



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 96 468 T5** 2004.04.22

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 30/52890**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **102 96 468.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/40410**
(86) PCT-Anmeldetag: **17.12.2002**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.06.2003**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **22.04.2004**

(51) Int Cl.7: **H01S 3/10**
H01S 3/082

(30) Unionspriorität:
60/341,744 17.12.2001 US

(71) Anmelder:
Electro Scientific Industries, Inc., Portland, Oreg., US

(74) Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen

(72) Erfinder:
Sun, Yunlong, Beaverton, Oreg., US; Swenson, Edward J., Portland, Oreg., US; Harris, Richard S., Portland, Oreg., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Bearbeitung einer Speicherverbindungsleitung mit einer Gruppe von mindestens zwei Laserimpulsen**

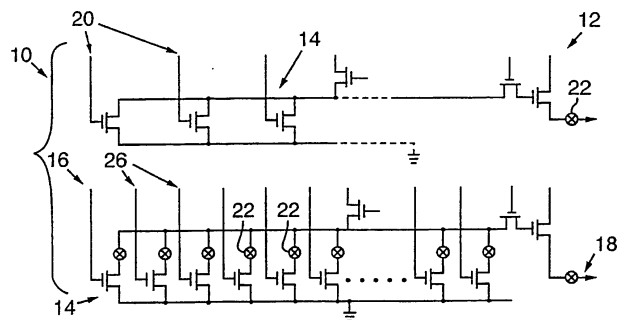
(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Abtrennen von elektrisch leitfähigen überzähligen Speicher- oder IC-Verbindungsleitungen, die zwischen jeweiligen Paaren von elektrisch leitfähigen Kontakten in einem auf einem Substrat hergestellten Schaltkreis positioniert sind, wobei jede Verbindungsleitung eine Verbindungsleitungsbreite aufweist, umfassend:

Versorgen einer Strahlpositioniereinrichtung mit Strahlpositionierdaten, die einen oder mehreren Orte von elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen in dem Schaltkreis repräsentieren, wobei die Strahlpositioniereinrichtung eine Relativbewegung zwischen einer Laserlichtfleckposition und dem Substrat koordiniert;

Erzeugen, von einem ersten Laser, mindestens eines ersten Laserausgabeimpulses mit einer Impulsbreite von zwischen ungefähr 25 Picosekunden und 30 Nanosekunden während eines ersten Zeitintervalls, das kürzer als ungefähr 1000 Nanosekunden ist, wobei der erste Laserausgabeimpuls auch einen ersten Laserlichtfleck mit einer Lichtfleckgröße aufweist, die größer als die Verbindungsleitungsbreite ist;

Lenken des ersten Laserausgabeimpulses, entsprechend den Strahlpositionierdaten, so daß der erste Laserlichtfleck auf einen ersten Ort einer ersten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung zwischen ersten Kontakten trifft;

Erzeugen, von einem zweiten Laser, mindestens eines zweiten...



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Laserbearbeitung von Speicher- oder anderen IC-Verbindungsleitungen und insbesondere ein Lasersystem und Verfahren, die eine Gruppen von mindestens zwei Laserimpulsen zum fliegenden Abtrennen einer IC-Verbindungsleitung benutzen.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Die Ausbeuten bei Prozessen zur Herstellung von IC-Bausteinen erleiden häufig Defekte, die sich aus Ausrichtungsvariationen von verdeckten Schichten oder Mustern oder besonderen Verschmutzungen ergeben. Die **Fig. 1, 2A und 2B** zeigen sich wiederholende elektronische Schaltkreise **10** eines IC-Bausteins oder Werkstücks **12**, die üblicherweise in Zeilen oder Spalten hergestellt werden, um mehrere Iterationen von überzähligen Schaltkreiselementen **14**, wie zum Beispiel Ersatzzeilen **16** und -spalten **18** von Speicherzellen **20**, zu enthalten. Unter Bezugnahme auf die **Fig. 1, 2A und 2B** sind die Schaltkreise **10** auch derart gestaltet, daß sie spezielle mittels Laser abtrennbare leitfähige Verbindungsleitungen **22** zwischen elektrischen Kontakten **24** enthalten, die entfernt werden können, um, zum Beispiel, eine defekte Speicherzelle **20** abzuschalten und eine überzählige Ersatzzelle **26** in einem Speicherbaustein, wie zum Beispiel einem DRAM, einem SRAM oder einem integrierten Speicher, zu ersetzen. Ähnliche Techniken werden auch zum Abtrennen von Verbindungsleitungen zum Programmieren eines Logikprodukts, Gatter-Anordnungen oder ASICs, verwendet.

[0003] Die Verbindungsleitungen **22** sind ungefähr 0,3–2 Mikron (μm) dick und mit herkömmlichen Verbindungsleitungsdicken **28** von ungefähr 0,4–2,5 μm , Verbindungsleitungslängen **30** und Element-zu-Element-Abständen (Mitte-zu-Mitte-Abständen) **32** von ungefähr 2–8 μm von benachbarten Schaltkreisstrukturen beziehungsweise -elementen **34**, wie zum Beispiel Verbindungsleitungsstrukturen **36**, gestaltet. Obwohl die gängigsten Verbindungsleitungsmaterialien Polysilizium und dergleichen Zusammensetzungen gewesen sind, haben Speicherhersteller kürzlich eine Vielzahl von mehr leitfähigen metallischen Verbindungsleitungsmaterialien eingeführt, die, ohne darauf beschränkt zu sein, Aluminium, Kupfer, Gold, Nickel, Titan, Wolfram, Platin sowie andere Metalle, Metallegierungen, Metallnitride, wie zum Beispiel Titan- oder Tantalnitrid, Metallsilicide, wie zum Beispiel Wolframsilicid, oder andere metallähnliche Materialien einschließen können.

[0004] Schaltkreise **10**, Schaltkreiselemente **14** beziehungsweise -zellen **20** werden auf Defekte getestet, deren Orte in eine Datenbank oder ein Programm eingetragen werden können. Traditionell sind 1,047

μm - oder 1,064 μm -Infrarot(IR)-Laserwellenlängen über mehr als 20 Jahre zum explosionsartigen Entfernen von leitfähigen Verbindungsleitungen **22** verwendet worden. Herkömmliche

Speicherverbindungsleitungsbearbeitungssysteme fokussieren einen Einzelimpuls einer Laserausgabe mit einer Impulsbreite von ungefähr 4 bis 30 Nanosekunden (ns) auf jeder Verbindungsleitung **22**. **Fig. 2A und 2B** zeigen einen Laserlichtfleck **38** mit einer Lichtfleckgröße (Fläche oder Durchmesser) **40**, der auf eine Verbindungsleitungsstruktur **36** trifft, die aus einer Polysilizium- oder Metallverbindungsleitung **22** besteht, die über einem Siliziumsubstrat **42** und zwischen Komponentenschichten eines Passivierungsschichtstapels positioniert ist, der eine aufliegende Passivierungsschicht **44** (in **Fig. 2A** gezeigt, aber nicht in **Fig. 2B**), die typischerweise 500–10.000 Angstrom ($\text{\AA}$) dick ist und eine unterliegende Passivierungsschicht **46** enthält. Das Siliziumsubstrat **42** absorbiert eine relativ kleine Teilmenge von IR-Strahlung, und herkömmliche Passivierungsschichten **44** und **46**, wie zum Beispiel Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid, sind für IR-Strahlung relativ transparent. Die Verbindungsleitungen **22** werden typischerweise "fliegend" bearbeitet, so daß das Strahlpositionierungssystem nicht seine Bewegung stoppen muß, wenn ein Laserimpuls auf eine Verbindungsleitung **22** gefeuert wird, wobei jede Verbindungsleitung **22** von einem einzigen Laserimpuls bearbeitet wird. Der fliegende Prozeß erleichtert einen sehr hohen Verbindungsleitungsbearbeitungsdurchsatz, zum Beispiel Bearbeitung von mehreren zehntausend Verbindungsleitungen **22** pro Sekunde.

[0005] **Fig. 2C** zeigt eine fragmentarische Seitenansicht im Querschnitt der Verbindungsleitungsstruktur von **Fig. 2B**, nachdem die Verbindungsleitung **22** von dem bekannten Laserimpuls entfernt worden ist. Zur Vermeidung von Schaden an dem Substrat **42** bei Beibehaltung von ausreichender Energie zum Bearbeiten einer Metall- oder Nichtmetallverbindungsleitung **22** schlugen Sun et al. in U.S.-Pat. Nr. 5,265,114 und U.S.-Pat. Nr. 5,473,624 die Verwendung eines einzigen 9 bis 25 ns-Impulses bei einer längeren Laserwellenlänge, wie zum Beispiel 1,3 μm , zur Bearbeitung von Speicherverbindungsleitungen **22** auf Siliziumwafern vor. Bei der 1,3 μm -Laserwellenlänge ist der Absorptionskontrast zwischen dem Verbindungsleitungsmaterial und Siliziumsubstrat **20** viel größer als derjenige bei den traditionellen 1 μm -Laserwellenlängen. Das viel breitere Laserbearbeitungsfenster und die bessere Bearbeitungsqualität, die durch diese Technik bereitgestellt werden, sind in der Industrie über ungefähr fünf Jahre mit großem Erfolg verwendet worden.

[0006] Die 1,0 μm - und 1,3 μm -Laserwellenlängen weisen jedoch Nachteile auf. Die Kopplungseffizienz besagter IR-Laserstrahlen **12** in eine hoch elektrisch leitfähige metallische Verbindungsleitung **22** ist relativ gering und die praktisch erzielbare Lichtfleckgröße **40** eines IR-Laserstrahls zum Abtrennen von Verbindungs-

dungsleitungen ist relativ groß und begrenzt die kritischen Abmessungen der Verbindungsleitungsbreite **28**, Verbindungsleitungslänge **30** zwischen Kontakten **24** und des Verbindungsleitungsabstands **32**. Diese herkömmliche Laserverbindungsleitungsbearbeitung stützt sich auf Wärmen, Schmelzen und Verdampfen der Verbindungsleitung **22** und Erzeugen einer mechanischen Spannung, die aufgebaut wird, um die aufliegende Passivierungsschicht **44** mit einem einzigen Laserimpuls explosionsartig zu öffnen. Ein derartiger herkömmlicher Laserimpuls zur Verbindungsleitungsbearbeitung erzeugt eine wärmebeeinflusste Zone (heat affected zone (HAZ)), die die Qualität des Bausteins, der die abgetrennte Verbindungsleitung enthält, verschlechtern kann. Wenn zum Beispiel die Verbindungsleitung relativ dick ist oder das Verbindungsleitungsmaterial zu reflektierend ist, um eine adäquate Menge der Laserimpulsenergie zu absorbieren, muß mehr Energie pro Laserimpuls verwendet werden. Eine erhöhte Laserimpulsenergie erhöht das Schädigungsrisiko für den IC-Chip. Die Verwendung einer Laserimpulsenergie innerhalb des risikofreien Bereiches bei dicken Verbindungsleitungen führt jedoch häufig zu einem unvollständigen Abtrennen der Verbindungsleitung.

[0007] Das U.S.-Pat. Nr. 6,057,180 von Sun et al. und U.S.-Pat. Nr. 6,025,256 von Swenson et al. vor kurzem beschreiben Verfahren zur Verwendung von Ultraviolett(UV)-Laserausgabe zum Abtrennen beziehungsweise Freilegen von Verbindungsleitungen, die die aufliegende Passivierung durch unterschiedliche Materialentfernmeechanismen "öffnen" und den Vorteil einer kleineren Strahllichtfleckgröße aufweisen. Das Entfernen der Verbindungsleitung selbst durch einen derartigen UV-Laserimpuls bedingt jedoch eine sorgfältige Beachtung der aufliegenden Passivierungsstruktur und des Materials, um die unterliegende Passivierung und den Siliziumwafer vor einer Schädigung durch den UV-Laserimpuls zu schützen.

[0008] Das U.S.-Pat. Nr. 5,656,186 von Mourou et al. offenbart ein allgemeines Verfahren zum laserinduzierten Aufreißen und Abtragen bei mehreren Wellenlängen durch ultraschnelle Laserimpulse mit hoher Wiederholungsfrequenz, typischerweise kürzer als 10 ps, und demonstriert die Erzeugung von maschinell bearbeiteten Einrichtungsgößen, die kleiner als die beugungsbegrenzte Lichtfleckgröße sind.

[0009] Das U.S.-Pat. Nr. 5,208,437 von Miyauchi et al. offenbart ein Verfahren zur Verwendung eines einzigen "Gaussian"-Impulses mit einer Subnanosekundenimpulsbreite zum Bearbeiten einer Verbindungsleitung.

[0010] Das U.S.-Pat. Nr. 5,742,634 von Rieger et al. offenbart eine simultan gütegeschaltete und modengekoppelte Neodym (Nd)-Lasereinrichtung mit Diodenpumpen. Der Laser emittiert eine Reihe von Impulsen jeweils mit einer zeitlichen Dauer von 60 bis 300 Picosekunden (ps) unter einer Einhüllenden mit einer Zeitdauer von 100 ns.

Zusammenfassung der Erfindung

[0011] Ein Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren oder Vorrichtung zur Verbesserung der Qualität von Laserbearbeitung von IC-Verbindungsleitungen bereitzustellen.

[0012] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Verbindungsleitung mit einer Gruppe von Laserimpulsen mit niedriger Energie zu bearbeiten.

[0013] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Verbindungsleitung mit einer Gruppe von Laserimpulsen mit niedriger Energie bei einer kurzen Wellenlänge zu bearbeiten.

[0014] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, besagte Gruppen von Laserimpulsen zur fliegenden Bearbeitung von Verbindungsleitungen zu benutzen.

[0015] Die vorliegende Erfindung benutzt eine Gruppe von mindestens zwei Laserimpulsen zum Abtrennen einer IC-Verbindungsleitung anstelle der Verwendung eines einzigen Laserimpulses von herkömmlichen Verbindungsleitungsbearbeitungssystemen. Diese Praxis bedingt jedoch weder eine lange Standzeit noch separate sich wiederholende Rasterdurchläufe zum erneuten Positionieren und erneuten Feuern auf jede Verbindungsleitung, das den Durchsatz um einen Faktor von ungefähr zwei effektiv reduzieren würde. Die Dauer der Gruppe ist vorzugsweise kürzer als 1.000 ns, noch bevorzugter kürzer als 500 ns, am bevorzugtesten kürzer als 300 ns und vorzugsweise im Bereich von 5 bis 300 ns; und die Impulsbreite jedes Laserimpulses innerhalb der Gruppe liegt im allgemeinen im Bereich von 0,1 ps bis 30 ns und noch bevorzugter von ungefähr 25 ps bis ungefähr 20 ns oder 30 ns. Jeder Laserimpuls innerhalb der Gruppe weist eine Energie oder Spitzenleistung pro Impuls auf, die geringer als der Schädigungsschwellenwert für das Siliziumsubstrat ist. Die Anzahl von Laserimpulsen in der Gruppe wird derart gesteuert, daß der letzte Impuls die Unterseite der Verbindungsleitung entfernt, wobei die unterliegende Passivierungsschicht und das Substrat intakt bleiben. Da die Gesamtdauer der Gruppe kürzer als 1.000 ns ist, wird die Gruppe als ein einziger "Impuls" von einem herkömmlichen Laserpositioniersystem zur Verbindungsleitungsabtrennung angesehen. Der Laserlichtfleck jedes der Impulse in der Gruppe umfaßt die Verbindungsleitungsbreite und die Verschiebung zwischen den Laserlichtflecken jedes Impulses beträgt weniger als die Positioniergenauigkeit eines typischen Positioniersystems, die typischerweise $\pm 0,05$ bis $0,2 \mu\text{m}$ beträgt. Somit kann das Lasersystem weiterhin Verbindungsleitungen fliegend bearbeiten, d.h., daß das Positioniersystem nicht seine Bewegung stoppen muß, wenn das Lasersystem eine Gruppe von Laserimpulsen auf jede Verbindungsleitung feuert.

[0016] Weitere Aufgaben und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der folgenden ausführlichen Beschreibung von bevorzugten Ausführ-

rungsformen ersichtlich werden, die unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen erfolgt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] **Fig. 1** zeigt ein Schemadiagramm eines Abschnittes eines DRAM, das das redundante Layout von und programmierbare Verbindungsleitungen in einer Ersatzzeile von generischen Schaltkreiszellen zeigt.

[0018] **Fig. 2A** zeigt eine fragmentarische Seitenansicht im Querschnitt einer herkömmlichen, großen Halbleiterverbindungsleitungsstruktur, die einen Laserimpuls empfängt, der durch bekannte Impulsparameter charakterisiert ist.

[0019] **Fig. 2B** zeigt eine fragmentarische Draufsicht der Verbindungsleitungsstruktur von oben und den Laserimpuls von **Fig. 2A**, zusammen mit einer benachbarten Schaltkreisstruktur.

[0020] **Fig. 2C** zeigt eine fragmentarische Seitenansicht im Querschnitt der Verbindungsleitungsstruktur von **Fig. 2B**, nachdem die Verbindungsleitung von dem bekannten Laserimpuls entfernt worden ist.

[0021] **Fig. 3** zeigt eine Graphik der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit von beispielhaften Gruppen von Laserimpulsen mit konstanter Amplitude, die zum Abtrennen von Verbindungsleitungen gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

[0022] **Fig. 4** zeigt eine Graphik der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit von alternativen beispielhaften Gruppen von Laserimpulsen mit modulierter Amplitude, die zum Abtrennen von Verbindungsleitungen gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

[0023] **Fig. 5** zeigt ein teilweise schematisches, vereinfachtes Diagramm einer Ausführungsform eines bevorzugten Systems mit grünem Laser, das eine Werkstückpositioniereinrichtung enthält, die mit einem Laserbearbeitungssteuersystem zur Realisierung des Verfahrens der vorliegenden Erfindung zusammenwirkt.

[0024] **Fig. 6A** zeigt eine Graphik der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit eines typischen Einzellerimpulses, der von einem herkömmlichen Lasersystem zum Abtrennen einer Verbindungsleitung emittiert wird.

[0025] **Fig. 6B** zeigt eine Graphik der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit einer beispielhaften Gruppen von Laserimpulsen, die von dem Lasersystem von **Fig. 5** mit einer schrittgesteuerten Güteschaltung zum Abtrennen einer Verbindungsleitung emittiert werden.

[0026] **Fig. 7** zeigt eine Graphik der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit eines beispielhaften RF-Signals, das an eine schrittgesteuerte Güteschaltung gelegt wird.

[0027] **Fig. 8** zeigt eine Graphik der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit von beispielhaften Laserimpulsen, die durch eine schrittgesteuerte Güteschaltung erzeugt werden können, die das in **Fig. 7** ge-

zeigte RF-Signal benutzt.

[0028] **Fig. 9** zeigt ein vereinfachtes Schemadiagramm einer alternativen Ausführungsform eines Lasersystems, das zur Implementierung der vorliegenden Erfindung benutzt werden kann.

[0029] **Fig. 10A–10D** zeigen jeweilige Graphiken der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit von beispielhaften Laserimpulsen, die sich entlang separater optischer Wege des in **Fig. 9** gezeigten Lasersystems ausbreiten.

[0030] **Fig. 11** zeigt ein vereinfachtes Schemadiagramm einer alternativen Ausführungsform eines Lasersystems, das zwei oder mehr Laser zum Implementieren der vorliegenden Erfindung benutzt.

[0031] **Fig. 12A–12C** zeigen jeweilige Graphiken der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit von beispielhaften Laserimpulsen, die sich entlang separater optischer Wege des in **Fig. 11** gezeigten Lasersystems ausbreiten.

Ausführliche Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen

[0032] **Fig. 3, 4, 6B, 8, 10D und 12C** zeigen Graphiken der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit von beispielhaften Gruppen **50a, 50b, 50c, 50d** und **50e** (allgemein Gruppen **50**) von Laserimpulsen **52a, 52b₁, 52b₂, 52b₃, 52c₁, 52c₂, 52d** und **52e** (allgemein Laserimpulse **52**), die zum Abtrennen von Verbindungsleitungen **22** entsprechend der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Die Dauer jeder Gruppe **50** ist vorzugsweise kürzer als ungefähr 1.000 ns, bevorzugter kürzer als 500 ns und am bevorzugsten im Bereich von ungefähr 5 ns bis 300 ns. Die Gruppen **50** sind um ein programmierbares Verzögerungsintervall zeitverschoben, das typischerweise kürzer als 0,1 Millisekunden ist und eine Funktion der Geschwindigkeit des Positioniersystems **62** und der Distanz zwischen den zu bearbeitenden Verbindungsleitungen **22** sein kann. Die Impulsbreite jedes Laserimpulses **52** innerhalb der Gruppe **50** liegt vorzugsweise im Bereich von 0,1 ps bis ungefähr 30 ns und bevorzugter von ungefähr 25 ps bis 30 ns oder liegt im Bereich dazwischen, zum Beispiel von ungefähr 100 ps bis 100 ns oder von 5 ns bis 20 ns.

[0033] Während einer Gruppe **50** von Laserimpulsen **52** weist jeder Laserimpuls **52** unzureichende Wärme, Energie oder Spitzenleistung zum vollständigen Abtrennen einer Verbindungsleitung **22** oder Schädigen des unterliegenden Substrats **42** auf, sondern entfernt er einen Teil der Verbindungsleitung **22** und/oder irgendeiner aufliegenden Passivierungsschicht **38**. Bei einer bevorzugten Wellenlänge von ungefähr 150 nm bis 1.320 nm schließen bevorzugte Abtragungsparameter der fokussierten Lichtfleckgröße **40** der Laserimpulse **52** Laserenergien jedes Laserimpulses zwischen ungefähr 0,005 µJ bis ungefähr 1 µJ (und Zwischenenergiebereiche zwischen 0,01 µJ bis ungefähr 0,5 µJ) und Laserenergien jeder Gruppe zwischen 0,01 µJ bis ungefähr 2 µJ bei mehr

als ungefähr 1 Hz und vorzugsweise 1 kHz bis 40 kHz oder höher ein. Der fokussierte Laserlichtfleckdurchmesser ist vorzugsweise 50% bis 100% größer als die Breite der Verbindungsleitung **22**, in Abhängigkeit von der Verbindungsleitungsbreite **28**, Verbindungsleitungsabstandsgröße **32**, dem Verbindungsleitungsmaterial und anderen Verbindungsleitungsstruktur- und -prozeßerwägungen.

[0034] In Abhängigkeit von der Wellenlänge der Laserausgabe und den Eigenschaften des Verbindungsleitungsmaterials kann die Abtrenntiefe der auf die Verbindungsleitung **22** angewandten Laserimpulse **52** durch Auswählen der Energie jedes Impulses **52** und der Anzahl der Laserimpulse **52** in jeder Gruppe **50** genau gesteuert werden, um die Unterseite irgendeiner vorgegebenen Verbindungsleitung **22** zu entfernen, wobei die unterliegende Passivierungsschicht **46** relativ intakt und das Substrat **42** unbeschädigt bleiben. Somit wird das Schädigungsrisiko für das Siliziumsubstrat **42** im wesentlichen beseitigt, selbst wenn eine Laserwellenlänge im nahen UV-Bereich verwendet wird.

[0035] Das Energiedichteprofil einer Gruppe **50** von Laserimpulsen **52** kann besser als das Energiedichteprofil eines herkömmlichen einzelnen Verbindungsleitungsabtrennlaserimpulses gesteuert werden. Unter Bezugnahme auf **Fig. 3** kann jeder Laserimpuls **52a** mit derselben Energiedichte erzeugt werden, um eine Impulsgruppe **50a** mit einem konsistenten Energiedichteprofil mit "flacher Oberseite" zu liefern. Die Gruppe **50a** kann zum Beispiel mit einem modengekoppelten Laser gefolgt von einem elektrooptischen (E-O) oder akustooptischen (A-O) optischen Gatter und einem optionalen Verstärker ausgebildet werden.

[0036] Unter Bezugnahme auf **Fig. 4** können die Energiedichten der Impulse **52b** so moduliert werden, daß Gruppen **50b** von Impulsen **52b** nahezu jede vorab festgelegte Gestalt, wie zum Beispiel das Energiedichteprofil eines herkömmlichen Laserimpulses zum Verbindungsleitungsblasen, aufweisen können. Die Gruppen **50b** können zum Beispiel mit einem in **Fig. 5** gezeigten simultan gütegeschalteten und CW-Mode-Locked-Lasersystem **60** ausgebildet werden. Eine weitere alternative Gruppe **50**, die nicht gezeigt ist, weist Anfangsimpulse **52** mit hoher Energiedichte und nachlaufende Impulse **52** mit abnehmender Energiedichte auf. Ein derartiges Energiedichteprofil für eine Gruppe **50** wäre zum Auskehren der Unterseite der Verbindungsleitung ohne das Risiko einer Beschädigung eines besonders empfindlichen Werkstückes nützlich. Sequentielle Gruppen **50** können unterschiedliche Spitzenleistungs- und Energiedichteprofile aufweisen, insbesondere wenn Verbindungsleitungen **22** mit unterschiedlichen Eigenschaften bearbeitet werden.

[0037] **Fig. 5** zeigt eine bevorzugte Ausführungsform eines vereinfachten Lasersystems **60** mit einem gütegeschalteten und/oder CW-Mode-Locked-Laser **64** zum Erzeugen von Gruppen **50** von Laserimpul-

sen **52**, die zum Erzielen einer Verbindungsleitungsabtrennung gemäß der vorliegenden Erfindung erwünscht sind. Bevorzugte Laserwellenlängen von ungefähr 150 nm bis 2000 nm enthalten, ohne darauf beschränkt zu sein, 1,3, 1,064 oder 1,047, 1,03–1,05, 0,75–0,85 μm oder deren zweiten, dritten, vierten oder fünften Harmonischen von Nd:YAG, Nd:YLF, Nd:YVO₄, Yb:YAG oder Ti:Saphir-Lasern **64**. Fachleute werden anerkennen, daß Laser, die bei anderen geeigneten Wellenlängen emittieren, käuflich erhältlich sind, einschließlich Glasfaserlaser, und benutzt werden können.

[0038] Das Lasersystem **60** ist hierin lediglich beispielhaft zu einem Nd:YAG-Laser **64** mit zweiter Harmonischer (532 nm) ausgebildet, da die Frequenzverdopplungselemente entfernt werden können, um die Oberschwingungskonversion zu beseitigen. Der Nd:YAG- oder andere Festkörperlaser **64** wird vorzugsweise von einer Laserdiode **70** oder einem laserdiodengepumpten Festkörperlaser gepumpt, deren/dessen Emission **72** von Linsenkomponenten **74** in den Laserresonator **82** fokussiert wird. Der Laserresonator **82** enthält vorzugsweise ein Lasermaterial **84**, vorzugsweise mit einer kurzen Absorptionslänge, und einen zwischen einem Fokussier/Umlenkspiegel **76** und einem Ausgabekopplungsspiegel **78** entlang einer optischen Achse **90** positionierten Güteschalter **86**. Eine Apertur **100** kann auch zwischen dem Lasermaterial **84** und dem Ausgabekopplungsspiegel **78** positioniert werden. Der Ausgabekopplungsspiegel **78** ist teilweise reflektierend und wirkt als ein Ausgabekoppler, aber kann auch oder alternativ gestaltet sein, um einen Teil des Lichts zu einer Halbleiterspiegelanordnung mit sättigungsfähigem Absorber (nicht gezeigt) zur Modenkopplung des Lasers **64** zu reflektieren. Der Spiegel **78** leitet die Resonatorausgabe **96** entlang der optischen Achse **98**.

[0039] Ein Frequenzverdoppler **102** ist vorzugsweise außerhalb des Resonators **82** plaziert, um die Laserstrahlfrequenz in die Laserausgabe **104** mit zweiter Oberschwingung umzuwandeln. Fachleute werden anerkennen, daß dort, wo eine Oberschwingungskonversion benutzt wird, eine Ausblendeinrichtung **106**, wie zum Beispiel E-O- oder A-E-Einrichtung vor der Oberschwingungskonversionsvorrichtung positioniert werden kann, um die Laserimpulsenergie der Oberschwingung auszublenden oder fein zu steuern.

[0040] Fachleute werden anerkennen, daß jede der zweiten, dritten oder vierten Oberschwingungen von Nd:YAG (**532** nm, 355 nm, 266 nm); Nd:YLF (524 nm, 349 nm, 262 nm) oder die zweiten Oberschwingung von Ti:Saphir (375–425 nm) verwendet werden kann, um bestimmte Typen von Verbindungsleitungen **22** unter Verwendung von geeigneten allgemein bekannten Oberschwingungskonversionstechniken vorzugsweise zu bearbeiten. Oberschwingungskonversionsprozesse sind auf den Seiten 138–141 in V.G. Dmitriev, et al., "Handbook of Nonlinear Optical Crystals", Springer-Verlag, New York, 1991 ISBN

3-540-53547-0 beschrieben.

[0041] Die Laserausgabe **104** (unabhängig von der Wellenlänge) kann durch eine Vielzahl von herkömmlichen optischen Komponenten **116** und **118** manipuliert werden, die entlang eines Strahlengangs **120** positioniert sind. Die Komponenten **116** und **118** können einen Strahlaufweiter oder andere laseroptische Komponenten zum Kollimieren der Laserausgabe **104** und Erzeugen eines Strahls mit nützlichen Ausbreitungseigenschaften einschließen. Ein oder mehrere Strahlreflexionsspiegel **122**, **124**, **126** und **128** werden optional benutzt und sind bei der gewünschten Laserwellenlänge hoch reflektierend, aber bei den nicht benutzten Wellenlängen hoch durchlässig, so daß nur die gewünschte Laserwellenlänge die Verbindungsleitungsstruktur **36** erreichen wird. Eine Fokussierlinse **130** benutzt vorzugsweise eine F1-, F2- oder F3-Einzelkomponente oder ein Mehrkomponentenlinsensystem, das/die die kollimierte gepulste Lasersystemausgabe **140** fokussiert, um eine fokussierte Lichtfleckgröße **40** zu erzeugen, die größer als die Verbindungsleitungsbreite **38** ist, sie umfaßt, und vorzugsweise geringer als 2 µm im Durchmesser oder kleiner in Abhängigkeit von der Wellenlänge ist.

[0042] Ein bevorzugtes Strahlpositioniersystem **62** ist ausführlich in dem U.S.-Patent Nr. 4,532,402 von Overbeck beschrieben. Das Strahlpositioniersystem **62** benutzt vorzugsweise eine Lasersteuereinrichtung **160**, die mindestens zwei Plattformen beziehungsweise Tische (gestapelt oder unterteilte Achse) steuert und mit Reflektoren **122**, **124**, **126** und **128** koordiniert, um die Lasersystemausgabe **140** auf eine gewünschte Laserverbindungsleitung **22** auf einem IC-Baustein beziehungsweise Werkstück **12** zu zielen und zu fokussieren. Das Strahlpositioniersystem **62** gestattet eine schnelle Bewegung zwischen Verbindungslinien **22** auf dem Werkstück **12**, um einzigartige Verbindungsleitungsabtrennvorgänge fliegend basierend auf bereitgestellten Test- oder Designdaten zu bewirken.

[0043] Die Positionsdaten lenken vorzugsweise den fokussierten Laserlichtfleck **38** über das Werkstück **12** zur Zielverbindungsleitungsstruktur **36** mit einer Gruppe **50** von Laserimpulsen **52** der Lasersystemausgabe **140** zum Entfernen der Verbindungsleitung **22**. Das Lasersystem **60** trennt vorzugsweise jede Verbindungsleitung **22** fliegend mit einer einzigen Gruppe **50** von Laserimpulsen **52** ab, ohne das Strahlpositioniersystem **62** über irgendeiner Verbindungsleitung **22** anzuhalten, so daß ein hoher Durchsatz erzielt wird. Da die Gruppen **50** weniger als ungefähr 1000 ns betragen, wird jede Gruppe **50** wie ein Einzelimpuls von dem Positioniersystem **62**, in Abhängigkeit von der Rastergeschwindigkeit des Positioniersystems **62**, behandelt. Wenn zum Beispiel ein Positioniersystem **62** eine hohe Geschwindigkeit von ungefähr 200 mm pro Sekunde aufweist, dann würde eine typische Verschiebung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Laserlichtflecken **38** typischerweise weniger als 0,2 µm und vorzugsweise weniger als

0,06 µm während eines bevorzugten Zeitintervalls der Gruppe **50** betragen, so daß zwei oder mehr aufeinanderfolgende Lichtflecken **38** sich im wesentlichen überlappen würden und jeder der Lichtflecken **38** die Verbindungsleitungsbreite **28** vollständig abdecken würde. Zusätzlich zur Steuerung der Wiederholungsfrequenz ist der Zeitversatz zwischen dem Beginn der Impulse **52** innerhalb einer Gruppen **50** typischerweise kürzer als 1000 ns, bevorzugter kürzer als 500 ns und am bevorzugsten zwischen ungefähr 5 ns und 300 ns und kann er durch Steuerung der Güteschaltungsstafelung, Lasersynchronisation oder Techniken zur Verzögerung des optischen Weges, wie später beschrieben, programmierbar sein. Bevorzugte Gruppen **50** schließen 2 bis 50 Impulse **52** und bevorzugter 2 bis 10 Impulse **52** ein.

[0044] Die Lasersteuereinrichtung **160** ist mit Anweisungen bezüglich der gewünschten Energie und Impulsbreite der Laserimpulse **52**, der Anzahl von Impulsen **52** und/oder Gestalt und Dauer von Gruppen **50** entsprechend den Eigenschaften der Verbindungsleitungsstrukturen **36** versehen. Die Lasersteuereinrichtung **160** kann durch Zeitdaten beeinflusst werden, die die Auslösung des Lasersystems **60** mit der Bewegung der Plattformen synchronisieren, wie dies zum Beispiel in dem U.S.-Pat. Nr. 5,453,594 von Konecny für Strahlpositionier- und -emissionskoordinatensystem beschrieben ist. Alternativ werden Fachleute anerkennen, daß die Lasersteuereinrichtung **160** zur Modulation von Laserenergie außerhalb des Resonators über eine E-O- oder eine A-O-Einrichtung **106** verwendet werden kann und/oder optional eine oder mehrere Untersteuereinrichtungen **164** anweisen kann, die den Güteschalter **86** oder Ausblendeinrichtung **160** steuern. Das Strahlpositioniersystem **62** kann alternativ oder zusätzlich die Verbesserungen beziehungsweise Strahlpositioniereinrichtungen benutzen, die in dem U.S.-Pat. Nr. 5,751,585 von Cutler et al. oder U.S.-Pat. Nr. 6,430,465 B2 von Cutler beschrieben sind, die auf den Rechtsnachfolger der vorliegenden Anmeldung übertragen sind. Andere Festkopf-, Schnellstellkopf-, wie zum Beispiel Galvanometer, piezoelektrische oder sprachgesteuerte Spiegel, oder von einem Linearmotor angetriebene herkömmliche Positioniersysteme oder diejenigen, die in den von Electro Scientific Industries, Inc. (ESI), Portland, Oregon, hergestellten Modellserien 9300 oder 9000 verwendeten, könnten auch benutzt werden.

[0045] **Fig. 6A** stellt ein Energiedichteprofil einer typischen Laserausgabe von einem zum Verbindungsleitungsblasen verwendeten herkömmlichen Laser dar. **Fig. 6B** stellt ein Energiedichteprofil einer Gruppe SOc von Laserimpulsen **52c₁** und **52c₂** dar, die von einem Lasersystem **60** (mit oder ohne Modenkopplung) emittiert sind, das einen schrittgesteuerten Güteschalter **86** aufweist. Fachleute werden anerkennen, daß der Güteschalter alternativ absichtlich verstellt sein kann, um mehr als einen Laserimpuls **52** zu erzeugen. Die Gruppe **50c** stellt eine von einer

Vielzahl von unterschiedlichen Energiedichteprofilen dar, die vorteilhafterweise benutzt werden können, um Verbindungsleitungen **22** von Verbindungsleitungsstrukturen **36** mit unterschiedlichen Typen und Dicken von Verbindungsleitungs- beziehungsweise Passivierungsmaterialien abzutrennen. Die Gestalt der Gruppe **50c** kann alternativ durch Programmieren der Spannung an einer E-O- oder A-O-Ausblendeinrichtung oder durch Verwendung und Änderung der Drehung eines Polarisators ausgebildet werden. [0046] **Fig. 7** zeigt eine Graphik der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit für ein beispielhaftes RF-Signal **54**, das an einen schrittgesteuerten Güteschalter **86** gelegt ist. Anders als bei der typischen Laser-Güteschaltung, die ein Alles- oder Nichts-RF-Signal verwendet und einen einzigen Laserimpuls (typischerweise gestattet eine Beseitigung des RF-Signals, daß der Impuls zu erzeugen ist) zum Bearbeiten einer Verbindungsleitung **22** ergibt, verwendet schrittgesteuerte Güteschaltung einen oder mehrere Zwischenmengen des RF-Signals **54** zum Erzeugen von einem oder mehreren schnell aufeinanderfolgenden Impulsen **52c₃** und **52c₄**, wie die in **Fig. 8** gezeigten, die eine Graphik der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit zeigt. Unter Bezugnahme auf die **Fig. 7** und **8** reicht der RF-Pegel **54a** aus, um eine Erzeugung eines Laserimpulses **52c** zu verhindern. Das RF-Signal **54** wird auf einen Zwischen-RF-Pegel **54b** reduziert, der die Erzeugung des Laserimpulses **52c₃** zuläßt, und danach wird das RF-Signal **54** auf den RF-Pegel **54c** gedrückt, um die Erzeugung des Laserimpulses **52c₄** zuzulassen. Die schrittgesteuerte Güteschaltungstechnik verursacht, daß der Laserimpuls **52c₃** eine momentane Spitzenleistung aufweist, die geringer als diejenige eines bestimmten einzelnen nicht güteschrittgesteuerten Laserimpulses ist und die Erzeugung von zusätzlichen Laserimpulsen) **52c₄** mit momentanen Spitzenleistungen zuläßt, die auch geringer als diejenigen der bestimmten einzelnen nicht güteschrittgeschalteten Laserimpulsen sind. Die Höhe und Dauer des RF-Signals **54** beim RF-Pegel **54b** kann verwendet werden, um die momentanen Spitzenleistungen der Impulse **52c₃** und **52c₄** sowie den Zeitversatz zwischen den Laserimpulsen **52** in jeder Gruppe **50** zu steuern. Es können mehr als zwei Laserimpulse **52c** in jeder Gruppe **50c** erzeugt werden, und die Laserimpulse **52c** können gleiche oder ungleiche Amplituden innerhalb oder zwischen Gruppen **50c** durch Einstellen der Anzahl von Schritten und Dauer des RF-Signals **54** aufweisen.

[0047] **Fig. 9** zeigt ein vereinfachtes Schemadiagramm einer alternativen Ausführungsform eines Lasersystems **60a**, das einen gütegeschalteten Laser **64** (mit oder ohne CW-Modenkopplung) nutzt und einen optischen Verzögerungsweg **170** aufweist, der zum Beispiel vom Strahlengang **120** abweicht. Der optische Verzögerungsweg **170** verwendet vorzugsweise einen Strahlteiler **172**, der entlang des Strahlengangs **120** positioniert ist. Der Strahlteiler **172** teilt einen Teil des Laserlichts vom Strahlengang **120** und

bewirkt, daß ein Teil des Lichts sich entlang des Strahlengangs **120a** ausbreitet und ein Teil des Lichts sich entlang des optischen Verzögerungsweges **170** zu den Reflexionsspiegeln **174a** und **174b**, durch eine optionale $\lambda/2$ -Wellenlängenplatte **176** und danach zur Kombiniereinrichtung **178** ausbreitet. Die Kombiniereinrichtung **178** ist entlang des Strahlengangs **120** hinter dem Strahlteiler **172** positioniert und führt den optischen Verzögerungsweg **170** mit dem Strahlengang **120a** in einem einzigen Strahlengang **120b** zusammen. Fachleute werden anerkennen, daß der optische Verzögerungsweg **170** an einer Vielzahl von anderen Orten zwischen dem Laser **64** und der Verbindungsleitungsstruktur **36**, wie zum Beispiel zwischen dem Ausgabekopplungsspiegel **78** und der optischen Komponente **116**, positioniert werden kann und zahlreiche Spiegel **174** enthalten kann, die um zahlreiche Strecken beabstandet sind.

[0048] Die **Fig. 10A–10D** zeigen jeweilige Graphiken der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit für beispielhafte Laserimpulse **52d**, die sich entlang der optischen Wege **120**, **120a**, **120b** und **170** des in **Fig. 9** gezeigten Lasersystems **60a** ausbreiten. Unter Bezugnahme auf die **Fig. 9** und **10A–10D** zeigt die **Fig. 10A** die Graphik der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit für eine Laserausgabe **96**, die sich entlang des Strahlengangs **120** ausbreitet. Der Strahlteiler **172** teilt die Laserausgabe **96** vorzugsweise in gleiche Laserimpulse **52d₁** von **Fig. 10B** und **52d₂** von **Fig. 10c** (generische Laserimpulse **52d**), die sich jeweils entlang des optischen Weges **120a** und optischen Verzögerungsweges **170** ausbreiten. Nach Treten durch die optionale $\lambda/2$ -Wellenlängenplatte **176** tritt der Laserimpuls **52d₂** durch die Kombiniereinrichtung **178**, wo er mit dem sich entlang des optischen Weges **120b** ausbreitenden Laserimpuls **52d₁** wieder verbunden wird. **Fig. 10D** zeigt die resultierende Graphik der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit für die sich entlang des optischen Weges **120b** ausbreitenden Laserimpulse **52d₁** und **52d₂**. Da der optische Verzögerungsweg **170** länger als der Strahlengang **120a** ist, tritt der Laserimpuls **52d₂** entlang des Strahlengangs **120b** zu einem späteren Zeitpunkt als **52d₁** auf.

[0049] Fachleute werden anerkennen, daß die relative Leistung der Impulse **52** in Bezug zueinander durch Einstellen der Grade der von dem Strahlteiler **172** zugelassenen Reflexion und/oder Transmission eingestellt werden kann. Besagte Einstellungen würden modulierte Profile, wie die diskutierten oder in den Profilen **50c** präsentierten, zulassen. Fachleute werden auch anerkennen, daß die Länge des optischen Verzögerungsweges **170** eingestellt werden kann, um den Zeitpunkt der jeweiligen Impulse **52d** zu steuern. Außerdem könnten zusätzliche Verzögerungswege mit unterschiedlichen Längen und/oder abhängiger Eigenschaft zum Einführen von zusätzlichen Impulsen mit einer Vielzahl von Zeitintervallen und Leistungen benutzt werden.

[0050] Fachleute werden anerkennen, daß eine

oder mehrere optische Dämpfungseinrichtungen entlang gemeinsamer Abschnitte des optischen Weges oder entlang eines oder beider verschiedener Abschnitte des optischen Weges positioniert werden können, um die momentane Spitzenleistung der Laserausgabeimpulse weiter zu steuern. Zusätzlich können unterschiedliche optische Wege verwendet werden, um Impulse **52** mit unterschiedlichen Lichtfleckgrößen innerhalb einer Gruppe **50** zu erzeugen.

[0051] **Fig. 11** zeigt ein vereinfachtes Schemadiagramm einer alternativen Ausführungsform eines Lasersystems **60b**, das zwei oder mehr Laser **64a** und **64b** (allgemein Laser **64**) zur Implementierung der vorliegenden Erfindung verwendet, und die **Fig. 12A-12C** zeigen jeweilige Graphiken der Leistung in Abhängigkeit von der Zeit für beispielhafte Laserimpulse **52e₁** und **52e₂** (allgemein **52e**), die sich entlang optischer Wege **120c**, **120d** und **120e** des in **Fig. 11** gezeigten Lasersystems **60b** ausbreiten. Unter Bezugnahme auf die **Fig. 11** und **12A-12C** sind die Laser **64** vorzugsweise gütegeschaltete Laser **64** (vorzugsweise nicht CWmodengekoppelt) von vorangehend erörterten oder allgemein auf dem Gebiet bekannten Bauarten und können sie von derselben Bauart oder von unterschiedlichen Bauarten sein. Fachleute werden anerkennen, daß Laser **64** vorzugsweise von derselben Bauart sind und deren Parameter vorzugsweise gesteuert werden, um ähnliche Lichtfleckgrößen, Impulsenergien und Spitzenleistungen zu erzeugen. Die Laser **64** können durch Synchronisierelektroniken **180** ausgelöst werden, so daß die Laserausgaben um ein gewünschtes oder programmierbares Zeitintervall getrennt sind. Ein bevorzugtes Zeitintervall schließt ungefähr 5 ns bis ungefähr 1000 ns ein.

[0052] Der Laser **64a** emittiert einen Laserimpuls **52e₁**, der sich entlang des optischen Weges **120c** ausbreitet und danach durch eine Kombiniereinrichtung **178** tritt, und der Laser **64b** emittiert einen Laserimpuls **52e₂**, der sich entlang des optischen Weges **120d** ausbreitet und danach durch eine optionale $\lambda/2$ -Wellenlängenplatte **176** und die Kombiniereinrichtung **178** tritt, so daß sich beide Laserimpulse **52e₁** und **52e₂** entlang des optischen Weges **120e** ausbreiten, aber zeitlich getrennt sind, um eine Gruppe **SOe** von Laserimpulsen mit einem in **Fig. 12C** gezeigten Leistung/Zeit-Profil zu erzeugen.

[0053] In Bezug auf alle Ausführungsformen trennt vorzugsweise jede Gruppe **50** eine einzelne Verbindungsleitung **22** ab. In den meisten Anwendungen ist das Energiedichteprofil jeder Gruppe **50** identisch. Wenn jedoch ein Werkstück **12** unterschiedliche Typen (unterschiedliche Materialien oder unterschiedliche Abmessungen) von Verbindungsleitungen **22** enthält, dann kann eine Vielzahl von Energiedichteprofilen (Höhen und Längen sowie Formen) angewandt werden, wenn das Positioniersystem **62** über dem Werkstück **12** scannt.

[0054] Angesichts des vorangehenden bietet die Bearbeitung von Verbindungsleitungen mit Gruppen

50 von Laserimpulsen **52** ein breiteres Bearbeitungsfenster und eine überlegene Qualität der abgetrennten Verbindungsleitungen als eine herkömmliche Bearbeitung von Verbindungsleitungen, ohne daß dies zu Lasten des Durchsatzes geht. Die Vielseitigkeit der Impulse **52** in den Gruppen **50** läßt einen besseren Zuschnitt auf besondere Verbindungsleitungseigenschaften zu.

[0055] Da jeder Laserimpuls **52** in der Laserimpulsgruppe **50** eine geringere Laserenergie aufweist, besteht ein geringeres Risiko einer Schädigung der benachbarten Passivierung und des Siliziumsubstrats **42**. Zusätzlich zu herkömmlichen Verbindungsleitungsblas-IR-Laserwellenlängen können auch Laserwellenlängen, die kürzer als das IR sind, für den Prozeß mit dem zusätzlichen Vorteil von kleineren Laserstrahllichtfleckgrößen verwendet werden, auch wenn die Absorption des Siliziumwafers bei den kürzeren Wellenlängen höher als bei den herkömmlichen IR-Wellenlängen ist. Somit wird die Bearbeitung von schmalen und dichteren Verbindungsleitungen erleichtert. Diese bessere Auflösung bei der Entfernung von Verbindungsleitungen gestattet, daß Verbindungsleitungen **22** dichter zueinander zu positionieren sind, wodurch die Schaltkreisdichte erhöht wird. Obwohl die Verbindungsleitungsstrukturen **36** herkömmliche Größen aufweisen können, kann die Verbindungsleitungsbreite **28** zum Beispiel geringer als oder gleich ungefähr $0,5\ \mu\text{m}$ sein. In ähnlicher Weise können die Passivierungsschichten **44** über oder unter den Verbindungsleitungen **22** mit von den traditionellen SiO_2 und SiN verschiedenem Material, wie zum Beispiel dem Material mit niedrigem k , hergestellt werden, oder können sie, falls gewünscht, modifiziert werden, so daß sie von einer typischen Höhe abweichen, da die Gruppen **50** von Impulsen **52** zugeschnitten werden können und da es ein geringeres Schädigungsrisiko für die Passivierungsstruktur gibt. Zusätzlich kann der Mitte-zu-Mitte-Abstand **32** zwischen Verbindungsleitungen **22**, die mit Gruppen **50** von Laserimpulsen **52** bearbeitet werden, wesentlich kleiner als der Abstand **32** zwischen Verbindungsleitungen **22**, die von einem herkömmlichen IR-Laserstrahl-Abtrennimpuls geblasen werden, sein. Die Verbindungsleitung **22** kann sich zum Beispiel innerhalb einer Entfernung von $2,0\ \mu\text{m}$ oder weniger von anderen Verbindungsleitungen **22** oder benachbarten Schaltkreisstrukturen **34** befinden.

[0056] Es wird für Fachleute auf dem Gebiet offensichtlich sein, daß viele Änderungen an den Details der oben beschriebenen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgenommen werden können, ohne von den derselben zugrundeliegenden Prinzipien abzuweichen. Der Schutzbereich der vorliegenden Erfindung sollte somit nur durch die folgenden Ansprüche bestimmt werden.

Zusammenfassung

[0057] Eine Gruppe (**50**) von Laserimpulsen (**52**)

wird zum Abtrennen einer leitfähigen Verbindungsleitung (22) in einem Speicher oder anderen IC-Chip benutzt. Die Dauer der Gruppe (50) ist vorzugsweise kürzer als 500 ns; und die Pulsbreite jedes Laserimpulses (52) in der Gruppe (50) liegt vorzugsweise innerhalb eines Bereiches von ungefähr 0,1 ps bis 30 ns. Die Gruppe (50) kann als ein einziger "Impuls" von herkömmlichen Laserpositioniersystemen (62) behandelt werden, um ein fliegendes Entfernen der Verbindungsleitung ohne Anhalten durchzuführen, jedesmal wenn das Lasersystem (60) eine Gruppe (50) von Laserimpulsen (52) auf jede Verbindungsleitung (22) auslöst. Es können herkömmliche IR-Wellenlängen oder deren Harmonische benutzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abtrennen von elektrisch leitfähigen überzähligen Speicher- oder IC-Verbindungsleitungen, die zwischen jeweiligen Paaren von elektrisch leitfähigen Kontakten in einem auf einem Substrat hergestellten Schaltkreis positioniert sind, wobei jede Verbindungsleitung eine Verbindungsleitungsbreite aufweist, umfassend:

Versorgen einer Strahlpositioniereinrichtung mit Strahlpositionierdaten, die einen oder mehreren Orte von elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen in dem Schaltkreis repräsentieren, wobei die Strahlpositioniereinrichtung eine Relativbewegung zwischen einer Laserlichtfleckposition und dem Substrat koordiniert;

Erzeugen, von einem ersten Laser, mindestens eines ersten Laserausgabeimpulses mit einer Impulsbreite von zwischen ungefähr 25 Picosekunden und 30 Nanosekunden während eines ersten Zeitintervalls, das kürzer als ungefähr 1000 Nanosekunden ist, wobei der erste Laserausgabeimpuls auch einen ersten Laserlichtfleck mit einer Lichtfleckgröße aufweist, die größer als die Verbindungsleitungsbreite ist;

Lenken des ersten Laserausgabeimpulses, entsprechend den Strahlpositionierdaten, so daß der erste Laserlichtfleck auf einen ersten Ort einer ersten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung zwischen ersten Kontakten trifft;

Erzeugen, von einem zweiten Laser, mindestens eines zweiten Laserausgabeimpulses mit einer Impulsbreite von zwischen ungefähr 25 Picosekunden und 30 Nanosekunden während des ersten Zeitintervalls, wobei der zweite Laserausgabeimpuls auch einen zweiten Laserlichtfleck mit einer Lichtfleckgröße aufweist, die größer als die Verbindungsleitungsbreite ist;

Lenken des zweiten Laserausgabeimpulses, entsprechend den Strahlpositionierdaten, so daß der zweite Laserlichtfleck auf den ersten Ort der ersten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung trifft derart, daß sich die ersten und zweiten Laserlichtflecke im wesentlichen überlappen und die ersten und zweiten Laserausgabeimpulse zum Entfernen der ersten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung beitragen;

Erzeugen, vom ersten Laser, mindestens eines dritten Laserausgabeimpulses mit einer Impulsbreite von zwischen ungefähr 25 Picosekunden und 30 Nanosekunden während eines zweiten Zeitintervalls, das kürzer als 1000 Nanosekunden und vom ersten Zeitintervall zeitverschoben ist, wobei der dritte Laserausgabeimpuls auch einen dritten Laserlichtfleck mit einer Lichtfleckgröße aufweist, die größer als die Verbindungsleitungsbreite ist;

Lenken des dritten Laserausgabeimpulses, entsprechend den Strahlpositionierdaten, so daß der dritte Laserlichtfleck auf einen zweiten Ort einer zweiten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung zwischen zweiten Kontakten trifft, der vom ersten Ort verschieden ist;

Erzeugen, vom zweiten Laser, mindestens eines vierten Laserausgabeimpulses mit einer Impulsbreite von zwischen ungefähr 25 Picosekunden und 30 Nanosekunden während des zweiten Zeitintervalls, wobei der vierte Laserausgabeimpuls auch einen vierten Laserlichtfleck mit einer Lichtfleckgröße aufweist, die größer als die Verbindungsleitungsbreite ist; und Lenken des vierten Laserausgabeimpulses, entsprechend den Strahlpositionierdaten, um auf den zweiten Ort der zweiten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung zu treffen derart, daß sich die dritten und vierten Laserlichtflecke im wesentlichen überlappen und die dritten und vierten Laserausgabeimpulse zum Entfernen der zweiten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung beitragen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, in dem die Strahlpositioniereinrichtung eine im wesentlichen kontinuierliche Relativbewegung zwischen der Laserlichtfleckposition und dem Substrat erteilt, so daß die elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen fliegend bearbeitet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, in dem die elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen einen Teil von jeweiligen Verbindungsleitungsstrukturen bilden, das mit den Verbindungsleitungsstrukturen verbundene Substrat Energie- und Spitzenleistungsschädigungsschwellenwerte aufweist und jeder der Laserausgabeimpulse eine Energie und Spitzenleistung aufweist, die geringer als die jeweiligen Energie- und Spitzenleistungsschädigungsschwellenwerte sind.

4. Verfahren nach Anspruch 1, in dem die elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen einen Teil von jeweiligen Verbindungsleitungsstrukturen bilden, das mit den Verbindungsleitungsstrukturen verbundene Substrat Energie- und Spitzenleistungsschädigungsschwellenwerte aufweist und jeder der Laserausgabeimpulse eine Energie und Spitzenleistung aufweist, die geringer als die jeweiligen Energie- und Spitzenleistungsschädigungsschwellenwerte sind.

5. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, in dem die Laserimpulse von jedem Laser die

Verbindungsleitungsbreite der elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung, die die Laserimpulse bearbeiten, vollständig umfassen.

6. Verfahren nach Anspruch 1, in dem die Laserausgabeimpulse von den ersten und zweiten Lasern sich entlang optischer Wege ausbreiten, die sich einen im wesentlichen kollinearen gemeinsamen Abschnitt teilen.

7. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1, in dem die Laserausgabeimpulse eine Impulsbreite von zwischen ungefähr 5 Nanosekunden und 20 Nanosekunden aufweisen.

8. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend: Erzeugen der Laserausgabeimpulse mit einer Wiederholungsfrequenz, so daß ein Verzögerungsintervall zwischen den ersten und zweiten Zeitintervallen kürzer als 0,1-Millisekunden ist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, in dem mindestens eine der elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen von einer aufliegenden Passivierungsschicht bedeckt ist.

10. Verfahren nach Anspruch 1, in dem mindestens eine der elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen nicht von einer aufliegenden Passivierungsschicht bedeckt ist.

11. Verfahren nach Anspruch 1, in dem mindestens eine der elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen Aluminium, Chromid, Kupfer, Polysilizium, Disilicid, Gold, Nickel, Nickelchromid, Platin, Polycid, Tantalnitrid, Titan, Titannitrid, Wolfram oder Wolframsilicid umfaßt.

12. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend Erzeugen der Laserausgabeimpulse mit einer Wellenlänge zwischen ungefähr 150 nm und 2000 nm.

13. Verfahren nach Anspruch 1, in dem die Lichtfleckgrößen der Laserlichtflecke von den Laserausgabeimpulsen der ersten und zweiten Laser dieselben sind.

14. Verfahren nach Anspruch 1, in dem die Lichtfleckgrößen der Laserlichtflecke von den Laserausgabeimpulsen der ersten und zweiten Laser verschieden sind.

15. Verfahren nach Anspruch 1, in dem die Laserausgabeimpulse während der ersten und zweiten Zeitintervalle ähnliche Spitzenleistungsprofile und ähnliche Energiedichteprofile aufweisen.

16. Verfahren nach Anspruch 1, in dem jeder der Laserausgabeimpulse während des ersten Zeitinter-

valls näherungsweise dieselbe Energie und näherungsweise dieselbe Spitzenleistung aufweist.

17. Verfahren nach Anspruch 1, in dem mindestens zwei der Laserausgabeimpulse während des ersten Zeitintervalls unterschiedliche Energien und unterschiedliche Spitzenleistungen aufweisen.

18. Verfahren nach Anspruch 1, in dem ein Zeitversatz zwischen dem Beginn der ersten und zweiten Laserausgabeimpulse programmierbar ist.

19. Verfahren nach Anspruch 1, in dem ein Zeitversatz zwischen dem Beginn der ersten und zweiten Laserausgabeimpulse innerhalb ungefähr 5 bis 500 ns liegt.

20. Verfahren nach Anspruch 1, in dem jeder der Laserausgabeimpulse eine Laserenergie von ungefähr 0,005–1 Mikrojoule aufweist.

21. Verfahren zum Abtrennen von elektrisch leitfähigen überzähligen Speicher- oder IC-Verbindungsleitungen, die zwischen jeweiligen Paaren von elektrisch leitfähigen Kontakten in einem auf einem Substrat hergestellten Schaltkreis positioniert sind, wobei jede Verbindungsleitung eine Verbindungsleitungsbreite aufweist, umfassend:

Vorsorgen einer Strahlpositioniereinrichtung mit Strahlpositionierdaten, die einen oder mehrere Orte von elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen in dem Schaltkreis repräsentieren, wobei die Strahlpositioniereinrichtung eine Relativbewegung zwischen einer Laserlichtfleckposition und dem Substrat koordiniert;

Erzeugen von einem Laser mindestens eines ersten Laserimpulses mit einer Impulsbreite von zwischen ungefähr 25 Picosekunden und 30 Nanosekunden während eines ersten Zeitintervalls, das kürzer als 1000 Nanosekunden ist,

Ausbreiten des ersten Laserimpulses entlang eines ersten optischen Weges;

Aufteilen des ersten Laserimpulses in erste und zweite Laserausgabeimpulse, so daß sich der erste Laserausgabeimpuls entlang des ersten optischen Weges ausbreitet und sich der zweite Laserausgabeimpuls entlang eines zweiten optischen Weges ausbreitet, wobei die ersten und zweiten Laserausgabeimpulse auch jeweilige erste und zweite Laserlichtflecke mit Lichtfleckgrößen aufweisen, die größer als die Verbindungsleitungsbreite sind;

Lenken des ersten Laserausgabeimpulses, entsprechend den Strahlpositionierdaten, so daß der erste Laserlichtfleck auf einen ersten Ort einer ersten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung zwischen ersten Kontakten während des ersten Zeitintervalls trifft; Lenken des zweiten Laserausgabeimpulses, so daß der zweite Laserausgabeimpuls auf den ersten Ort der ersten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung während des ersten Zeitintervalls trifft derart, daß

sich die ersten und zweiten Laserlichtflecke im wesentlichen überlappen und die ersten und zweiten Laserausgabeimpulse zum Entfernen der ersten leitfähigen Verbindungsleitung beitragen, wobei der zweite optische Weg eine Eigenschaft aufweist, die bewirkt, daß der zweite Laserimpuls die erste elektrisch leitfähige Verbindungsleitung erreicht, nachdem der erste Laserimpuls die erste elektrisch leitfähige Verbindungsleitung erreicht;

Erzeugen vom Laser mindestens eines zweiten Laserimpulses mit einer Impulsbreite von zwischen ungefähr 25 Picosekunden und 30 Nanosekunden während eines zweiten Zeitintervalls, das kürzer als 1000 Nanosekunden ist;

Ausbreiten des zweiten Laserimpulses entlang des ersten optischen Weges;

Aufteilen des zweiten Laserimpulses in dritte und vierte Laserausgabeimpulse, so daß sich der dritte Laserausgabeimpuls entlang des ersten optischen Weges ausbreitet und sich der vierte Laserausgabeimpuls entlang des zweiten optischen Weges ausbreitet, wobei die dritten und vierten Laserausgabeimpulse auch jeweilige dritte und vierte Laserlichtflecke mit Lichtfleckgrößen aufweisen, die größer als die Verbindungsleitungsbreite sind;

Lenken des dritten Laserausgabeimpulses, entsprechend den Strahlpositionierdaten, so daß der dritte Laserlichtfleck auf einen zweiten Ort einer zweiten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung zwischen zweiten Kontakten während des zweiten Zeitintervalls trifft; und

Lenken des vierten Laserausgabeimpulses, so daß der vierte Laserlichtfleck auf den zweiten Ort der zweiten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung während des zweiten Zeitintervalls trifft derart, daß sich die dritten und vierten Laserlichtflecke im wesentlichen überlappen und die dritten und vierten Laserausgabeimpulse zum Entfernen der zweiten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung beitragen, wobei der zweite optische Weg eine Eigenschaft aufweist, die bewirkt, daß der vierte Laserimpuls die zweite leitfähige Verbindungsleitung erreicht, nachdem der dritte Laserimpuls die zweite elektrisch leitfähige Verbindungsleitung erreicht.

22. Verfahren nach Anspruch 21, in dem die Strahlpositioniereinrichtung eine im wesentlichen kontinuierliche Relativbewegung zwischen der Laserlichtfleckposition und dem Substrat erteilt, so daß die elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen fliegend bearbeitet werden.

23. Verfahren nach Anspruch 22, in dem die elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen einen Teil jeweiliger Verbindungsleitungsstrukturen bilden, das mit den Verbindungsleitungsstrukturen verbundene Substrat Energie- und Spitzenleistungsschädigungsschwellenwerte aufweist und jeder der Laserausgabeimpulse eine Energie und Spitzenleistung aufweist, die geringer als die jeweiligen Energie- und

Spitzenleistungsschädigungsschwellenwerte sind.

24. Verfahren nach Anspruch 21, in dem die elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen einen Teil jeweiliger Verbindungsleitungsstrukturen bilden, das mit den Verbindungsleitungsstrukturen verbundene Substrat Energie- und Spitzenleistungsschädigungsschwellenwerte aufweist und jeder der Laserausgabeimpulse eine Energie- und Spitzenleistung aufweist, die geringer als die jeweiligen Energie- und Spitzenleistungsschädigungsschwellenwerte sind.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 24, in dem die Laserimpulse von jedem Laser die Verbindungsleitungsbreite der elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung, die die Laserimpulse bearbeiten, vollständig umfassen.

26. Verfahren nach Anspruch 25, in dem jeder der Laserausgabeimpulse eine Laserenergie von ungefähr 0,005–1 Mikrojoule aufweist.

27. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 21, in dem die Laserausgabeimpulse eine Impulsbreite von zwischen ungefähr 5 Nanosekunden und 20 Nanosekunden aufweisen.

28. Verfahren nach Anspruch 21, ferner umfassend:

Erzeugen der Laserausgabeimpulse mit einer Wiederholungsfrequenz, so daß ein Verzögerungsintervall zwischen den ersten und zweiten Zeitintervallen kürzer als 0,1 Millisekunde ist.

29. Verfahren nach Anspruch 21, in dem mindestens eine der elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen von einer aufliegenden Passivierungsschicht bedeckt ist.

30. Verfahren nach Anspruch 21, in dem mindestens eine der elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen nicht von einer aufliegenden Passivierungsschicht bedeckt ist.

31. Verfahren nach Anspruch 21, in dem mindestens eine der elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen Aluminium, Chromid, Kupfer, Polysilizium, Disilicid, Gold, Nickel, Nickelchromid, Platin, Polycid, Tantalnitrid, Titan, Titannitrid, Wolfram oder Wolframsilicid umfaßt.

32. Verfahren nach Anspruch 21, ferner umfassend Erzeugen der Laserausgabeimpulse mit einer Wellenlänge zwischen ungefähr 150 nm und 2000 nm.

33. Verfahren nach Anspruch 21, in dem die Lichtfleckgrößen der Laserlichtflecke von den Laserausgabeimpulsen der ersten und zweiten Laser dieselben sind.

34. Verfahren nach Anspruch 21, in dem die Lichtfleckgrößen der Laserlichtfleck von den Laserausgabeimpulsen der ersten und zweiten Laser unterschiedlich sind.

35. Verfahren nach Anspruch 21, in dem die Laserausgabeimpulse während der ersten und zweiten Zeitintervalle ähnliche Spitzenleistungsprofile und ähnliche Energiedichteprofile aufweisen.

36. Verfahren nach Anspruch 21, in dem jeder der Laserausgabeimpulse während des ersten Zeitintervalls näherungsweise dieselbe Energie und näherungsweise dieselbe Spitzenleistung aufweist.

37. Verfahren nach Anspruch 21, in dem mindestens zwei der Laserausgabeimpulse während des ersten Zeitintervalls unterschiedliche Energien und unterschiedliche Spitzenleistungen aufweisen.

38. Verfahren nach Anspruch 21, in dem ein Zeitversatz zwischen dem, wenn die ersten und die zweiten Laserausgabeimpulse den ersten Ort erreichen, einstellbar ist.

39. Verfahren nach Anspruch 21, in dem ein Zeitversatz zwischen dem, wenn die ersten und zweiten Laserausgabeimpulse den ersten Ort erreichen, innerhalb ungefähr 5 bis 500 ns liegt.

40. Verfahren nach Anspruch 21, in dem jeder der Laserausgabeimpulse eine Laserenergie von ungefähr 0,005–1 Mikrojoule aufweist.

41. Verfahren zum Abtrennen von elektrisch leitfähigen überzähligen Speicher- oder IC-Verbindungsleitungen, die zwischen jeweiligen Paaren von elektrisch leitfähigen Kontakten in einem auf einem Substrat hergestellten Schaltkreis positioniert sind, wobei jede Verbindungsleitung eine Verbindungsbreite aufweist, umfassend: Versorgen einer Strahlpositioniereinrichtung mit Strahlpositionierdaten, die einen oder mehrere Orte von elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen in dem Schaltkreis repräsentieren, wobei die Strahlpositioniereinrichtung eine Relativbewegung zwischen einer Laserlichtfleckposition und dem Substrat koordiniert; Reduzieren eines RF-Signals an einen Güteschalter von einem hohen RF-Pegel auf einen Zwischen-RF-Pegel, um von einem Laser mindestens einen ersten Laserausgabeimpuls mit einer Impulsbreite von zwischen ungefähr 25 Picosekunden und 30 Nanosekunden während eines ersten Zeitintervalls zu erzeugen, das kürzer als 1000 Nanosekunden ist, wobei der erste Laserausgabeimpuls auch einen ersten Laserlichtfleck mit einer Lichtfleckgröße aufweist, die größer als die Verbindungsbreite ist; Lenken des ersten Laserausgabeimpulses, entsprechend den Strahlpositionierdaten, so daß der erste Laserlichtfleck auf einen ersten Ort einer ersten elek-

trisch leitfähigen Verbindungsleitung zwischen ersten Kontakten trifft; Reduzieren des RF-Signals an den Güteschalter von dem Zwischen-RF-Pegel auf einen kleineren RF-Pegel, um mindestens einen zweiten Laserausgabeimpuls mit einer Impulsbreite von zwischen ungefähr 25 Picosekunden und 30 Nanosekunden während des ersten Zeitintervalls zu erzeugen, wobei der zweite Laserausgabeimpuls auch einen zweiten Laserlichtfleck mit einer Lichtfleckgröße aufweist, die größer als die Verbindungsbreite ist; Lenken des zweiten Laserausgabeimpulses, so daß der zweite Laserlichtfleck auf den ersten Ort der ersten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung trifft derart, daß sich die ersten und zweiten Laserlichtfleck im wesentlichen überlappen und die ersten und zweiten Laserausgabeimpulse zum Entfernen der ersten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung beitragen; Erhöhen des RF-Signals an den Güteschalter vom kleineren RF-Pegel auf den hohen RF-Pegel; Reduzieren des RF-Signals an den Güteschalter vom hohen RF-Pegel auf den Zwischen-RF-Pegel, um vom Laser mindestens einen dritten Laserausgabeimpuls mit einer Impulsbreitendauer von zwischen ungefähr 25 Picosekunden und 30 Nanosekunden während eines zweiten Zeitintervalls mit einer festgelegten Breitendauer von weniger als 1000 Nanosekunden zu erzeugen, wobei der dritte Laserausgabeimpuls auch einen dritten Laserlichtfleck mit einer Lichtfleckgröße aufweist, die größer als die Verbindungsbreite ist; Lenken des dritten Laserausgabeimpulses, entsprechend den Strahlpositionierdaten, so daß der dritte Laserlichtfleck auf einen zweiten Ort einer zweiten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung zwischen zweiten Kontakten trifft; Reduzieren des RF-Signals an den Güteschalter vom Zwischen-RF-Pegel auf den kleineren RF-Pegel, um mindestens einen vierten Laserausgabeimpuls mit einer Impulsbreitendauer von zwischen ungefähr 25 Picosekunden und 30 Nanosekunden während des zweiten Zeitintervalls zu erzeugen, wobei der vierte Laserausgabeimpuls auch einen vierten Laserlichtfleck mit einer Lichtfleckgröße aufweist, die größer als die Verbindungsbreite ist; und Lenken des vierten Laserausgabeimpulses, so daß der vierte Laserlichtfleck auf den zweiten Ort der zweiten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung trifft derart, daß sich die dritten und vierten Laserlichtfleck im wesentlichen überlappen und die dritten und vierten Laserausgabeimpulse zum Entfernen der zweiten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung beitragen.

42. Verfahren nach Anspruch 41, in dem die Strahlpositioniereinrichtung eine im wesentlichen kontinuierliche Relativbewegung zwischen der Laserlichtfleckposition und dem Substrat erteilt, so daß die elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen fliegend bearbeitet werden.

43. Verfahren nach Anspruch 42, in dem die elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen einen Teil von jeweiligen Verbindungsleitungsstrukturen bilden, das mit den Verbindungsleitungsstrukturen verbundene Substrat Energie- und Spitzenleistungsschädigungsschwellenwerte aufweist und jeder der Laserausgabeimpulse eine Energie und Spitzenleistung aufweist, die geringer als die jeweiligen Energie- und Spitzenleistungsschädigungsschwellenwerte sind.

44. Verfahren nach Anspruch 41, in dem die elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen einen Teil von jeweiligen Verbindungsleitungsstrukturen bilden, das mit den Verbindungsleitungsstrukturen verbundene Substrat Energie- und Spitzenleistungsschädigungsschwellenwerte aufweist und jeder der Laserausgabeimpulse eine Energie- und Spitzenleistung aufweist, die geringer als die jeweiligen Energie- und Spitzenleistungsschädigungsschwellenwerte sind.

45. Verfahren nach einem der Ansprüche 41 bis 44, in dem die Laserimpulse von jedem Laser die Verbindungsleitungsbreite der elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung, die die Laserimpulse bearbeiten, vollständig umfassen.

46. Verfahren nach Anspruch 45, in dem jeder der Laserausgabeimpulse eine Laserenergie von ungefähr 0,005–1 Mikrojoule aufweist.

47. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 41, in dem die Laserausgabeimpulse eine Impulsbreite von zwischen ungefähr 5 Nanosekunden und 20 Nanosekunden aufweisen.

48. Verfahren nach Anspruch 41, ferner umfassend:
Erzeugen der Laserausgabeimpulse mit einer Wiederholungsfrequenz, so daß ein Verzögerungsintervall zwischen den ersten und zweiten Zeitintervallen kürzer als 0,1 Millisekunde ist.

49. Verfahren nach Anspruch 41, in dem mindestens eine der elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen von einer aufliegenden Passivierungsschicht bedeckt ist.

50. Verfahren nach Anspruch 41, in dem mindestens eine der elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen nicht von einer aufliegenden Passivierungsschicht bedeckt ist.

51. Verfahren nach Anspruch 41, in dem mindestens eine der elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen Aluminium, Chromid, Kupfer, Polysilizium, Disilicid, Gold, Nickel, Nickelchromid, Platin, Polycid, Tantalnitrid, Titan, Titanitrid, Wolfram oder Wolframsilicid umfaßt.

52. Verfahren nach Anspruch 41, ferner umfassend

Erzeugen der Laserausgabeimpulse mit einer Wellenlänge zwischen ungefähr 150 nm und 2000 nm.

53. Verfahren nach Anspruch 45, in dem die Laserausgabeimpulse während der ersten und zweiten Zeitintervalle ähnliche Spitzenleistungsprofile und ähnliche Energiedichteprofile aufweisen.

54. Verfahren nach Anspruch 41, in dem jeder der Laserausgabeimpulse während des ersten Zeitintervalls näherungsweise dieselbe Energie und näherungsweise dieselbe Spitzenleistung aufweist.

55. Verfahren nach Anspruch 41, in dem die Laserausgabeimpulse während der ersten und zweiten Zeitintervalle ähnliche Spitzenleistungsprofile und ähnliche Energiedichteprofile aufweisen.

56. Verfahren nach Anspruch 45, in dem jeder der Laserausgabeimpulse während des ersten Zeitintervalls näherungsweise dieselbe Energie und näherungsweise dieselbe Spitzenleistung aufweist.

57. Verfahren nach Anspruch 41, in dem mindestens zwei der Laserausgabeimpulse während des ersten Zeitintervalls unterschiedliche Energien und unterschiedliche Spitzenleistungen aufweisen.

58. Verfahren nach Anspruch 41, in dem ein Zeitversatz zwischen dem Beginn der ersten und zweiten Laserausgabeimpulse programmierbar ist.

59. Verfahren nach Anspruch 41, in dem ein Zeitversatz zwischen dem Beginn der ersten und zweiten Laserausgabeimpulse innerhalb ungefähr 5 bis 500 ns liegt.

60. Verfahren nach Anspruch 41, in dem jeder der Laserausgabeimpulse eine Laserenergie von ungefähr 0,005–1 Mikrojoule aufweist.

61. Verfahren zum Abtrennen von elektrisch leitfähigen überzähligen Speicher- oder IC-Verbindungsleitungen, die zwischen jeweiligen Paaren von elektrisch leitfähigen Kontakten in einem auf einem Substrat hergestellten Schaltkreis positioniert sind, wobei jede Verbindungsleitung eine Verbindungsleitungsbreite aufweist, umfassend:

Vorsorgen einer Strahlpositioniereinrichtung mit Strahlpositionierdaten, die einen oder mehrere Orte von elektrisch leitfähigen Verbindungsleitungen in dem Schaltkreis repräsentieren, wobei die Strahlpositioniereinrichtung eine Relativbewegung zwischen einer Laserlichtfleckposition und dem Substrat koordiniert;

Erzeugen von einem Laser mit einer verstellten Güteschaltung von mindestens ersten und zweiten Laserimpulsen mit einer Impulsbreite von zwischen ungefähr 25 Picosekunden und 30 Nanosekunden wäh-

rend eines ersten Zeitintervalls, das kürzer als 1000 Nanosekunden ist, wobei die ersten und zweiten Laserausgabeimpulse auch jeweilige erste und zweiten Laserlichtflecke mit Lichtfleckgrößen aufweisen, die größer als die Verbindungsleitungsbreite sind;

Lenken des ersten und zweiten Laserausgabeimpulses, entsprechend den Strahlpositionierdaten, so daß die ersten und zweiten Laserlichtflecke auf einen ersten Ort einer ersten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung zwischen ersten Kontakten während des ersten Zeitintervalls treffen derart, daß sich die ersten und zweiten Laserlichtflecke im wesentlichen überlappen und die ersten und zweiten Laserausgabeimpulse zum Entfernen der ersten leitfähigen Verbindungsleitung beitragen;

Erzeugen vom Laser von mindestens dritten und vierten Laserausgabeimpulsen mit einer Impulsbreite von zwischen ungefähr 25 Picosekunden und 30 Nanosekunden während eines zweiten Zeitintervalls, das kürzer als 1000 Nanosekunden ist, wobei die dritten und vierten Laserausgabeimpulse auch jeweilige dritte und vierte Laserlichtflecke mit Lichtfleckgrößen aufweisen, die größer als die Verbindungsleitungsbreite sind; und

Lenken der dritten und vierten Laserausgabeimpulse, entsprechend den Strahlpositionierdaten, so daß die dritten und vierten Laserlichtflecke auf einen zweiten Ort einer zweiten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung zwischen zweiten Kontakten während des zweiten Zeitintervalls treffen, so daß sich die dritten und vierten Laserlichtflecke im wesentlichen überlappen und die dritten und vierten Laserausgabeimpulse zum Entfernen der zweiten elektrisch leitfähigen Verbindungsleitung beitragen.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

(STAND DER TECHNIK)

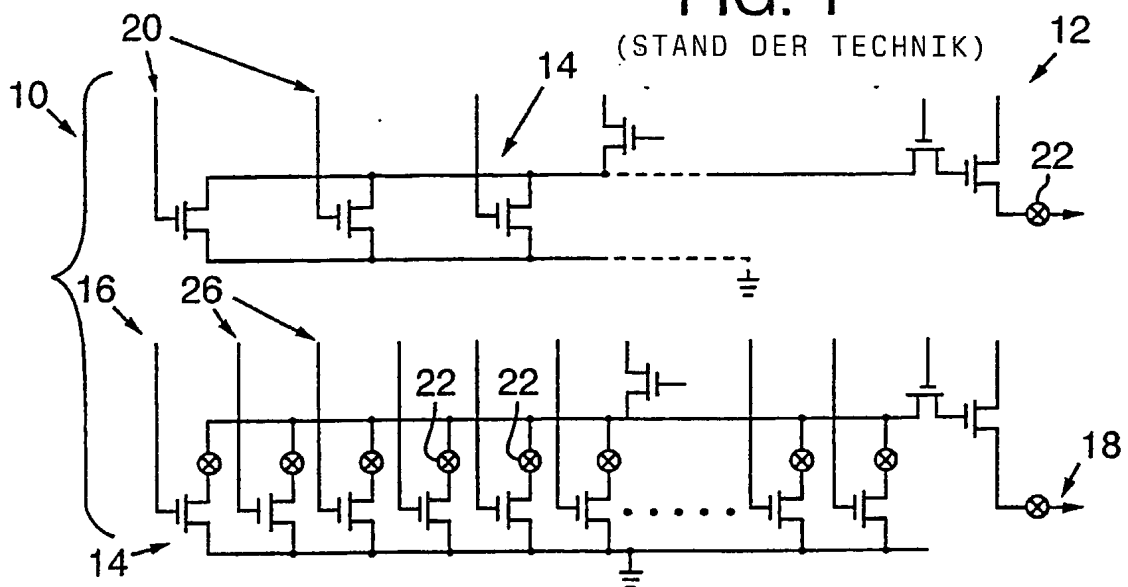


FIG. 2A

(STÄND DER TECHNIK)

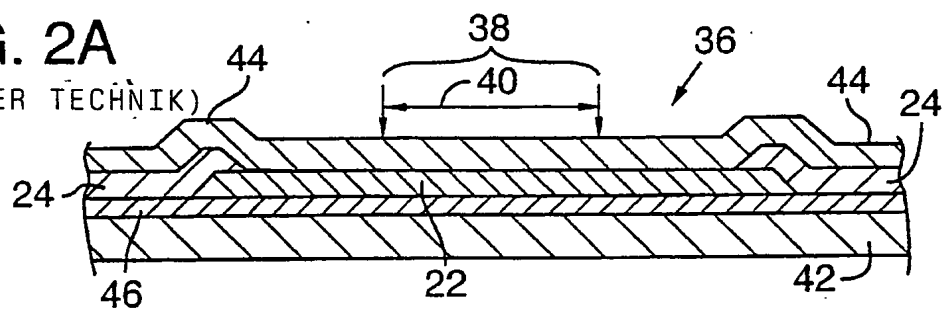


FIG. 2B

(STAND DER TECH-
NIK)

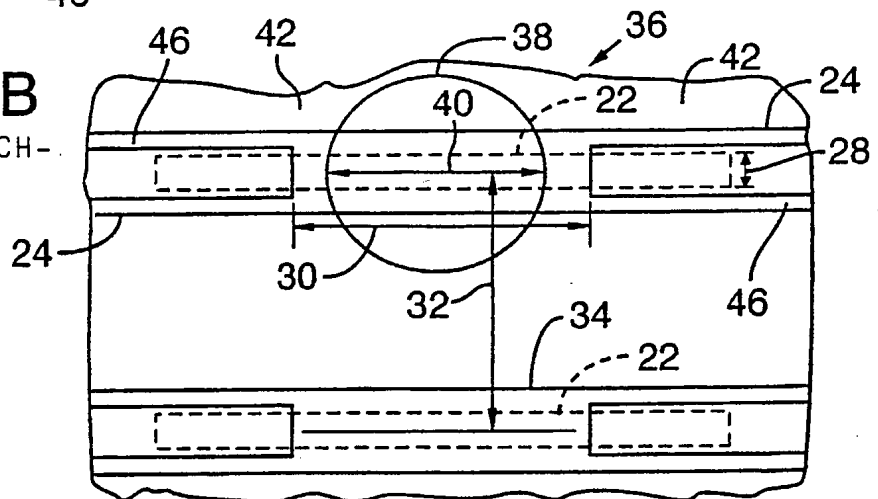
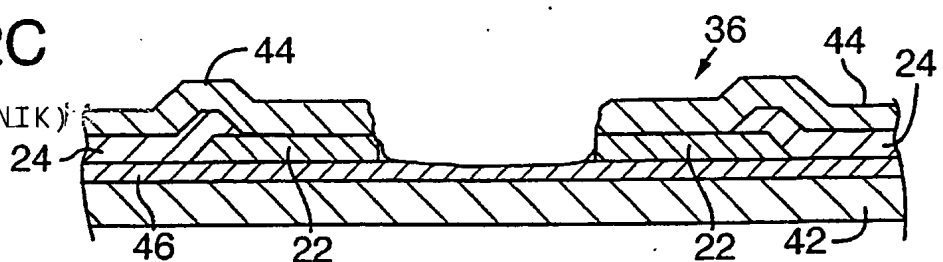
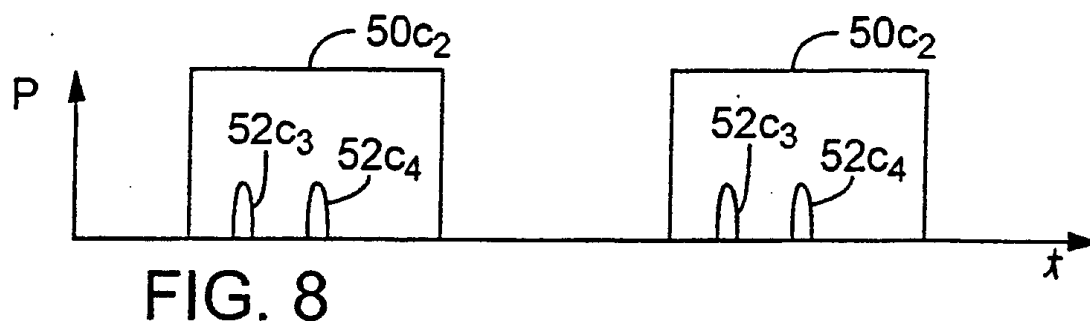
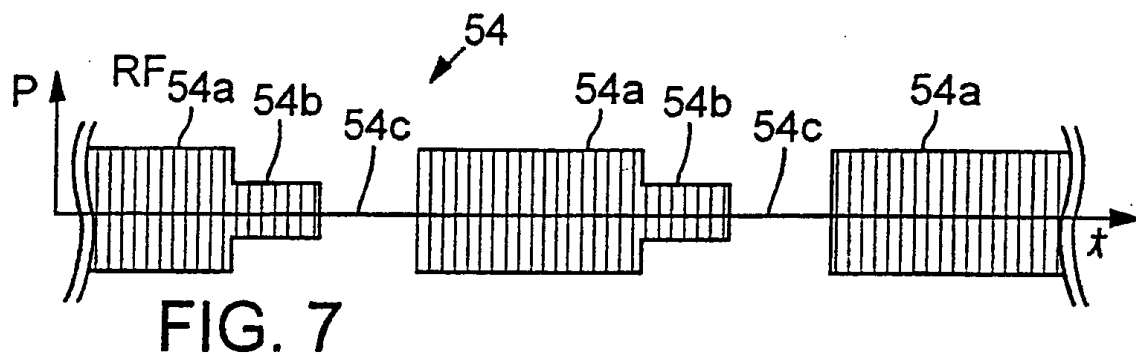
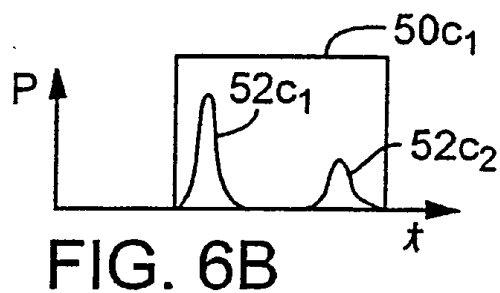
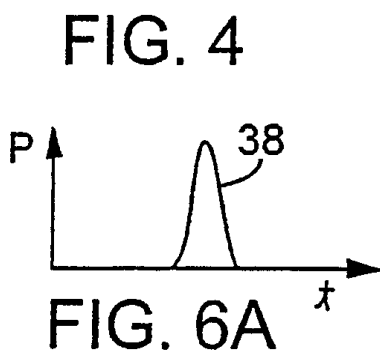
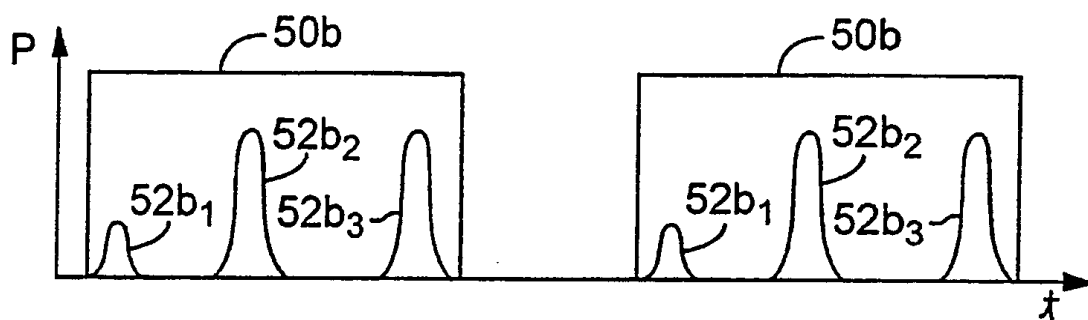
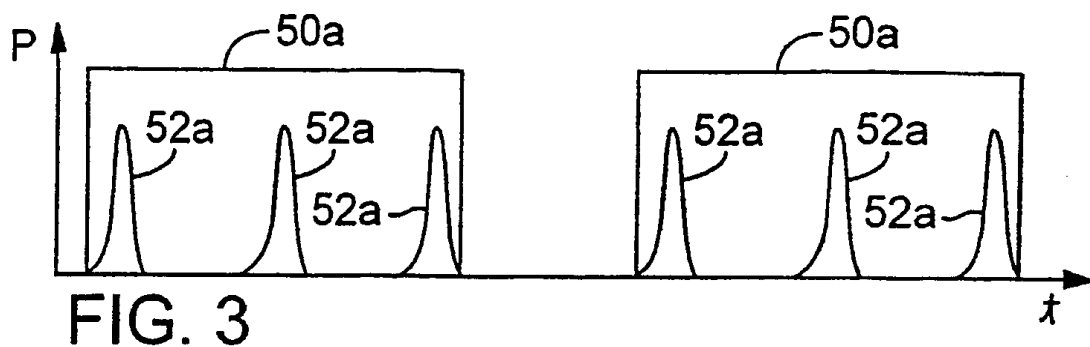


FIG. 2C

(STAND DER TECHNIK)





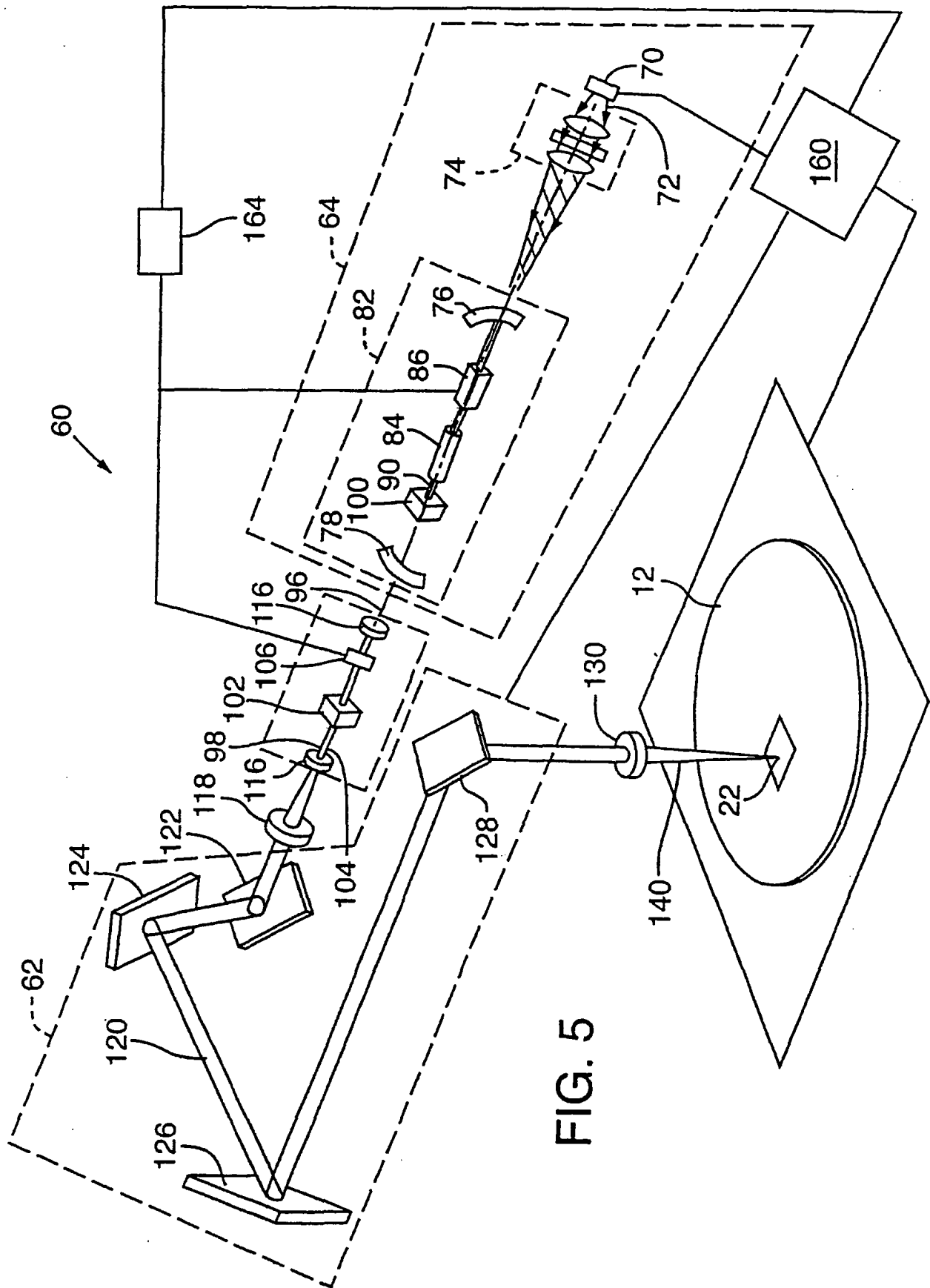


FIG. 5

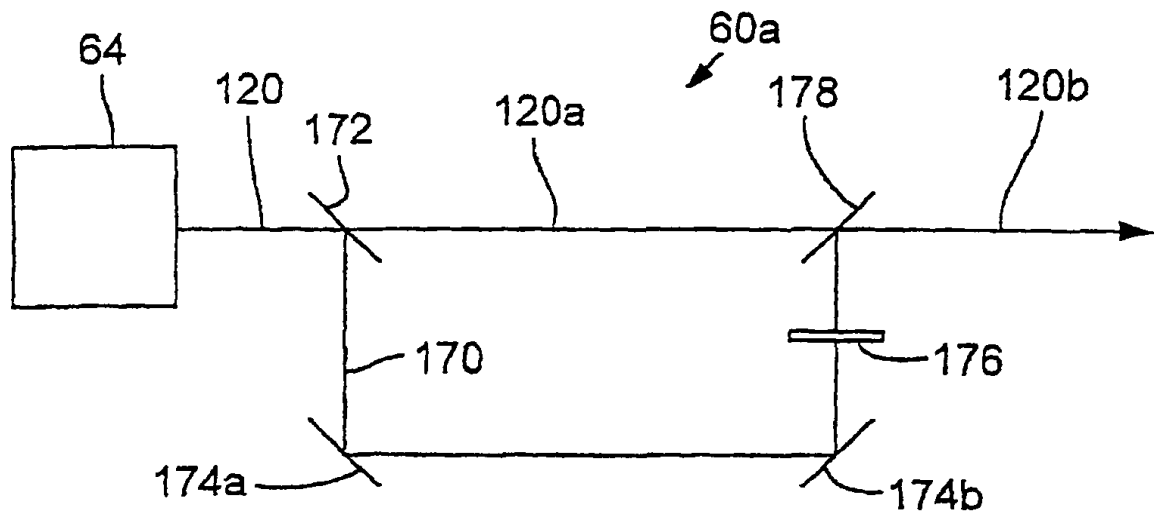


FIG. 9

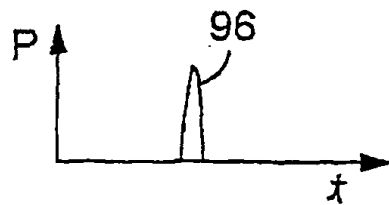


FIG. 10A

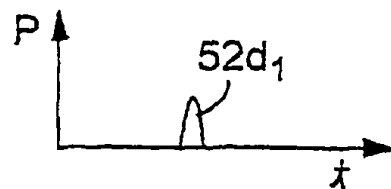


FIG. 10B

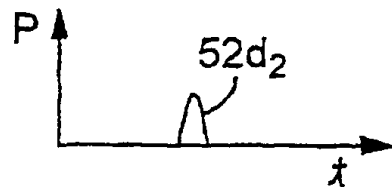


FIG. 10C

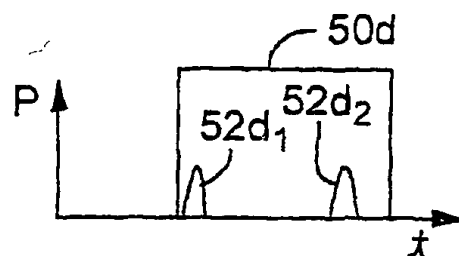


FIG. 10D

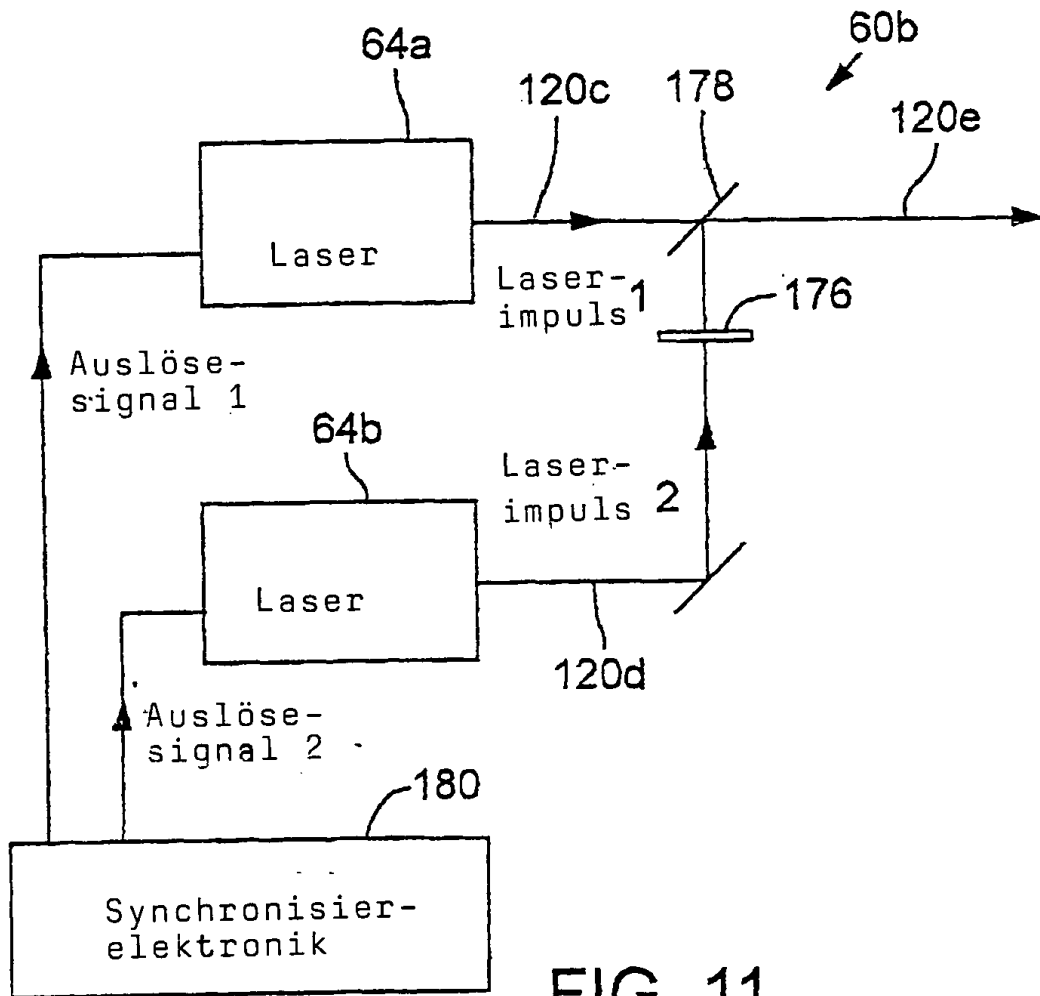


FIG. 11

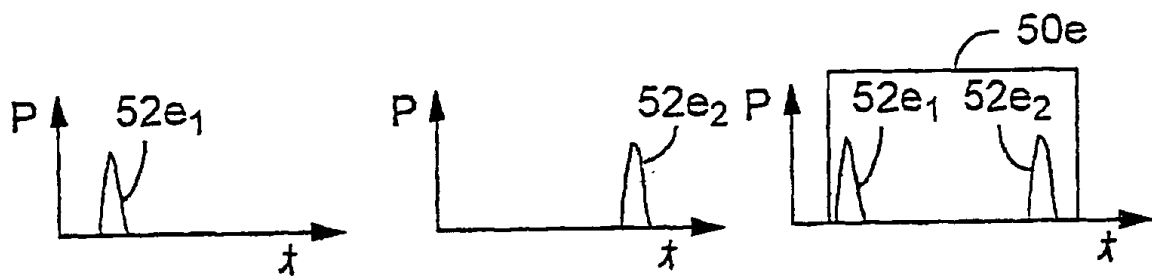


FIG. 12A

FIG. 12B

FIG. 12C