(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(51) Int. Cl.³: H01L 21/60
H01L 21/268
H01L 21/88
H01L 33/00

ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(11) **638 641**

(21) Gesuchsnummer: 11827/78

(22) Anmeldungsdatum: 17.11.1978

(24) Patent erteilt: 30.09.1983

(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.09.1983

(73) Inhaber:
Institut für angewandte Physik der Universität Bern, Bern

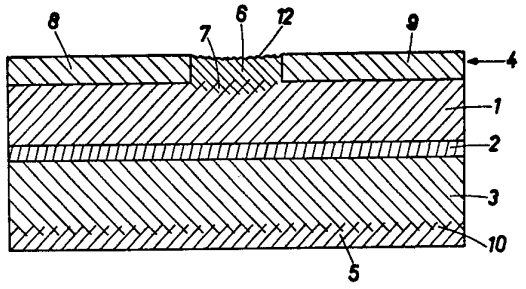
(72) Erfinder:
Dr. phil. René Salathé, Bern
Dipl.-Phys. Gerhard Badertscher, Bolligen
Dr. phil. Willy Lüthy, Köniz

(74) Vertreter:
Hartmut Keller, Bern

(54) Halbleiterbauelement, Verfahren zu dessen Herstellung und Verwendung des Halbleiterbauelements.

(57) Eine Metallschicht (4) überdeckt die p-Schicht (1) einer Laserdiode. Die Metallschicht (4) ist nur in einem streifenförmigen Teilbereich (6) mit der p-Schicht (1) legiert, ihr übriger Bereich (8, 9) ist nicht legiert, so dass die Metallschicht (4) nur im streifenförmigen Teilbereich (6) einen leitfähigen Übergang zur p-Schicht (1) hat. Bei der Kontaktierung der Laserdiode wird die Metallschicht (4) auf die p-Seite (1) aufgedampft und der Streifen (6) mittels eines durch eine Zylinderlinse fokussierten Laserstrahlimpulses auf die Legierungstemperatur erhitzt.

Das Kontaktieren eines Teilbereichs der Halbleiterschicht wird vereinfacht und die Gefahr der Bildung von Kristalldefekten im Halbleitermaterial vermieden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Halbleiterbauelement mit einer Kontaktschicht, die über ihre ganze Fläche unmittelbar an ihrer Halbleiterunterlage anliegt, jedoch nur an einem Teilbereich ihrer Fläche einen leitfähigen Übergang zur Halbleiterunterlage hat, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktschicht (4) nur in dem Teilbereich (6) mit der Halbleiterunterlage (1) legiert ist.

2. Element nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktschicht (4) eine metallische Schicht ist.

3. Element nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die in dem Teilbereich (6) legierte Kontaktschicht (4) mit einer zweiten, metallischen Schicht (11) überzogen ist.

4. Element nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die bzw. wenigstens eine der beiden metallischen Schichten (4, 11) Gold als Hauptbestandteil enthält.

5. Element nach einem der Ansprüche 1 bis 4, ausgeführt als Laserdiode, dadurch gekennzeichnet, dass die eine (4) der beiden die Oberflächen der p- und n-Seite (1, 3) der Diode überdeckenden Kontaktschichten (4, 5) nur im Bereich eines Streifens (6) mit der Halbleiterunterlage (1) legiert ist.

6. Verfahren zur Herstellung des Halbleiterbauelements nach Anspruch 1, bei dem eine Kontaktschicht unmittelbar auf die ganze Halbleiterunterlage aufgebracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass nur der an dem zu kontaktierenden Teilbereich der Halbleiterunterlage liegende Teilbereich (14) der Kontaktschicht (15) mit einem Laserstrahl bestrahlt wird, und die Intensität des Laserstrahls so gross und die Bestrahlungszeit so kurz bemessen wird, dass nur der bestrahlte Teilbereich (14) der Kontaktschicht (15) auf die für das Legieren mit der Halbleiterunterlage (13) erforderliche Temperatur erhitzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6 zur Herstellung der Laserdiode nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl mittels einer Zylinderlinse (17) auf einen streifenförmigen Teilbereich (14) der auf die ganze Oberfläche aufgebrachten Kontaktschicht (15) fokussiert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestrahlungszeit ein Bruchteil einer Mikrosekunde ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktschicht (15) nach der Bestrahlung mit dem Laserstrahl mit einem den nicht legierten Bereich stärker als den legierten Teilbereich (14) angreifenden Ätzmittel geätzt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterunterlage (13) mit der Kontaktschicht (15) vor und während der Bestrahlung mit dem Laserstrahl auf eine Temperatur erwärmt wird, die kleiner als die für das Legieren der Kontaktschicht (15) mit der Halbleiterunterlage (13) erforderliche Temperatur ist.

11. Verwendung des Halbleiterbauelements nach Anspruch 1 für die Herstellung eines Halbleiterbauelements mit sich nur über einen Teilbereich der Halbleiterunterlage erstreckender Kontaktschicht, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktschicht mit einem ihren nicht legierten Restbereich stärker als ihren legierten Teilbereich angreifenden Ätzmittel so lange geätzt wird, dass der Restbereich vollständig weggeätzt wird und nur noch der legierte Teilbereich auf der Halbleiterunterlage verbleibt.

Die Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, ein Verfahren zu dessen Herstellung gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 6 und eine Verwendung des Halbleiterbauelements gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 11. Unter der nur an einem Teilbereich ihrer Fläche einen leitfähigen Übergang zur Halbleiterunterlage aufweisenden Kontaktschicht des Halbleiterbauelements ist eine solche zu verstehen, deren Übergangs- bzw. Bahnwiderstand zwischen dem Teilbereich und der Halbleiterunterlage klein gegen denjenigen zwischen dem restlichen Bereich der Fläche und der Halbleiterunterlage ist. Die Kontaktschicht kann beispielsweise aus einem oder mehreren Metallen oder Halbleitermaterialien und gegebenenfalls Dotierstoffen bestehen.

Unter einem Teilbereich einer Fläche werden ein oder mehrere – nicht notwendig zusammenhängende – Flächenteile verstanden, wobei die Summe der den Teilbereich bildenden Flächen ein Bruchteil der gesamten Fläche ist.

Ein Halbleiterbauelement dieser Art ist die durch Protonenbeschuss hergestellte Streifengeometrie-Laserdiode (vgl. z.B. J. C. Dyment et al, «Proton-Bombardment Formation of Stripe-Geometry Heterostructure Lasers for 300 K CW Operation» Proc. IEEE 60, 726–728). Diese hat an der p- und der n-Seite je eine deren Oberfläche überdeckende, metallische Schicht zum Anschluss an die Elektroden. Die metallische Schicht an der n-Seite hat an ihrer ganzen Fläche, diejenige an der p-Seite nur an einem streifenförmigen Teilbereich ihrer Fläche einen leitfähigen Übergang zur Halbleiterunterlage. Bei der Kontaktierung der Laserdiode wurden bisher die beiden metallischen Schichten in einem Legierungsofen mit ihren Halbleiterunterlagen legiert, wodurch beide Metallschichten über ihre ganze Fläche einen leitfähigen Übergang zu ihren Halbleiterunterlagen erhielten. Daraufhin wurde ein streifenförmiger Teilbereich der mit der p-Schicht legierten Metallschicht mit einem Metalldraht abgedeckt und die Metallschicht mit Protonen beschossen. Der Protonenbeschuss wurde so dosiert, dass in der Halbleiterunterlage der nicht durch den Draht abgedeckten Metallschicht Kristalldefekte erzeugt und dadurch deren Leitfähigkeit stark herabgesetzt wurde. Nach dem Protonenbeschuss hatte dann nur noch der durch den Draht geschützt gewesene, streifenförmige Teilbereich der Metallschicht einen leitfähigen Übergang zur Halbleiterunterlage. Der Protonenbeschuss ist aufwendig und hat zudem den Nachteil, dass in der Halbleiterunterlage Kristalldefekte erzeugt werden. Nachteilig ist weiter, dass die Eindringtiefe der Protonen sehr genau kontrolliert werden muss, da sonst entweder die aktive Zone der Diode beschädigt oder die Leitfähigkeit in dem nicht durch den Draht abgedeckten Bereich nur ungenügend herabgesetzt wird.

Es sind ferner verschiedene andere Kontaktierungen für Streifengeometrie-Laserdioden bekannt. Beispielsweise wurde auf die p-Schicht zuerst eine Isolierschicht (aus SiO_2) aufgebracht, woraufhin diese in einem streifenförmigen Teilbereich weggeätzt und erst dann die Metallschicht aufgebracht und legiert wurde. Weiter wurde die Metallschicht zuerst auf die ganze Oberfläche der p-Schicht aufgebracht und legiert, worauf sie mittels eines Maskier- und Ätzverfahrens bis auf einen streifenförmigen Teil wieder entfernt wurde. Auch diese bekannten Kontaktierungsverfahren sind ausserordentlich aufwendig, da stets mehrere Arbeitsgänge erforderlich sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, anzugeben, wie man bei einem Halbleiterbauelement der eingangs genannten Art in einfacher Weise erreichen kann, dass nur ein Teilbereich der Halbleiterunterlage leitfähig mit der Kontaktschicht verbunden ist und die Bildung von Kristalldefekten im Halbleitermaterial vermieden wird.

Die erfindungsgemässe Lösung dieser Aufgabe ist Gegenstand des Anspruchs 1; das erfindungsgemässe Herstellungsverfahren und die Verwendung sind Gegenstand der Ansprüche 6 und 11.

Im folgenden werden anhand der beiliegenden Zeichnung zwei Ausführungsbeispiele des erfindungsgemässen Halbleiterbauelements und ein Beispiel des erfindungsgemässen Verfahrens sowie der erfindungsgemässen Verwendung näher

beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen stark vergrösserten Querschnitt durch eine Streifengeometrie-Laserdiode mit Kontaktschichten,

Fig. 2 eine Variante der Kontaktschicht an der p-Seite der Laserdiode nach Fig. 1 und

Fig. 3 eine schematische, perspektivische Ansicht einer für das Kontaktieren eines Streifens einer Halbleiterfläche verwendeten Vorrichtung.

Die in Fig. 1 dargestellte Streifengeometrie-Laserdiode ist eine GaAlAs-Doppelheterostruktur mit einer p-$Ga_{0,9}$ $Al_{0,1}$ As-Schicht 1, einer p-GaAs-Schicht 2 und einer n-Schicht 3, bestehend aus einer n-$Ga_{0,9}$ $Al_{0,1}$ As-Schicht und einer n-GaAs-Schicht. Auf die p-Schicht 1 und die n-Schicht 3 ist je eine etwa 0,5 bis 1 Mikrometer dicke Metallschicht 4 bzw. 5 angebracht. Die Kontaktschicht 4 an der p-Seite enthält Gold als Hauptbestandteil und einige Prozente Zink als Dotierstoff. Sie ist nur in einem streifenförmigen Teilbereich 6 mit der p-Schicht 1 legiert. Der etwa 10 Mikrometer breite Streifen 6 erstreckt sich über die ganze Diodenlänge von etwa 300 Mikrometer. Der legierte Streifen 6 hat eine leitfähige Übergangszone 7 zur p-Schicht 1. Die Zone 7 bildet einen sogenannten ohm'schen Metall-Halbleiterkontakt bzw. einen sogenannten entarteten Schottky-Kontakt, der infolge der im Bereich der Zone 7 in die p-Schicht 1 einlegierten Legierungsbestandteile und der dadurch stark erhöhten Dotierung der p-Schicht einen rein ohm'schen Widerstand (ohne jegliche gleichrichtende Wirkung) hat. Die restlichen Teile 8 und 9 der Metallschicht 4, die sich vom Streifen 6 bis zu den Seiten der Diode erstrecken, sind nicht mit der p-Schicht 1 legiert, so dass der Kontaktwiderstand am Übergang zwischen dem Bereich 8, 9 und der p-Schicht 1 ausserordentlich hoch ist und etwa das Hundertfache desjenigen am Übergang des Streifens 6 beträgt. Die Schicht 4 hat somit nur am Streifen 6 einen leitfähigen Übergang zur p-Schicht 1. Die Metallschicht 5 an der n-Seite besteht aus einem Gold-Zinn-Gemisch, das über die ganze Fläche mit der n-Schicht 3 legiert ist, also über die ganze Fläche eine leitfähige Übergangszone 10 zur n-Schicht 3 hat.

Bei der in Fig. 2 dargestellten Variante ist die Schicht 4 mit einer zweiten Metallschicht 11, z.B. aus Gold, überzogen, welche die beim Legieren des Streifens 6 in der Schicht 4 entstandenen, leichten Vertiefungen 12 ausfüllt und eine glatte, ebene Oberfläche aufweist. Dies ist insofern vorteilhaft, als damit die Leitfähigkeit in Querrichtung und der Übergangswiderstand zwischen legiertem Gebiet und Elektrode verbessert werden kann. Ausserdem kann dadurch das Anlöten eines Kontaktdrahts bzw. das Auflöten der Kontaktschicht auf eine Wärmesenke erleichtert werden.

Die metallischen Schichten 4, 5 können auch anders zusammengesetzt sein. Beispielsweise kann die Schicht 4 aus Aluminium oder einem Gold/Indium- oder Gold/Chrom-Gemisch bestehen.

Im folgenden wird das erfindungsgemässe Verfahren am Beispiel der Kontaktierung eines GaAlAs-Plättchens 13 (Fig. 3) für Laserdioden der in Fig. 1 dargestellten Art erläutert: In einem ersten Verfahrensschritt wird je eine Metallschicht auf die p- und n-Schicht des Plättchens 13 aufgebracht, indem je zuerst eine Lage Gold, dann eine Lage Zink bzw. Zinn und schliesslich wieder eine Lage Gold aufgedampft wird, wobei die Dicke der ersten beiden Lagen einige zehn, die der letzten Lage einige hundert nm beträgt. Darauf wird mittels der in Fig. 3 dargestellten Vorrichtung ein streifenförmiger Bereich 14 der Metallschicht 15 auf der p-Seite des Plättchens 13 legiert. Die Vorrichtung besteht aus einem «Q-Switch» Nd:YAG-Laser 16 und einer plan-konvexen Zylinderlinse 17, die den Laserstrahlimpuls auf den streifenförmigen Bereich 14 der Schicht 15 fokussiert. Die Impulsintensität und die Impulsdauer wird einerseits so gross bemessen, dass das Gold und Zink im Streifen 14 der Schicht 15 zusammenschmilzt und mit der p-Schicht legiert, wobei Gold- und Zinkatome in die p-Schicht diffundieren. Andererseits ist die Impulsintensität und die Impulsdauer so klein gewählt, dass nur der bestrahlte Streifen 14 im Fokus der Zylinderlinse 17 auf die für das Schmelzen und Legieren erforderliche Temperatur erhitzt wird, die übrigen Teile der Schicht 15 dagegen durch den Wärmestrom vom Streifen 14 nicht auf die Legierungstemperatur erhitzt werden. Diese Bedingungen hat im Beispiel ein Laserstrahlimpuls mit einer Impulsenergie von 40 mJoule und einer Impulsdauer von 40 ns erfüllt, wobei der Strahldurchmesser 5 mm und die Brennweite der Zylinderlinse 40 mm betrugen. Dass der Streifen 14 legiert wurde, lässt sich leicht an einem Farbumschlag erkennen.

Die Wahl einer kurzen Impulsdauer von einem Bruchteil einer Mikrosekunde (vorzugsweise einigen 10 ns) vermeidet nicht nur ein Legieren der an den Streifen 14 angrenzenden Teile der Metallschicht 15, sondern führt auch zu einer ausserordentlich dünnen Übergangszone 7, d.h. einer geringen Eindringtiefe der Legierungsbestandteile und einer nur oberflächlichen Erhitzung der p-Schicht. Während die Legierungsbestandteile in Legierungsöfen über 1 Mikrometer tief in die Halbleiterschicht diffundieren, wurde nach dem Legieren mit dem Laserstrahlimpuls von 40 ns Dauer eine Diffusionstiefe von weniger als 100 nm gemessen. Diese geringe Diffusionstiefe ist deshalb vorteilhaft, weil die p-Schicht der Diode entsprechend äusserst dünn gewählt werden kann, ohne dass die Gefahr einer Diffusion von Legierungsbestandteilen in die aktive (p-n) Zone der Diode besteht. Je dünner aber die p-Schicht gewählt werden kann, desto besser ist der Wärmeabfluss von der aktiven Zone der Diode, was für den Dauerstrichbetrieb der Diode von entscheidender Bedeutung ist.

Schliesslich wird die ganze Metallschicht an der n-Seite des Plättchens 13 legiert, was ebenfalls mit einem «Q-Switch» -Nd:YAG-Laser erfolgt, wobei vorzugsweise ebenfalls eine kurze Impulsdauer von einem Bruchteil einer Mikrosekunde gewählt, aber die ganze Fläche oder aneinander anschliessende Teilflächen nacheinander bestrahlt werden. Die n-Kontaktschicht kann auch vor dem Aufbringen der p-Kontaktschicht aufgedampft und in herkömmlicher Weise legiert werden.

Bei einer Variante des Verfahrens wird nach dem Legieren eine weitere Goldschicht auf die Schicht 15 aufgedampft, elektrolytisch abgeschieden oder gesputtert, wodurch die im Zusammenhang mit Fig. 2 beschriebene Kontaktschicht erhalten wird.

Die Schicht 15 kann auch mit einer ihre nicht legierten Teile stärker als den legierten Streifen 14 angreifenden Ätzlösung, z.B. (für Gold) einer gesättigten Lösung von KCN in Wasser geätzt werden. Bei geeignet gewählter Ätzdauer wird dann eine glatte, ebene Oberfläche der Schicht 15 erhalten. Nach längerer Ätzung (evtl. mit verschiedenen Ätzmitteln) überragt der Streifen 14 stufenartig die angrenzenden, nicht legierten Schichtteile. Bei der erfindungsgemässen Verwendung werden die nicht legierten Kontaktschichtteile vollständig weggeätzt, so dass im obigen Beispiel nur noch der Streifen 14 auf der p-Schicht verbleibt. Dabei kann auch noch ein Teil der nicht durch den Streifen 14 abgedeckten Halbleiterschicht bzw. -schichten weggeätzt werden.

Die Erfindung ist weder auf Laserdioden noch auf das Kontaktieren eines streifenförmigen Teiles einer Halbleiterfläche beschränkt, sondern lässt sich auf beliebige Halbleiterbauelemente anwenden, bei denen ein Teilbereich einer Halbleiterfläche kontaktiert werden soll. Beispielsweise kann das Halbleiterbauelement eine integrierte Schaltung mit mehreren Dioden, Transistoren oder dergl. sein. Zur Kontaktierung der Halbleiterunterlage für diese kann eine auf die ganze Halbleiterunterlage aufgebrachte, metallische Schicht in einem Teilbereich, d.h. in verschiedenen Flächenteilen der gewünschten

Form, je für eine Diode, einen Transistor oder dergl. mit der Halbleiterunterlage legiert werden. Dazu kann anstelle der Zylinderlinse 17 in Fig. 3 ein Hologramm verwendet werden, das den Laserstrahlimpuls auf die verschiedenen Flächenteile der gewünschten Form fokussiert. Ebenso können Blenden oder Masken verwendet werden, die den Laserstrahlimpuls nur auf die gewünschten Flächenteile durchlassen.

Der Teilbereich der Halbleiterfläche kann statt durch einen Laserstrahlimpuls auch durch Relativbewegung zu einem kontinuierlichen, beispielsweise durch eine sphärische Linse fokussierten Laserstrahl legiert werden.

Zur Verringerung von Temperaturgradienten kann die Halbleiterunterlage mit der Kontaktschicht (evtl. in Schutzgasatmosphäre) vor und während der Bestrahlung auf eine Temperatur erwärmt werden, die kleiner als die für das Legieren der Kontaktschicht mit der Halbleiterunterlage erforderliche Temperatur ist. Dabei ist natürlich die Intensität des Laserstrahles entsprechend kleiner zu bemessen.

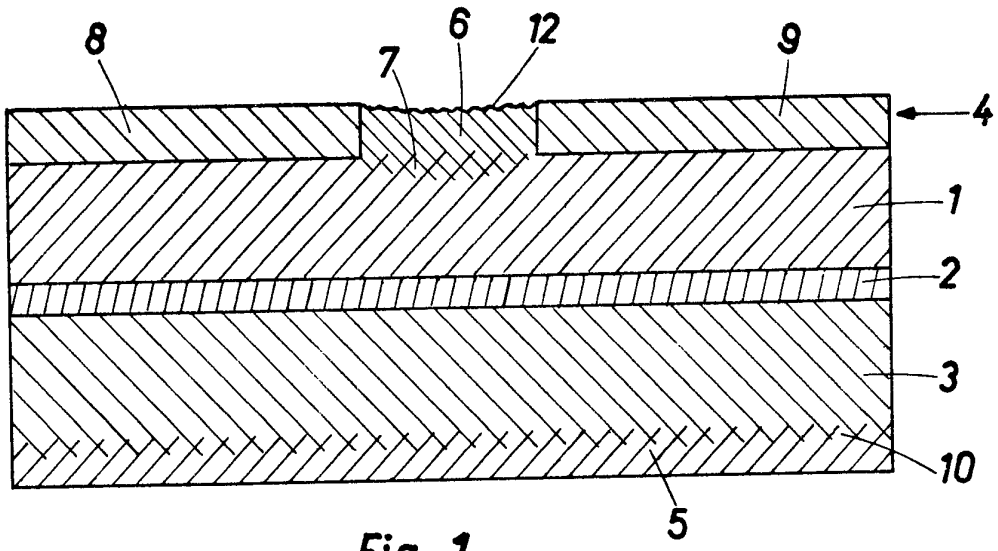


Fig. 1

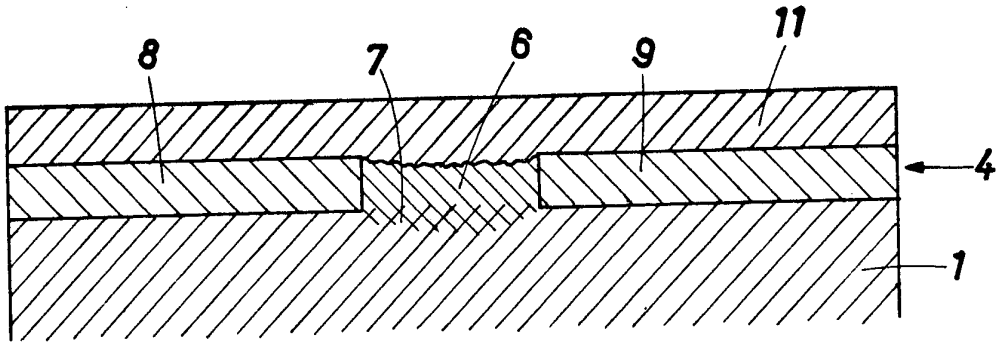


Fig. 2

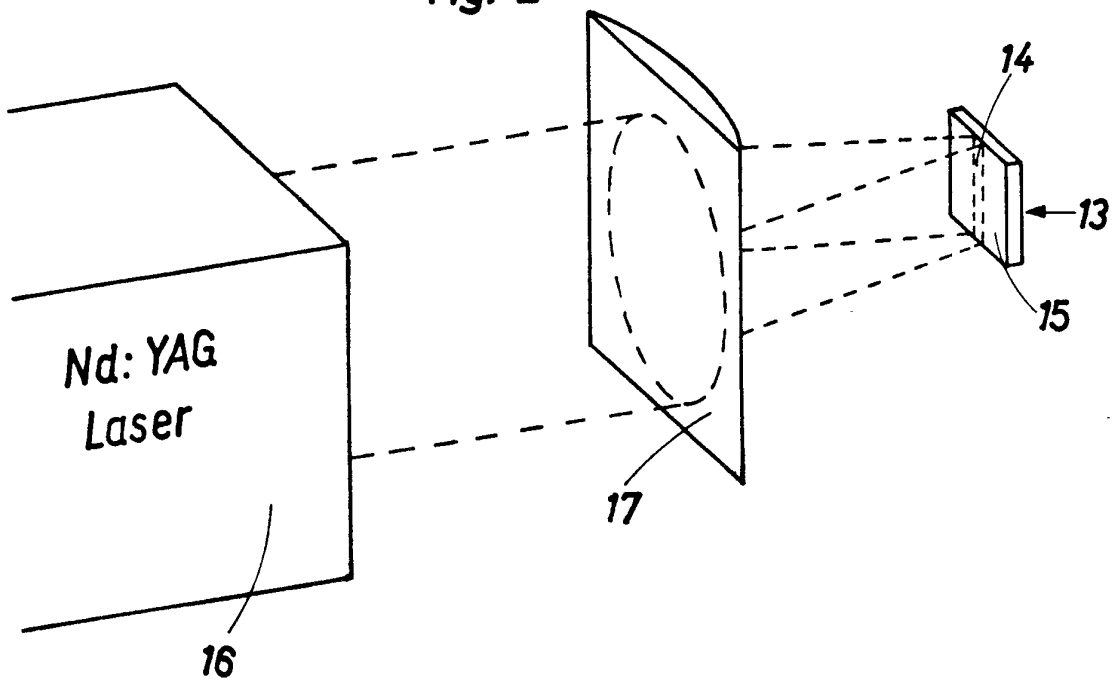


Fig. 3