44 16 962 A1

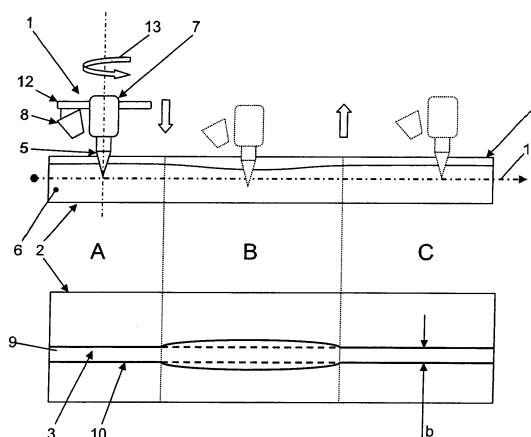
WO 99/64 882 A1

DE 102 14 817 A1

DE 43 18 956 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Bearbeitung einer Leiterplatte**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung (1) zur Bearbeitung einer Leiterplatte (2). Die Vorrichtung (1) dient dabei dem Einbringen einer nutenförmigen Ausnehmung (3) als Fräskanal in eine leitfähige Schicht (4) der Leiterplatte (2) zur Herstellung von gegeneinander elektrisch isolierten Leiterbahnen entlang einer vorbestimmten Bewegungsbahn. Hierzu hat die Vorrichtung (1) ein konisches Fräswerkzeug (5), mit dem die auf einem Substrat (6) angeordnete leitfähige Schicht (4) abgetragen wird. Zur Bearbeitung der Leiterplatte (2) ist das Fräswerkzeug (5) an einem in verschiedenen Raumachsen verfahrbaren Bearbeitungskopf (7) angeordnet. Die Vorrichtung (1) ist weiterhin mit einem als eine Kamera ausgeführten optischen Sensor (8) ausgestattet, um so die Breite (b) zu erfassen und den Bearbeitungskopf (7) in Richtung der Z-Achse entsprechend zu verfahren. Während des Fräsvorganges wird das Fräsergebnis in einem geringen räumlichen Abstand hinter dem Fräswerkzeug (5) kontinuierlich oder in kurzen zeitlichen Abständen erfasst. Dabei wird durch den optischen Sensor (8) neben der Breite (b) der nutenförmigen Ausnehmung (3) zusätzlich auch basierend auf den unterschiedlichen Reflexionseigenschaften der leitfähigen Schicht (4) und des Substrats (6) der vollständige Abtrag der leitfähigen Schicht (4) in einem Nutengrund (9) erfasst.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bearbeitung einer Leiterplatte mit einer auf einem Substrat angeordneten leitfähigen Schicht, bei dem ein Bearbeitungskopf in verschiedenen Raumachsen verfahren wird und eine nutzenförmige Ausnehmung zur vollständigen elektrischen Isolierung von Leiterbahnen in die leitfähige Schicht mittels eines konischen Fräswerkzeugs eingebracht wird, bei dem Abweichungen der Beschaffenheit der Leiterplatte, insbesondere der leitfähigen Schicht, erfasst und daraus ein Korrekturwert für den Abstand des Bearbeitungskopfs gegenüber der Leiterplatte bestimmt und der relative Abstand des Bearbeitungskopfs von der Leiterplatte eingestellt wird.

[0002] Der Einsatz von Vorrichtungen zur Herstellung von Prototypen-Leiterplatten mittels eines Fräswerkzeugs wird durch mangelhafte Zuverlässigkeit der bekannten Verfahren eingeschränkt. Insbesondere ist es zwingend erforderlich, die vollständige elektrische Isolierung von Leiterbahnen in die leitfähige Schicht, insbesondere eine Kupferauflage, durch eine nutzenförmige Ausnehmung als Fräskanäle einzubringen.

[0003] Mehrere Faktoren beeinflussen das Bearbeitungsergebnis negativ. Dazu zählen Unebenheiten der Leiterplattenoberfläche ebenso wie Schmutz, Frässtaub und Späne, eine schwankende Schichtstärke der elektrisch leitfähigen Schicht, die Tiefeneinstellung sowie der Zustand des konischen Fräswerkzeugs.

[0004] In der Praxis werden solche Verfahren sowie dementsprechende Vorrichtungen, durch die solche Fehlereinflüsse vermieden werden, bereits vielfach eingesetzt. Beispielsweise ist es bereits gekannt, die Topographie einer Leiterplatte vor der Bearbeitung auf einem Fräsplotter zu vermessen. Dazu wird ein elektrisches Feld zwischen der leitfähigen Schicht der Leiterplatte und dem Fräswerkzeug angelegt und das Fräswerkzeug durch Verfahren in der Z-Achse an einer vorbestimmten Anzahl von über die Fläche der Leiterplatte verteilten Positionen mit der Leiterplatte in Kontakt gebracht. Aus der Weginformation der Z-Achse wird die Höhe zu jedem Punkt erfasst. Durch eine Interpolation wird dann ein angenähertes Profil der Oberfläche bestimmt. Während der Bearbeitung wird der Abstand des Bearbeitungskopfes gegenüber der Leiterplatte derart eingestellt, dass sich eine einheitliche Eindringtiefe des Fräswerkzeugs ergibt.

[0005] Als nachteilig erweist sich bei diesem Verfahren, dass Schwankungen in der Schichtstärke der leitfähigen Schicht unberücksichtigt bleiben und zu Änderungen in der Breite der nutzenförmigen Ausnehmung führen. Insbesondere ist die nutzenförmige Ausnehmung umso breiter, je tiefer das konische Fräs-

werkzeug in die leitfähige Schicht eindringt und diese durchdringt. Weiterhin gestattet das Verfahren keine Aussage über den Zustand des Fräswerkzeugs, so dass das Ende der Nutzungsdauer nicht erkannt wird. Außerdem erweist sich die Vermessung zur Bestimmung der Oberfläche der Leiterplatte insbesondere bei gewölbten Leiterplatten als zeitaufwendig und fehlerbehaftet.

[0006] In der WO 99 064 882 A1 wird eine Anordnung und ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem im Vorfeld der eigentlichen Lotpastenhöhenmessung die Durchbiegung der Leiterplatte bestimmt wird. Das System besteht aus einer senkrecht angeordneten Videokamera und einem Linienlaser, der im definierten Winkel zur Senkrechten angeordnet ist. Dabei wird eine Kalibrierplatte im System arretiert und ausgemessen. Die ermittelten Höhenwerte werden als Sollwerte gespeichert. Jede zu prüfende Leiterplatte wird vor der eigentlichen Lotpastenhöhenmessung im gleichen Raster wie die Kalibrierplatte ausgemessen. Die ermittelten Höhenwerte werden mit den abgespeicherten Sollwerten verglichen und als Korrekturwerte für die Lotpastenhöhenmessung verwendet.

[0007] Als hinderlich erweist es sich dabei, dass Lotpaste und Lötstoplack sehr unterschiedliche Reflexions- und Streuungseigenschaften aufweisen können. Auch aus diesem Grund ist ein zweimaliges Vermessen der Leiterplatte notwendig, was zur Erhöhung der Gesamtprüfzeiten führt.

[0008] In der Praxis werden bereits optoelektronische Geräte angeboten, mit denen eine Kontrolle des Lotpastendruckes möglich ist. Diese Geräte erlauben eine zwei- oder dreidimensionale Prüfung des Lotpastendruckes. Das dreidimensionale Messverfahren liefert einen quantitativen Wert der Höhe und des Volumens der Lotpaste auf den einzelnen Pads einer Leiterplatte.

[0009] Durch die DE 102 14 817 A1 ist ein Verfahren zur Höhenmessung eines Lotpastenauftrages und zur Vermessung von Oberflächenprofilen mit flächenhaft unterschiedlichen Reflexionseigenschaften bekannt, welches auf einem Triangulationsverfahren beruht. Hierzu dient eine Vorrichtung mit einer Kamera, ein unter einem vorbestimmten Winkel zur Kamera angeordneter Projektor zur Erzeugung einer Linie auf der zu vermessenden Oberfläche und ein Auswertesystem. Weiterhin sind ein im gleichen Winkel angeordneter weiterer Projektor zur Erzeugung eines Lichtpunktes und ein vertikal gegenüber der zu vermessenden Oberfläche verfahrbares Hubelement vorhanden, mit dem die Kamera und die Projektoren fest verbunden sind. Dadurch ist es möglich, die Höhenmessung des Lotpastenauftrages in einem Messgang zu realisieren.

[0010] Die DE 43 18 956 A1 betrifft ferner ein Ver-

fahren und eine Anordnung zur Überprüfung von Leiterplatten, wobei die zu überprüfenden Leiterplatten mehrfach kurzzeitig beleuchtet und rasterförmig abgetastet werden. Hierzu ist die Anordnung mit einer oder mehreren Videokameras, einem Stroboskop oder einer Blitzlampe, einer Einrichtung zur Bewegung der Leiterplatten und der Videokamera oder der Videokameras relativ zueinander, und einer Einrichtung zur Auswertung der Signale der Videokamera oder der Videokameras ausgestattet. Die Leiterplatten werden optisch hinsichtlich Leiterbahnaufbau, Bauteilbestückung und Lötstellen überprüft. Dazu werden die Leiterplatten rasterförmig mittels Videokameras abgetastet, das Videosignal wird digitalisiert und in einer Bildverarbeitungseinheit ausgewertet. Eine Möglichkeit ist das Differenzbildverfahren, bei dem mit einer Videokamera eine korrekte Leiterplatte aufgenommen wird. Ausgehend von dieser Aufnahme wird jeweils das Videosignal der zu testenden Leiterplatte subtrahiert. Auf diese Weise entsteht ein Differenzbild, auf dem nur die Unterschiede der beiden Bilder zu sehen sind. Eine weitere Möglichkeit ist die Kantendetektion. Bei diesem Verfahren werden Hell/Dunkelübergänge auf Vorhandensein und korrekte Lage überprüft.

[0011] Bei dem Verfahren ist jedoch während einer Bewegung der zu überprüfenden Leiterplatte eine Bildaufnahme nicht möglich. Deshalb wird die Leiterplatte in einer X-Y-Stufe gehalten und von dieser wiederholt in einer Schrittfolgebetriebsart um eine vorgegebene Distanz versetzt. Von der Videokamera wird dann jeweils bei stillstehender X-Y-Stufe ein Bild erfasst. Die Beleuchtung der Leiterplatten erfolgt mittels eines fest montierten Stroboskops oder einer fest montierten Blitzlampe, deren Licht durch einen oder mehrere Lichtleiter an die abzutastende Stelle geleitet wird.

[0012] Die DE 33 30 738 A1 betrifft ein Verfahren und ein Fräswerkzeug zur Bearbeitung von Leiterplatten mit einer auf einem Substrat angeordneten leitfähigen Schicht, bei dem ein Bearbeitungskopf in verschiedenen Raumachsen verfahren wird und eine nutenförmige Ausnehmung zur vollständigen elektrischen Isolierung von Leiterbahnen in die leitfähige Schicht mittels eines konischen Fräswerkzeugs eingebracht wird. Damit eine unnötige Verletzung des Substrats verhindert wird, kann über eine separate Mess- und Steuereinrichtung die Materialstärke der Leiterplatte erfasst und dadurch die Z-Achse nachgesteuert werden.

[0013] Die DE 202 14 413 U1 bezieht sich auf einen mechanischen Tiefenregler zur gleichmäßigen Eintauchtiefe von Fräsern beim Gravieren oder Isolationsfräsen von Leiterbahnen, die aufgrund ihrer V-förmigen Beschaffenheit bei unterschiedlichen Frästiefen verursacht durch Materialunebenheiten zu schmalen und breiten Fräsbahnen führen. Auf diese

Weise soll eine Fräsbahn mit konstanter Breite geschaffen werden.

[0014] Eine Einrichtung zum Schneiden einer Leiterbahn auf einer gedruckten Leiterplatte mit einem Laserstrahl gemäß der DE 44 16 962 A1 ist mit einer Vorrichtung zum optischen Messen der Formparameter, beispielsweise der Breite und der Dicke der zu schneidenden Leiterbahn, und einer Steuerungsvorrichtung zum Steuern der Strahlparameter des Laserstrahls abhängig von den Formparametern, die von der optischen Vorrichtung gemessen wurden, ausgestattet, sodass die zu schneidende Leiterbahn passend geschnitten wird.

[0015] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur automatischen Einstellung der Fräskanaltiefe, beispielsweise nach dem Werkzeugwechsel, zur automatischen Regelung der Fräskanaltiefe bei schwankender Schichtstärke der leitfähigen Schicht, bei Unebenheiten in der Materialoberfläche und bei Abnutzung des Fräswerkzeuges sowie zur Erkennung der Grenznutzungsdauer des Fräswerkzeuges zu schaffen.

[0016] Die vorgenannte Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die weitere Ausgestaltung der Erfindung ist den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0017] Erfindungsgemäß ist also ein Verfahren vorgesehen, welches gekennzeichnet ist durch einen optischen Sensor, durch welchen eine Bearbeitungszone des Fräswerkzeuges erfasst wird und aufgrund der von dem optischen Sensor erfassten Beschaffenheit der nutenförmigen Ausnehmung ein Steuersignal als Korrekturwert bestimmt wird, wobei mittels des optischen Sensors die Breite der nutenförmigen Ausnehmung erfasst und aufgrund der erfassten Breite der nutenförmigen Ausnehmung der relative Abstand des Bearbeitungskopfs von der Leiterplatte eingestellt wird und zusätzlich mittels des Sensors unterschiedliche Reflexionseigenschaften der leitfähigen Schicht und des Substrats erfasst werden, um so insbesondere aus dem Helligkeitsunterschied abzuleiten, ob das Fräswerkzeug die leitfähige Schicht in dem Fräskanal vollständig abgetragen hat, und wobei mittels des optischen Sensors die Beschaffenheit einer die nutenförmige Ausnehmung begrenzenden Kante erfasst wird, um einen Werkzeugwechsel vorzunehmen. Hierdurch wird es erstmals möglich, sowohl Unregelmäßigkeiten in dem Aufbau der Leiterplatte als auch Verschleißerscheinungen des Fräswerkzeuges zugleich zu erfassen, indem hierzu die nutenförmige Ausnehmung des Fräskanals in der bevorzugt durch eine Kupferschicht gebildeten leitfähigen Schicht mittels des optischen Sensors im Bereich des Fräswerkzeuges erfasst wird. In überraschend einfacher Weise kann so mit einem vergleichsweise geringen Aufwand die Bearbeitung ei-

ner Leiterplatte erfolgen, ohne zuvor die Leiterplatte oder das Fräswerkzeug zu vermessen. Vielmehr bildet der optische Sensor einen Teil eines Regelkreises, der selbst dann eine zuverlässige Frästiefe sicherstellt, wenn die Oberfläche erhebliche Wölbungen aufweist, ohne dass die Topografie der Leiterplatte hierzu in dem Steuerprogramm erfasst werden muss. Insbesondere kann das Steuerprogramm beispielsweise auf die X-Y-Bewegung des Fräswerkzeugs beschränkt werden, während eine selbsttätige Regelung der Z-Achse als Abstand des Bearbeitungskopfs gegenüber der Oberfläche der Leiterplatte erreicht wird. Zur Bearbeitung der Leiterplatte kann das Fräswerkzeug an einem in verschiedenen Raumachsen verfahrbaren Bearbeitungskopf angeordnet sein, welcher hierzu aufgrund einer Unebenheit in der Oberfläche der Leiterplatte in Richtung der Z-Achse entsprechend verfahrbar ist.

[0018] Weiterhin kann alternativ oder auch ergänzend ein auf die Oberfläche der Leiterplatte wirkender Niederhalter zur Einstellung des Abstands eingesetzt werden. Dieser kann beispielsweise mit einer ring- oder gabelförmigen Auflagefläche ausgestattet sein, durch welche eine Anpresskraft auf die Leiterplatte übertragbar ist. Der Niederhalter ist in seiner Höhe motorisch verfahrbar. In diesem Fall wird der oben beschriebene Regelkreis über die motorische Z-Verstellung des Niederhalters geschlossen. Aus dem Abstand zwischen seiner Auflagefläche und der Spitze des Fräswerkzeugs ergibt sich die Frästiefe.

[0019] Dabei wird mittels des optischen Sensors die Breite der nutenförmigen Ausnehmung, insbesondere die sich aufgrund einer Unebenheit in der Oberfläche der Leiterplatte in Verbindung mit der konischen Formgebung des Fräswerkzeugs einstellende veränderte Breite erfasst und zur Steuerung der Z-Achse oder des Niederhalters herangezogen. Während des Fräsvorgangs wird das Fräsergebnis in einem geringen räumlichen Abstand hinter dem Fräswerkzeug kontinuierlich oder in kurzen zeitlichen Abständen erfasst. Die so erfasste Breite der nutenförmigen Ausnehmung des Fräskanals wird mit einer vorbekannten Sollbreite verglichen. Die daraus abgeleitete Abweichung wird genutzt, um die Eindringtiefe des Fräswerkzeugs zu regeln. Das optische Verfahren erlaubt es, sowohl Unebenheiten in der Oberfläche als auch Schwankungen der Stärke der leitfähigen Schicht zu erfassen und auszuregulieren und gewährleistet so eine weitgehend konstante Fräskanalbreite. Dadurch dass mittels des optischen Sensors die Beschaffenheit einer die nutenförmige Ausnehmung begrenzenden Kante erfasst wird, erlaubt die Auswertung des Kantenverlaufs die Einschätzung des Abnutzungszustandes des Fräswerkzeugs. Aufgrund des zunehmenden Verschleißes des Fräasers verändert sich der Verlauf an mindestens einer Kante der nutenförmigen Ausnehmung des Fräskanals in einer beschreibbaren, charakteristischen Weise. Durch

Festlegung eines Grenzwertes kann der Zeitpunkt für einen automatischen Werkzeugwechsel definiert werden und damit eine verschleißbedingte Unterbrechung des Fräskanals vermieden werden.

[0020] Nach einem Wechsel des Fräswerkzeugs wird das neue Fräswerkzeug zunächst in eine untere Endposition des Eingriffs in die leitfähige Schicht verfahren und während der Fräsbearbeitung des Fräskanals mittels des Bearbeitungskopfs in Richtung der Z-Achse so lange nach oben verfahren, bis die von dem Sensor erfasste Breite des Fräskanals einem Sollwert entspricht. Alternativ kann selbstverständlich durch eine Verfahrbewegung des Niederhalters die Breite des Fräskanals entsprechend eingestellt werden.

[0021] Zusätzlich werden mittels des Sensors unterschiedliche Reflexionseigenschaften der leitfähigen Schicht und des Substrats unterschieden, um so insbesondere aus dem Helligkeitsunterschied abzuleiten, ob das Fräswerkzeug die leitfähige Schicht in dem Fräskanal vollständig abgetragen hat, ob also der Nutengrund der Ausnehmung in der leitfähigen Schicht oder in dem Substrat liegt.

[0022] Die zweitgenannte Aufgabe, eine Vorrichtung zur Bearbeitung einer Leiterplatte mit einer auf einem Substrat angeordneten leitfähigen Schicht zu schaffen, wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass der Sensor als ein optischer Sensor zur Erfassung der Bearbeitungszone des Fräswerkzeugs, der Breite der nutenförmigen Ausnehmung und der Beschaffenheit einer die nutenförmige Ausnehmung begrenzenden Kante ausgeführt ist und aufgrund der erfassten Breite der nutenförmigen Ausnehmung der relative Abstand des Bearbeitungskopfs von der Leiterplatte einstellbar ist und zusätzlich mittels des Sensors unterschiedliche Reflexionseigenschaften der leitfähigen Schicht und des Substrats erfassbar sind, um so insbesondere aus dem Helligkeitsunterschied abzuleiten, ob das Fräswerkzeug die leitfähige Schicht in dem Fräskanal vollständig abgetragen hat. Auf diese Weise ist es nicht erforderlich, wie beim Stand der Technik zunächst in einem vorhergehenden Arbeitsschritt die Topographie der Leiterplatte zu erfassen, sondern es wird erfindungsgemäß während des Bearbeitungsprozesses aufgrund des Sensors ein Regelkreis realisiert, welcher eine direkte Anpassung durch Einstellung der Z-Achse, also des Abstands des Bearbeitungskopfs von der Leiterplatte, gestattet.

[0023] Die Vorrichtung zur Anwendung bei dem Verfahren besteht dabei insbesondere aus einer Spindel mit einer Spannzange für das Fräswerkzeug, dem Fräswerkzeug, einem Tiefenbegrenzer mit Z-Verstellung, einem optischen Element, dem Sensor, einer Auswerteelektronik mit einer Verbindung zu einem der Z-Achse zugeordneten Controller und einer Ver-

bindung zu einer Steuereinheit der Vorrichtung, in welcher auch der Sollwert der nutenförmigen Ausnehmung des Fräskanals und ein Grenzwert zur Auslösung einer Werkzeugschwechselfprozedur gespeichert sind.

[0024] Grundsätzlich kann das Fräswerkzeug in jede Richtung des durch die X-Achse und die Y-Achse aufgespannten Koordinatensystems bewegt werden. Eine vorteilhafte optische Erfassung des Fräskanals wird hingegen dann erreicht, wenn mittels des optischen Sensors ein Feld in Richtung der Bewegungsbahn hinter dem Fräswerkzeug erfassbar ist. Im praktischen Anwendungsfall der Vorrichtung zur Bearbeitung der Leiterplatte wird es dabei oftmals als ausreichend anzusehen sein, wenn lediglich die Hauptbewegungsrichtungen parallel zur X-Achse und zur Y-Achse erfasst werden, weil einerseits die Leiterbahnen vorwiegend parallel zu diesen Achsen verlaufen und andererseits Unebenheiten und Schwankungen der Schichtstärke der leitfähigen Schicht in der Praxis nicht sprunghaft auftreten. Weiterhin wird auch der Grenzwert zur Auslösung einer Wechselprozedur für das Fräswerkzeug nicht plötzlich erreicht.

[0025] Bei einer praxisnahen Ausführung können alle Bearbeitungsrichtungen unter Winkeln mit einem ganzzahligen Vielfachen von 45° erfasst werden. Bei einer weiteren Variante der Vorrichtung ist der optische Sensor mittels eines Antriebs in verschiedene Positionen relativ zu dem Bearbeitungskopf beweglich. Der Sensor wird hierzu motorisch derart um das Fräswerkzeug herumgeführt, dass stets ein Beobachtungsfeld in Abhängigkeit der Bewegungsbahn hinter dem Fräswerkzeug erfasst wird.

[0026] Bei anderen, ebenfalls besonders Erfolg versprechenden Abwandlung der Vorrichtung ist der Beobachtungsbereich mittels eines dem optischen Sensor zugeordneten beweglichen Spiegels variabel. Mittels des Spiegels wird wahlweise das Abbild einer gewünschten Anzahl von beispielsweise 2 oder 4 Beobachtungsfeldern im Umfeld des Bearbeitungsgebietes des Fräswerkzeuges auf den optischen Sensor abgelenkt, der hierzu insbesondere an dem Bearbeitungskopf angeordnet ist.

[0027] Weiterhin wird eine besonders Erfolg versprechende Abwandlung dann erreicht, wenn der optische Sensor ortsfest angeordnet ist, wobei zumindest zwei Spiegel vorgesehen sind, wobei ein erster Spiegel ausschließlich in Richtung einer ersten Raumachse entsprechend der Position des Bearbeitungskopfes beweglich ist und der zweite Spiegel in Richtung von zwei Raumachsen entsprechend der Position des Bearbeitungskopfes beweglich ist. Hierdurch kann der optische Sensor auch dann in erfindungsgemäßer Weise eingesetzt werden, wenn eine Anordnung des Sensors unmittelbar an dem Bearbei-

tungskopf nicht möglich oder nicht erwünscht ist. Hierzu wird der erste Spiegel gegenüber der durch die Z-Achse und die X-Achse oder die Z-Achse und die Y-Achse aufgespannten Ebene um 45° geneigt und der zweite Spiegel gegenüber der durch die X-Achse und die Y-Achse aufgespannten Ebene um 45° geneigt angeordnet. Selbstverständlich können auch weitere Spiegel vorgesehen sein, um unterschiedliche Beobachtungsfelder insbesondere in Abhängigkeit der Bewegungsbahn des Fräswerkzeuges beobachten zu können.

[0028] Weiterhin kann die Vorrichtung mit einer Prismenanordnung derart ausgestattet sein, dass zugleich mehrere, beispielsweise vier Beobachtungsfelder, die das Fräswerkzeug einschließen, auf ein jeweiliges Feld des optischen Sensors gelenkt werden. Aufgrund des die Bewegungsbahn festlegenden Steuerprogrammes wird jeweils das Beobachtungsfeld ausgewertet, welches sich in Bewegungsrichtung hinter dem Fräswerkzeug befindet.

[0029] Als optischer Sensor kann eine schwarz-weiß Kamera verwendet werden. Eine besonders Erfolg versprechende Variante wird auch dadurch realisiert, dass der optische Sensor eine Kamera, insbesondere eine CCD- oder eine CMOS-Kamera hat. Weiterhin kann zumindest eine Zeilenkamera eingesetzt werden, die beispielsweise unter einem Winkel von 45° zu den Hauptbearbeitungsrichtungen angeordnet ist, um die Fräskanäle in zwei rechtwinklig zueinander stehenden Arbeitsrichtungen zu erfassen.

[0030] Ebenfalls besonders sinnvoll ist eine Ausführungsform, bei der die Vorrichtung eine insbesondere monochromatische Beleuchtungseinrichtung für die Bearbeitungszone aufweist, wobei die Beleuchtung gepulst ausgeführt und diese Pulse mit der Bildaufnahme synchronisiert werden können. Die Erfindung lässt verschiedene Ausführungsformen zu. Zur weiteren Verdeutlichung ihres Grundprinzips ist eine davon in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Diese zeigt in

[0031] [Fig. 1a](#) eine Seitenansicht einer Vorrichtung zur Bearbeitung einer Leiterplatte in mehreren Arbeitspositionen;

[0032] [Fig. 1b](#) eine Draufsicht auf die in [Fig. 1](#) gezeigte Leiterplatte;

[0033] [Fig. 2](#) eine weitere Vorrichtung zur Bearbeitung einer Leiterplatte mit einem ortsfesten optischen Sensor in einer Draufsicht.

[0034] Die [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) zeigen eine Vorrichtung **1** zur Bearbeitung einer Leiterplatte **2** in einer Seitenansicht sowie in einer Draufsicht. Die Vorrichtung **1** dient dabei insbesondere dem Einbringen ei-

ner nutenförmigen Ausnehmung **3** als Fräskanal in eine leitfähige Schicht **4** der Leiterplatte **2** zur Herstellung von gegeneinander elektrisch isolierten Leiterbahnen entlang einer vorbestimmten Bewegungsbahn. Hierzu hat die Vorrichtung **1** ein konisches Fräswerkzeug **5** mit dem die auf einem Substrat **6** angeordnete leitfähige Schicht **4** abgetragen wird. Zur Bearbeitung der Leiterplatte **2** ist das Fräswerkzeug **5** an einem in verschiedenen Raumachsen verfahrenbaren Bearbeitungskopf **7** angeordnet. Die Vorrichtung **1** ist weiterhin mit einem als eine Kamera ausgeführten optischen Sensor **8** ausgestattet, um so eine aufgrund einer Unebenheit in der Oberfläche der Leiterplatte **2** und des konischen Fräswerkzeuges **5** auftretende schwankende Breite b zu erfassen und entsprechend zur Einhaltung einer konstanten Breite b der nutenförmigen Ausnehmung **3** an der Unterseite der leitfähigen Schicht **4** den Bearbeitungskopf **7** in Richtung der Z-Achse zu verfahren. Während des Fräsvorgangs wird das Fräsergebnis in einem geringen räumlichen Abstand hinter dem Fräswerkzeug **5** kontinuierlich oder in kurzen zeitlichen Abständen erfasst. Dabei wird durch den optischen Sensor **8** neben der Breite b der Ausnehmung **3** zusätzlich auch basierend auf den unterschiedlichen Reflexionseigenschaften der leitfähigen Schicht **4** und des Substrats **6** der vollständige Abtrag der leitfähigen Schicht **4** in einem Nutengrund **9** erfasst. Darüber hinaus wird zusätzlich auch die Beschaffenheit einer die nutenförmige Ausnehmung **3** begrenzenden Kante **10** zur Bestimmung des Verschleißzustands des Fräswerkzeuges **5** erfasst. Die erfasste Breite b der nutenförmigen Ausnehmung **3** des Fräskanals wird mit einer vorbekannten Sollbreite verglichen. Auf diese Weise wird an der Unterseite der leitfähigen Schicht **4** eine konstante, im Bereich **B** gestrichelt dargestellte Breite b sichergestellt, während es demgegenüber an der Oberseite der leitfähigen Schicht **4** zu einer Verbreiterung der nutenförmigen Ausnehmung **3** kommt. Der Bearbeitungskopf **7** wird zu diesem Zweck in Richtung der Z-Achse im Bereich **B** entsprechend dem Verlauf der Materialanhäufung der leitfähigen Schicht **4** nach unten bewegt und im Anschluss daran im Bereich **C** auf das dem Bereich **A** entsprechende Ursprungsniveau nach oben bewegt. Um den optischen Sensor **8** in jeder Phase des Bearbeitungsprozesses auf eine in Bewegungsrichtung des Bearbeitungskopfs **7** hinter dem Fräswerkzeug **5** angeordnete Bearbeitungszone richten zu können, ist der optische Sensor **8** an einer Aufnahme **12** mittels eines nicht gezeigten Antriebs in verschiedene Positionen relativ zu dem Bearbeitungskopf **7** in Pfeilrichtung **13** um die Z-Achse herum schwenkbeweglich angeordnet.

[0035] In der [Fig. 2](#) ist eine weitere Vorrichtung **14** zur Bearbeitung der Leiterplatte **2** in einer Draufsicht dargestellt, bei der ein als Kamera ausgeführter optischer Sensor **15** ortsfest angeordnet ist. Hierbei hat die Vorrichtung **14** zwei Spiegel **16**, **17**, wobei ein ers-

ter Spiegel **16** ausschließlich in Richtung der X-Achse und der zweite Spiegel **17** in Richtung der X-Achse und der Y-Achse entsprechend der Position des Bearbeitungskopfes **7** beweglich ist. Der erste Spiegel **16** ist gegenüber einer durch die Z-Achse und die X-Achse sowie einer durch die Z-Achse und die Y-Achse aufgespannten Ebene um 45° geneigt, und der zweite Spiegel **17** gegenüber der durch die X-Achse und die Y-Achse aufgespannten Ebene um 45° geneigt angeordnet. Ausgehend von einer Bearbeitungszone des Fräswerkzeuges **5** wird so das Bild mittels des an dem Bearbeitungskopf **7** angeordneten zweiten Spiegels **17** zunächst ausgehend von einer Beobachtungsrichtung in Richtung der durch die X-Achse und die Y-Achse aufgespannten Ebene als Teilstrahl **18** abgelenkt. Dieser Teilstrahl **18** wird anschließend an dem ersten Spiegel **16** in derselben Ebene als Teilstrahl **19** in Richtung der X-Achse abgelenkt und trifft so unabhängig von der jeweiligen Position des Bearbeitungskopfes **7** auf den ortsfesten optischen Sensor **15**.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung einer Leiterplatte mit einer auf einem Substrat angeordneten leitfähigen Schicht, bei dem ein Bearbeitungskopf in verschiedenen Raumachsen verfahren wird und eine nutenförmige Ausnehmung zur vollständigen elektrischen Isolierung von Leiterbahnen in die leitfähige Schicht mittels eines konischen Fräswerkzeuges eingebracht wird, bei dem Abweichungen der Beschaffenheit der Leiterplatte, insbesondere der leitfähigen Schicht, erfasst und daraus ein Korrekturwert für den Abstand des Bearbeitungskopfs gegenüber der Leiterplatte bestimmt und der relative Abstand des Bearbeitungskopfs von der Leiterplatte eingestellt wird, gekennzeichnet durch einen optischen Sensor, durch welchen eine Bearbeitungszone des Fräswerkzeuges erfasst wird und aufgrund der von dem optischen Sensor erfassten Beschaffenheit der nutenförmigen Ausnehmung ein Steuersignal als Korrekturwert bestimmt wird, wobei mittels des optischen Sensors die Breite der nutenförmigen Ausnehmung erfasst und aufgrund der erfassten Breite der nutenförmigen Ausnehmung der relative Abstand des Bearbeitungskopfs von der Leiterplatte eingestellt wird und zusätzlich mittels des Sensors unterschiedliche Reflexionseigenschaften der leitfähigen Schicht und des Substrats erfasst werden, um so insbesondere aus dem Helligkeitsunterschied abzuleiten, ob das Fräswerkzeug die leitfähige Schicht in dem Fräskanal vollständig abgetragen hat, sowie mittels des optischen Sensors die Beschaffenheit einer die nutenförmige Ausnehmung begrenzenden Kante erfasst wird, um einen Werkzeugwechsel vorzunehmen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mittels des optischen Sensors die Beschaffenheit der Kante insbesondere in Bezug auf die

Bewegungsbahn berücksichtigt wird.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mittels des optischen Sensors partielle Abweichungen der Kante quer zu der Bewegungsbahn, insbesondere wellige Ausnehmungen und/oder Aufwürfe in der Kante erfasst werden.

4. Vorrichtung (1, 14) zur Bearbeitung einer Leiterplatte (2) mit einer auf einem Substrat (6) angeordneten leitfähigen Schicht (4) mittels eines an einem in verschiedenen Raumachsen verfahrbaren Bearbeitungskopfs (7) angeordneten, insbesondere zum Einbringen einer nutenförmigen Ausnehmung (3) zur vollständigen elektrischen Isolierung von Leiterbahnen in die leitfähige Schicht (4) bestimmten konischen Fräswerkzeugs (5), mit einem optischen Sensor (8, 15) zur Erfassung möglicher Abweichungen der Beschaffenheit der Leiterplatte (2), insbesondere der leitfähigen Schicht (4), und mit einer Steuereinheit zur Bestimmung eines Korrekturwerts für den Abstand des Bearbeitungskopfs (7) gegenüber der Leiterplatte (2), wobei der relative Abstand des Bearbeitungskopfs (7) von der Leiterplatte einstellbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (8, 15) als ein optischer Sensor (8, 15) zur Erfassung der Bearbeitungszone des Fräswerkzeugs (5), der Breite (b) der nutenförmigen Ausnehmung (3) und der Beschaffenheit einer die nutenförmige Ausnehmung (3) begrenzenden Kante (10) ausgeführt ist und aufgrund der erfassten Breite (b) der nutenförmigen Ausnehmung (3) der relative Abstand des Bearbeitungskopfs (7) von der Leiterplatte (2) einstellbar ist und zusätzlich mittels des Sensors (8, 15) unterschiedliche Reflexionseigenschaften der leitfähigen Schicht (4) und des Substrats (6) erfassbar sind, um so insbesondere aus dem Helligkeitsunterschied abzuleiten, ob das Fräswerkzeug (5) die leitfähige Schicht (4) in dem Fräskanal vollständig abgetragen hat.

5. Vorrichtung (1, 14) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Sensor (8, 15) auf eine in Bewegungsrichtung des Bearbeitungskopfs (7) hinter dem Fräswerkzeug (5) angeordnete Bearbeitungszone gerichtet ist.

6. Vorrichtung (1, 14) nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass mittels des optischen Sensors (8, 15) ein Feld in Richtung der Bewegungsbahn hinter dem Fräswerkzeug (5) erfassbar ist.

7. Vorrichtung (1, 14) nach zumindest einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Sensor (8) mittels eines Antriebs in verschiedene Positionen relativ zu dem Bearbeitungskopf (7) beweglich ist.

8. Vorrichtung (1, 14) nach zumindest einem der

Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Beobachtungsbereich mittels eines im Beobachtungsbereich des optischen Sensors angeordneten beweglichen Spiegels variabel ist.

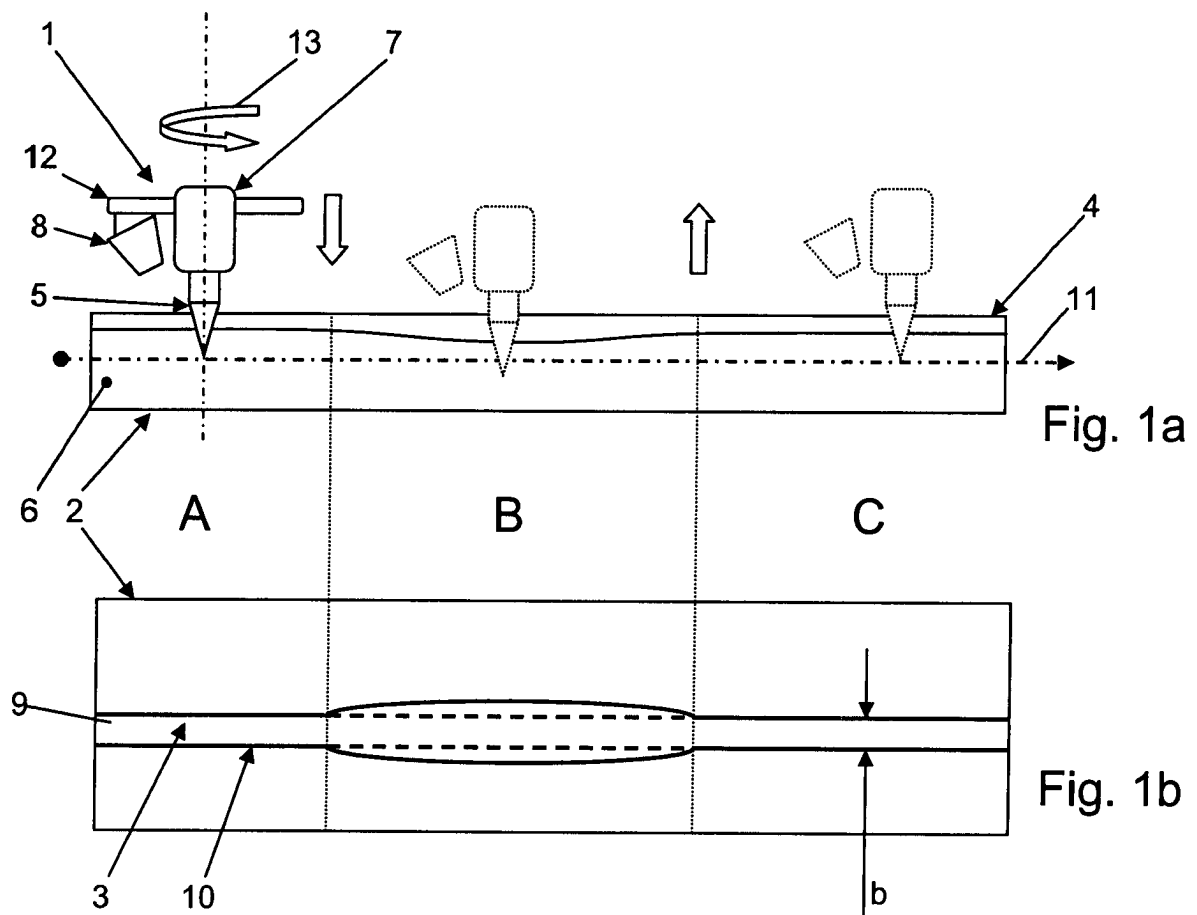
9. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Sensor (8) mit dem Bearbeitungskopf verbunden ist.

10. Vorrichtung (14) nach zumindest einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Sensor (15) ortsfest angeordnet ist, wobei zumindest zwei Spiegel (16, 17) vorgesehen sind, wobei ein erster Spiegel (16) in Richtung einer ersten Raumachse (X-Achse) entsprechend der Position des Bearbeitungskopfs (7) beweglich ist und der zweite Spiegel (17) in Richtung von zwei Raumachsen (X-Achse, Y-Achse) entsprechend der Position des Bearbeitungskopfs (7) beweglich ist.

11. Vorrichtung (1, 14) nach zumindest einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Sensor (8, 15) eine Kamera, insbesondere eine CCD- oder eine CMOS-Kamera hat.

12. Vorrichtung (1, 14) nach zumindest einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (1, 14) eine insbesondere monochromatische Beleuchtungseinrichtung für die Bearbeitungszone aufweist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



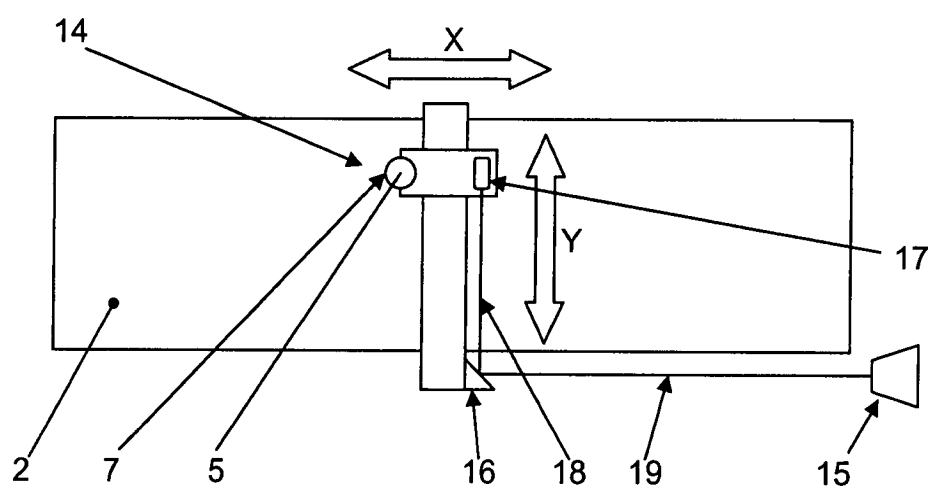


Fig. 2