

Optische Bauteilinspektion

Beschreibung

5 Hintergrund

Hier wird eine Bauteilinspektion beschrieben, die insbesondere auch Teil einer Bauteilhandhabungsvorrichtung sein kann. Diese Bauteilinspektion ist im Zusammenwirken mit der Bauteilhandhabungsvorrichtung erläutert. Details hierzu sind in den Ansprüchen definiert; auch die Beschreibung und die Zeichnung enthalten relevante
10 Angaben zum System und zur Funktionsweise sowie zu Varianten des Systems.

Ein Bauteil ist hier zum Beispiel ein (elektronisches) Halbleiterbauteil, auch als "chip" oder "die" bezeichnet. Ein solches Bauteil hat in der Regel eine prismatische Gestalt, einen im Wesentlichen polygonalen, zum Beispiel viereckigen (rechteckförmigen oder
15 quadratischen) Querschnitt mit mehreren Mantelflächen sowie eine Bodenfläche und eine Deckfläche. Die Mantelflächen sowie die Bodenfläche und die Deckfläche des Bauteils sind nachfolgend allgemein als Seitenflächen bezeichnet. Die Bodenfläche und die Deckfläche sind auch als Stirnflächen bezeichnet. Bei vier Mantelflächen und zwei etwa quadratischen Stirnflächen hat das Bauteil eine etwa quaderförmige Ge-
20 stalt, da die Höhe / Dicke des Bauteils in der Regel geringer ist als die Kantenlängen der Mantelflächen in Längs-/Quererstreckung des Bauteils. Das Bauteil kann auch eine von vier abweichende Anzahl von Mantelflächen haben. Das Halbleiterbauteil wird zum Beispiel in Planartechnik aus einer Halbleiter-Einkristallscheibe (zum Beispiel Silizium) durch eine Vielzahl von Schritten hergestellt, wobei sich am Ende des
25 Prozesses auf der Si-Scheibe (Wafer) mehrere hundert ICs befinden. Durch Ritzen, Brechen oder Sägen (mit Laser oder durch mechanischen Materialabtrag) wird die Scheibe in einzelne Bauteile zerlegt, die jeweils eine oder mehrere integrierte Schaltungen umfassen. Ein Bauteil kann auch ein optisches Bauteil (Prisma, Spiegel, Linse, etc.) sein. Insgesamt kann ein Bauteil jede geometrische Form haben.

30 Aus der betrieblichen Praxis der Anmelderin sind so genannte Aufnehm- und Absetzvorrichtungen bekannt, in denen Bauteile einzeln mit einem Aufnahmewerkzeug von einem Substrat aufgenommen und anschließend auf einem Träger oder in einem Transportbehälter oder dergl. abgelegt werden. Zwischen dem Aufnehmen des Bauteils von dem Substrat und dem Ablegen des Bauteils findet üblicherweise eine In-
35 spektion des Bauteils statt. Dazu werden Abbildungen einer oder mehrerer äußerer Seitenflächen des Bauteils mit einer oder mehreren bildgebenden Sensoren aufgenommen und mittels automatisierter Bildverarbeitung ausgewertet.

- Die EP 0 906 011 A2 betrifft eine Vorrichtung zum Entnehmen und Bestücken von elektrischen Bauelementen auf einem Substrat. Die Vorrichtung umfasst eine drehbare Übergabeeinrichtung, die an einer Aufnahmeposition die elektrischen Bauelemente aus einem Zuführmodul entnimmt und an einer ersten Übergabeposition einem Saugband zur Weiterverarbeitung übergibt. Mittels eines drehbaren Bestückkopfes werden die Bauelemente von dem Saugband aufgenommen und zu einer zweiten Übergabeposition transportiert.
- Die WO 02/054480 A1 betrifft eine Vorrichtung zum optischen Inspizieren verschiedener Oberflächen eines zu montierenden Chips. Die Vorrichtung umfasst eine erste, obere Transportscheibe, die dazu eingerichtet ist, die Chips aus einer Zuführeinheit zu entnehmen und zu einer ersten Übergabeposition zu transportieren. Die Chips werden in Saugöffnungen gehalten, welche an der Mantelfläche der oberen Transporttrommel ausgebildet sind, und durch Drehen der oberen Transportscheibe bewegt. Die Vorrichtung weist weiterhin eine entsprechend der oberen Transportscheibe ausgebildete zweite, untere Transportscheibe auf, welche die entnommenen Chips an der ersten Übergabeposition aufnimmt und zu einer zweiten Übergabeposition transportiert. Die Vorrichtung ermöglicht eine Inspektion der Chips, indem seitlich neben den Transportscheiben Kameras angeordnet sind, die die Chips an deren Ober- und Unterseite inspizieren. Die Chips werden relativ zur ursprünglichen Ausrichtung ungewendet an eine Sortiervorrichtung zur Weiterverarbeitung übergeben.
- Die US 4,619,043 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Entnehmen und Anbringen von elektronischen Bauteilen, insbesondere Chips, auf einer Leiterplatte. Die Vorrichtung umfasst ein Beförderungsmittel zum Aufnehmen der Chips in Aufnahmeeinheiten und zum Transportieren der aufgenommenen Chips zu einer ersten Übergabeposition. Das Beförderungsmittel weist dabei eine Beförderungskette und ein drehbares Kettenrad auf, welche zusammen im Eingriff stehen. Die Vorrichtung umfasst weiterhin ein drehbares Befestigungswerkzeug mit Bestückköpfen zum Aufnehmen der Chips an der ersten Übergabeposition. Das Befestigungswerkzeug ist weiterhin dazu eingerichtet, mittels einer Drehbewegung die aufgenommenen Chips zu einer zweiten Übergabeposition zu befördern, wobei sie gewendet werden.
- Die JP 2-193813 betrifft eine Vorrichtung zum Aufnehmen und zum Wenden von elektronischen Komponenten, welche durch Prüfvorrichtungen inspiziert werden. Die Vorrichtung umfasst eine Zuführeinheit, aus welcher elektronische Bauteile durch ei-

nen ersten rotierenden Körper entnommen und an dessen Umfang angeordnet werden. Durch eine Drehbewegung des rotierenden Körpers werden die Bauteile zu einer ersten Übergabeposition transportiert, wodurch diese um ihre Längs- oder Querachse gewendet werden. Die Vorrichtung umfasst weiterhin einen zweiten rotierenden Körper, welcher die entnommenen elektronischen Bauteile an der ersten Übergabeposition aufnimmt und zu einer zweiten Übergabeposition transportiert. Dabei erfolgt ein weiteres Wenden der elektronischen Bauteile um deren Längs- oder Querachse. Die Vorrichtung ermöglicht das Inspizieren unterschiedlicher Seiten der Bauteile.

10 Technisches Problem

Bauteile werden vor dem Einhausen in ein Gehäuse aus Keramik oder Kunststoff und dem Anbringen von Außenanschlüssen unter anderem optisch inspiziert. Während des Zerlegens des Wafers in einzelne Bauteile treten gelegentlich vor allem am unteren Rand des Bauteils, und zwar in seinem Inneren, mechanische Belastungen auf, die dazu führen, dass sich eine Schaltungsschicht von angrenzenden Schichten ablöst. Das Zerlegen des Wafers in einzelne Bauteile führt auch an der abgetrennten Seitenwand insbesondere am vom Laser abgewandten Rand der Seitenwand zu Unebenheiten. Dieser Trennbereich / -rand wird bei Zerlegung des Wafers mittels Laser auch als *laser groove* (LG) bezeichnet. Übliche bildgebende Sensoren sind meist nicht in der Lage solche Defekte zu erkennen. Durch geeignete Inspektion sollen Defekte (Ausbrüche) an dem Bauteil im Bereich der *laser groove* erkannt werden. Indem zum Beispiel ein Ablösen einer Halbleiter- oder Metallschicht vom Siliziumkörper erkannt wird, kann das schadhafte Bauteil aus dem weiteren Verarbeitungsablauf aussortiert und so eine Verringerung der Lebenszeit der späteren Produkte vermieden werden.

25 Dabei steigen die Anforderungen der halbleiterverarbeitenden Industrie, immer kleinere Defekte der Bauteile optisch erkennen zu können. Die optische Erkennung mancher Art von Defekten ist mit angepassten Objektiven und einer damit abgestimmten Beleuchtung der zu inspizierenden Bauteile zwar möglich. Allerdings gelangen bei der notwendigen Abbildungsschärfe und der damit einhergehenden kleiner werdenden Schärfentiefe die verfügbaren Objektive an ihre Grenzen.

30 Wegen der Streuung der Positionen der Bauteile am Aufnahmewerkzeug und der geringen Schärfentiefe der Objektive ist die Qualität der optischen Inspektion eingeschränkt. An unscharf abgebildeten Bauteilen werden Defekte mit einer niedrigeren Wahrscheinlichkeit erkannt. Damit werden fehlerhafte Bauteile fälschlicherweise nicht als funktionsuntüchtig erkannt und weiterverarbeitet / verpackt.

- Weiterer technologischer Hintergrund ist auch in den Dokumenten EP 2 075 829 B1, EP 1 470 747 B1, JP 59 75 556 B1, WO 2014 112 041 A1, WO 2015 083 211 A1, WO 2017 022 074 A1, WO 2013 108 398 A1, WO 2013 084 298 A1, WO 2012 073 285 A1, US 9,510,460 B2, JP 49 11 714 B2, US 7,191,511 B2, JP 55 10 923 B2, JP 57 83 652 B2, JP 2007 095 725 A, JP 2012 116 529 A, JP 2001-74664 A, JP 1-193630 A, US 5,750,979, DE 199 13 134 A1, JP 8 227 904 A, DE 10 2015 013 500 A1, DE 10 2017 008 869 B3, DE 10 2019 125 127 A1 veranschaulicht.

Zugrundeliegende Aufgabe

- 10 Die hier vorgestellte Lösung soll eine gegenüber dem Stand der Technik verbesserte, sichere und schnelle Inspektion von Bauteilen bei hohem Durchsatz ermöglichen.

Vorgeschlagene Lösung

- 15 Hier werden eine Vorrichtung und ein Verfahren angegeben. Die Vorrichtung dient zum optischen Inspizieren eines an einer Aufnahme befindlichen Bauteils. Die Aufnahme ist dazu eingerichtet und bestimmt, das Bauteil an einer Abgabestelle aufzunehmen, entlang eines Förderpfades zu einer Ablagestelle zu fördern, und an der Ablagestelle abzulegen. Eine Lichtquelle ist dazu eingerichtet und bestimmt, Licht abzugeben, das unter einem ersten spitzen Winkel zur optischen Achse eines bildgebenden Sensors auf eine erste der Stirnflächen des Bauteils fällt, wenn das an der Aufnahme befindliche Bauteil mit der ersten seiner Stirnflächen zumindest annähernd normal (etwa $90^\circ \pm \text{etwa } 10^\circ$) zur optischen Achse des bildgebenden Sensors orientiert ist. Der bildgebende Sensor ist dazu eingerichtet und bestimmt, wenigstens eine der Seitenflächen des durch die Aufnahme geförderten Bauteils und/oder zumindest
- 20 einen Bereich im Innern des Bauteils nahe einer zweiten der Stirnflächen und nahe jeweiligen der Seitenflächen optisch zu inspizieren. Der bildgebende Sensor ist dazu eingerichtet und bestimmt, das aus der ersten der Stirnflächen des Bauteils austretende Licht zu erfassen und eine Verteilung der Intensität des austretenden Lichts an eine Auswerteeinrichtung zu signalisieren. Die Auswerteeinrichtung ist dazu eingerichtet und bestimmt, abhängig von der signalisierten Verteilung der Intensität des austretenden Lichts zumindest abschnittsweise Unebenheiten an einer Seitenfläche des Bauteils zu erkennen und/ oder abschnittsweise Ablösungen von wenigstens
- 30 einer Schicht im Bereich einer zweiten der Stirnflächen zu erkennen.

5 Licht unter einem spitzen Winkel zur optischen Achse eines bildgebenden Sensors auf eine Stirnfläche des Bauteils abzugeben meint, dass dieses Licht eine Hauptstrahlungsachse im Raum hat, entlang welcher das Licht zumindest nahezu die größte Strahldichte hat, wobei diese Hauptstrahlungsachse den spitzen Winkel ($< 90^\circ$) mit der optischen Achse eines bildgebenden Sensors einschließt, die zu der ersten der Stirnflächen des Bauteils normal orientiert ist.

10 Mit der hier offenbarten Vorrichtung lassen sich
(i) Unebenheiten an einer oder mehreren abgetrennten Seitenwänden des Bauteils, und/oder
(ii) ein Ablösen einer Halbleiter- oder Metallschicht vom Siliziumkörper, auf dem Förderpfad zwischen der Abgabestelle und der Ablagestelle an derselben Inspektionsposition und mit demselben bildgebenden Sensor erkennen. Auch
15 (iii) Defekte an den Stirnflächen des Bauteils können so erkannt werden, da sie einen schwarzen Bereich im Bild des bildgebenden Sensors erzeugen; auch hier dringen die Strahlen nicht in das Bauteil ein und werden in der Folge an den Seitenflächen nicht reflektiert.

20 In einer Variante der Vorrichtung ist die Aufnahme von der Abgabestelle zu der Ablagestelle auf einem Förderpfad geführt, auf dem das durch die Aufnahme geförderte Bauteil eine optische Einrichtung passiert, die eine oder mehrere Umlenk- und/oder Bündelungseinrichtungen umfasst, die dazu eingerichtet und bestimmt sind, aus der ersten der Stirnflächen des Bauteils austretendes Licht zu dem bildgebenden Sensor hinzulenken.

25 In einer Variante der Vorrichtung ohne die Aufnahme ist die Laser Groove an einem bereits in einer Tasche abgelegten Bauteil zu erfassen. In diesem Variante ist die gesamte optische Baugruppe so orientiert, dass sie z. B. von oben auf die Tasche gerichtet ist und inspiziert eine der Stirnflächen des Bauteils.

30 In einer Variante der Vorrichtung ist die Lichtquelle dazu eingerichtet und bestimmt, wenigstens einen Lichtstreifen zu liefern, der unter dem spitzen Winkel in einem Kantenbereich des Bauteils auf die erste der Stirnflächen des Bauteils fällt.

35 In einer Variante der Vorrichtung ist der spitze Winkel des auf das Bauteil gerichteten Lichts in Abhängigkeit von dem Brechungsindex des Materials des Bauteils, der Wel-

lenlänge und/oder der Höhe des Bauteils zwischen etwa -45° und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+5^\circ$ und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+15^\circ$ und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+25^\circ$ und etwa $+45^\circ$, oder zwischen etwa $+30^\circ$ und etwa $+45^\circ$ bestimmt.

- 5 In einer Variante der Vorrichtung ist die Lichtquelle dazu eingerichtet, infrarotes Licht mit einer Wellenlänge zwischen etwa 780 nm und etwa 1000 nm abzugeben, und für den Fall, dass das Bauteil ein siliziumhaltiges Substratmaterial aufweist und die Temperatur des Substratmaterials etwa $300\text{ }^\circ\text{K} \pm \text{etwa } 10\text{ }^\circ\text{K}$ beträgt, beträgt der spitze Winkel des auf das Bauteil gerichteten Lichts etwa $33^\circ \pm \text{etwa } 3^\circ$. Abhängig von dem
- 10 Substratmaterial des Bauteils ist auch Licht mit höheren Wellenlängen einsetzbar, zum Beispiel SWIR (short wave IR) bis etwa 1500 nm.

- In einer Variante der Vorrichtung ist der spitze Winkel α_1 des auf das Bauteil gerichteten Lichts so bestimmt, dass das Licht bei einem als in Ordnung inspizierten
- 15 Bauteil
- (i) im Innern des Bauteils an einer zu inspizierenden Seitenfläche des Bauteils, reflektiert wird, und/oder
- (ii) im Innern des Bauteils im Bereich einer der Aufnahme zugewandten Stirnfläche des Bauteils reflektiert wird, und
- 20 (iii) als ausfallendes Licht unter dem spitzen Winkel α_2 zur optischen Achse des bildgebenden Sensors aus der von der Aufnahme abgewandten Stirnfläche des Bauteils zu dem bildgebenden Sensor hin so austritt, dass der Betrag des zweiten spitzen Winkels α_2 von dem des ersten spitzen Winkels α_1 allenfalls geringfügig abweicht.

- 25 In einer Variante der Vorrichtung beträgt das allenfalls geringfügige Abweichen des Betrags des zweiten spitzen Winkels von dem des ersten spitzen Winkels nicht mehr als etwa $\pm 10^\circ$.

- 30 In einer Variante der Vorrichtung ist der spitze Winkel des auf das Bauteil gerichteten Lichts so bestimmt, dass das Licht bei einem als in Ordnung inspizierten Bauteil (i) im Innern des Bauteils an einer zu inspizierenden Seitenfläche des Bauteils, und (ii) im Innern des Bauteils im Bereich einer der Aufnahme zugewandten Stirnfläche des Bauteils reflektiert wird, und (iii) als ausfallendes Licht unter dem spitzen Winkel zur
- 35 optischen Achse des bildgebenden Sensors aus der von der Aufnahme abgewandten Stirnfläche des Bauteils zu dem bildgebenden Sensor hin auszutreten.

- In einer Variante der Vorrichtung ist die Aufnahme Teil einer ersten Wendeeinrichtung, die dazu eingerichtet ist, um eine erste Wendeachse zu rotieren und dabei das Bauteil an der ersten Abgabestelle aufzunehmen, zu der ersten Ablagestelle zu fördern, und an der ersten Ablagestelle abzulegen. In einer Variante der Vorrichtung ist die Aufnahme Teil einer zweiten Wendeeinrichtung, die dazu eingerichtet und bestimmt ist, eine zweite Wendeachse zu rotieren und dabei das Bauteil an einer Übernahmestelle von einer Aufnahme der ersten Wendeeinrichtung zu übernehmen, zu einer zweiten Ablagestelle zu fördern, und an der zweiten Ablagestelle abzulegen. In einer Variante der Vorrichtung sind die erste Wendeachse und die zweite Wendeachse voneinander beabstandet, und um einen Winkel von etwa 90° zueinander versetzt. In einer Variante der Vorrichtung fluchten an der Übernahmestelle die Aufnahme der ersten Wendeeinrichtung und die Aufnahme der zweiten Wendeeinrichtung miteinander derart, dass das Bauteil von der ersten Wendeeinrichtung zu der zweiten Wendeeinrichtung zu übergeben ist.
- In einer Variante der Vorrichtung sind die die optische Einrichtung passierende Aufnahme (mit dem Bauteil) und die Licht-Umlenk- und/oder -Bündelungs-Einrichtungen zueinander (zum Beispiel durch Verstelleinrichtungen oder durch Verstellantriebe) in ihrem Abstand so zu verändern, dass das von der Aufnahme geförderte Bauteil zumindest zwischen der ersten und der zweiten der Stirnflächen des Bauteils entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors durch den bildgebenden Sensor optisch zu erfassen ist. Mit anderen Worten ist in einer Variante der Vorrichtung die Optik (Licht-Umlenk- und/oder Zerstreuungs- und/oder -Bündelungs- und/oder -Polarisierungs-Einrichtungen) für den bildgebenden Sensor so zu fokussieren, dass die Optik dem bildgebenden Sensor ein Bild aus dem Innern, etwa dem Raum nahe der zweiten der Stirnflächen des Bauteils zuführt. So lassen sich die Schichtablösungen an der zweiten der Stirnflächen des Bauteils sicher erkennen, darstellen und auswerten.
- In einer Variante der Vorrichtung ist eine Trageinheit mit einer in der Trageinheit befindlichen Durchgangsöffnung dazu vorgesehen, eine Mehrzahl, zum Beispiel, vier Licht-Umlenk-Einrichtungen zu tragen. Die Licht-Umlenk-Einrichtungen sind hierbei in einer Variante um die Durchgangsöffnung herum angeordnet. Die Trageinheit ist entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors zu verfahren oder zu verstellen, wodurch die Gesamtheit der Mehrzahl der Licht-Umlenk-Einrichtungen entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors zu verlagern ist. In einer Variante der Vorrichtung ist eine Verstelleinrichtung für eine Auswahl der Mehrzahl der Licht-Umlenk-Einrichtungen dazu vorgesehen, diese Auswahl entlang der optischen Achse des

5 bildgebenden Sensors zu verlagern. In einer Variante der Vorrichtung ist die Trageinheit eingerichtet und dazu bestimmt, zu jeder der um die Durchgangsöffnung herum angeordneten Licht-Umlenk-Einrichtungen wenigstens eine Lichtquelle zu tragen, wobei die wenigstens eine Lichtquelle an der Trageinheit so angeordnet, und vorzugsweise justierbar ist, dass von ihr abgegebenes Licht, vorzugsweise durch die Durchgangsöffnung hindurch, auf die erste der Stirnflächen des zu inspizierenden Bauteils fällt, wenn dieses die optische Einrichtung passiert.

10 Um eine optimale Fokussierung des bildgebenden Sensors auf einen interessierenden Bereich des Bauteils zu erreichen, wird in einer Variante die Trageinheit zusammen mit allen (zum Beispiel vier) Licht-Umlenk-Einrichtungen (zum Beispiel Prismen oder Spiegel) mittels eines Servoantriebs zwischen dem bildgebenden Sensor und dem Bauteil, vorzugsweise entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors, verfahren. Die beiden (im Abstand zum Bauteil) unverstellbaren Licht-Umlenk-Einrichtungen werden durch den Antrieb der Trageinheit optimal fokussiert. Bei einer anderen Variante ist auch die Aufnahme vorzugsweise entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors zu verfahren. Dann können bei in der Draufsicht nicht quadratischem (also zum Beispiel in der Draufsicht rechteckigem) Bauteil, dessen vier Seitenflächen und/oder ein Bereich nahe der an der Aufnahme befindlichen Stirnfläche mit der Vorrichtung zu inspizieren sind, jeweils zwei einander gegenüberliegende Licht-Umlenk-Einrichtungen durch einen an der Trageinheit angeordneten weiteren Servoantrieb nachjustiert werden. Die beiden (im Abstand zum Bauteil) verstellbaren Licht-Umlenk-Einrichtungen werden durch den weiteren Servoantrieb fokussiert.

25 Hier ist auch ein optisches Bauteilinspektionsverfahren zum Inspizieren eines an einer Aufnahme befindlichen Bauteils offenbart, mit den Schritten:

- das Bauteil an einer Abgabestelle aufnehmen, entlang eines Förderpfades zu einer Ablagestelle fördern, und an der Ablagestelle ablegen;
- 30 - aus einer Lichtquelle Licht abgeben, das unter einem ersten spitzen Winkel zur optischen Achse eines bildgebenden Sensors auf eine erste der Stirnflächen des Bauteils fällt;
- die Lichtquelle so orientieren, dass das Licht bei einem als in Ordnung in Bezug auf Unebenheiten an einer Seitenfläche des Bauteils und/oder Ablösungen von wenigstens einer Schicht im Bereich einer zweiten der Stirnflächen inspizierten Bauteil aus der ersten der Stirnflächen des Bauteils unter einem zweiten spitzen Winkel zur optischen Achse des bildgebenden Sensors so austritt, dass der Betrag des zweiten spitzen Winkels von dem des ersten spitzen Winkels allenfalls geringfügig abweicht;
- 35 - mit dem bildgebenden Sensor wenigstens die eine der Seitenflächen des durch die Aufnahme geförderten Bauteils und/oder zumindest einen Bereich im Innern des

Bauteils nahe einer zweiten der Stirnflächen und nahe jeweiligen der Seitenflächen optisch inspizieren;

- mit dem bildgebenden Sensor das aus der ersten der Stirnflächen des Bauteils austretende Licht erfassen und eine Verteilung der Intensität des austretenden Lichts an eine Auswerteeinrichtung signalisieren;

- mit der Auswerteeinrichtung abhängig von der signalisierten Verteilung der Intensität des austretenden Lichts zumindest abschnittsweise Unebenheiten an einer Seitenfläche des Bauteils und/ oder zumindest abschnittsweise Ablösungen von wenigstens einer Schicht im Bereich einer zweiten der Stirnflächen zu erkennen.

In einer Variante des Verfahrens führt die Aufnahme das Bauteil von der Abgabestelle zu der Ablagestelle auf einem Pfad, auf dem das durch die Aufnahme geförderte Bauteil eine optische Einrichtung passiert, die eine oder mehrere Umlenk- und/ oder Bündelungseinrichtungen umfasst, die aus der ersten der Stirnflächen des Bauteils austretendes Licht zu dem bildgebenden Sensor hinlenken.

In einer Variante des Verfahrens wird wenigstens ein Lichtstreifen aus der Lichtquelle geliefert, wobei der Lichtstreifen unter dem spitzen Winkel in einem Kantenbereich des Bauteils auf die erste der Stirnflächen des Bauteils fällt.

In einer Variante des Verfahrens wird der spitze Winkel des auf das Bauteil gerichteten Lichts in Abhängigkeit von dem Brechungsindex des Materials des Bauteils, der Wellenlänge und/ oder der Höhe des Bauteils, zwischen etwa -45° und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+5^\circ$ und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+15^\circ$ und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+25^\circ$ und etwa $+45^\circ$, oder zwischen etwa $+30^\circ$ und etwa $+45^\circ$ bestimmt.

In einer Variante des Verfahrens wird infrarotes Licht aus der Lichtquelle mit einer Wellenlänge zwischen etwa 780 nm und etwa 1000 nm (oder (short wave IR) bis etwa 1500 nm) abgegeben, und für den Fall, dass das Bauteil ein siliziumhaltiges Substratmaterial aufweist, und die Temperatur des Substratmaterials etwa $300^\circ\text{K} \pm$ etwa 10°K beträgt, der spitze Winkel (α_1) des auf das Bauteil gerichteten Lichts etwa $33^\circ \pm$ etwa 3° bestimmt. Dieses Bestimmen lässt sich zum Beispiel durch temporäres, einmaliges oder bauteil-individuelles Justieren der Orientierung der Lichtquelle mittels eines Justierantriebs oder einer Justiereinstelleinrichtung erzielen.

In einer Variante des Verfahrens beträgt das allenfalls geringfügige Abweichen des Betrags des zweiten spitzen Winkels von dem des ersten spitzen Winkels nicht mehr als etwa $\pm 5^\circ$.

In einer Variante des Verfahrens wird der spitze Winkel des auf das Bauteil gerichteten Lichts so bestimmt, dass das Licht bei einem als „in Ordnung“ inspizierten Bauteil (i) im Innern des Bauteils an einer zu inspizierenden Seitenfläche des Bauteils, und
5 (ii) im Innern des Bauteils im Bereich einer der Aufnahme zugewandten Stirnfläche des Bauteils reflektiert wird, und (iii) als ausfallendes Licht unter dem spitzen Winkel zur optischen Achse des bildgebenden Sensors aus der von der Aufnahme abgewandten Stirnfläche des Bauteils zu dem bildgebenden Sensor hin austritt (mit einem allenfalls geringfügigen Abweichen des Betrags des zweiten spitzen Winkels von dem
10 des ersten spitzen Winkels um nicht mehr als etwa $\pm 5^\circ$).

In einer Variante des Verfahrens rotiert die Aufnahme an einer ersten Wendeeinrichtung um eine erste Wendeachse, und nimmt dabei das Bauteil an der ersten Abgabestelle auf, fördert das Bauteil zu der ersten Ablagestelle, und legt das Bauteil an der
15 ersten Ablagestelle ab; und/oder rotiert die Aufnahme an einer zweiten Wendeeinrichtung um eine zweite Wendeachse, und übernimmt dabei das Bauteil an einer Übernahmestelle von einer Aufnahme der ersten Wendeeinrichtung, fördert das Bauteil zu einer zweiten Ablagestelle, und legt das Bauteil an der zweiten Ablagestelle ab, wobei die erste Wendeachse und die zweite Wendeachse voneinander beabstan-
20 det, und um einen Winkel von etwa 90° zueinander versetzt sind, und wobei an der Übernahmestelle die Aufnahme der ersten Wendeeinrichtung und die Aufnahme der zweiten Wendeeinrichtung miteinander derart fluchten, dass das Bauteil von der ersten Wendeeinrichtung zu der zweiten Wendeeinrichtung zu übergeben ist.

In einer Variante des Verfahrens wird die Aufnahme von der Abgabestelle zu der Ablagestelle auf einem Pfad geführt, auf dem das durch die Aufnahme geförderte Bauteil eine optische Einrichtung passiert, und/oder eine oder mehrere Licht-Umlenk- und/oder -Bündelungs-Einrichtungen der optischen Einrichtung lenken aus der ersten der Stirnflächen des Bauteils austretendes Licht zu dem bildgebenden Sensor hin.
25
30

In einer Variante des Verfahrens werden die die optische Einrichtung passierende Aufnahme und die Licht-Umlenk- und/oder -Bündelungs-Einrichtungen zueinander in ihrem Abstand so verändert, dass das von der Aufnahme geförderte Bauteil zumindest in seinem Inneren zwischen der ersten und der zweiten der Stirnflächen des
35 Bauteils entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors durch den bildgebenden Sensor optisch erfasst wird.

- 5 In einer Variante des Verfahrens trägt eine Trageinheit, ausgestattet mit einer in der Trageinheit befindlichen Durchgangsöffnung, eine Mehrzahl, zum Beispiel, vier Licht-Umlenk-Einrichtungen; die Licht-Umlenk-Einrichtungen werden um die Durchgangsöffnung herum angeordnet; die Trageinheit wird entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors verfahren oder verstellt, wodurch die Gesamtheit der Mehrzahl der Licht-Umlenk-Einrichtungen entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors verlagert wird; eine Verstelleinrichtung verlagert eine Auswahl der Mehrzahl der Licht-Umlenk-Einrichtungen entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors; und/oder die Trageinheit trägt zu jeder der um die Durchgangsöffnung herum angeordneten Licht-Umlenk-Einrichtungen wenigstens eine Lichtquelle, wobei die wenigstens eine Lichtquelle an der Trageinheit so angeordnet, und vorzugsweise justiert wird, dass von ihr abgegebenes Licht, vorzugsweise durch die Durchgangsöffnung hindurch, auf die erste der Stirnflächen des zu inspizierenden Bauteils fällt, wenn dieses die optische Einrichtung passiert.
- 10
- 15 Unter wenigstens einer Lichtquelle zu jeder der um die Durchgangsöffnung herum angeordneten Licht-Umlenk-Einrichtungen seien zum Beispiel LED-Zeilen mit 1 – 10 (IR-)LEDs verstanden. Es ist jedoch auch möglich, das Licht aus einer oder wenigen Lichtquellen ((IR-)LEDs) mittels Lichtleitern auf die um die Durchgangsöffnung herum angeordneten Licht-Umlenk-Einrichtungen zu richten, oder direkt mittels dem (IR-)Licht aus den Lichtleitern auf das Bauteil zu strahlen. Abhängig von den räumlichen Gegebenheiten kann anstelle der LED-Zeile bei größerem Platzangebot auch eine koaxiale Beleuchtung eingesetzt sein.
- 20
- 25 So bildet die hier vorgestellte Anordnung eine integrierte Handhabungs-/Inspektions-einrichtung. Bildgebende Sensoren inspizieren alle oder fast alle Deck- und/oder Seitenfläche(n) eines Bauteils.
- 30 Die hier vorgestellte Vorrichtung übernimmt Bauteile von einem zum Beispiel horizontal im oberen Bereich der Vorrichtung angeordneten Bauteilvorrat (Waferscheibe) mit einer zum Beispiel ortsfesten Ausstoßeinheit. Relativ zu dieser Ausstoßeinheit bewegt sich der Bauteilvorrat in der Ebene. Die Ausstoßeinheit bewirkt durch eine Nadel oder berührungslos (z.B. durch einen Laserstrahl), dass die Bauteile einzeln von dem Bauteilvorrat freikommen und von einer Aufnahme aufgenommen werden.
- 35 Die ausgestoßenen Bauteile werden einem oder mehreren Inspektionsprozessen zugeführt und abschließend abgelegt. Schlechtteile können dabei ausgeschleust werden. Die in den Übergabevorgang integrierte optische Untersuchung des Bauteils gliedert sich in mehrere Untersuchungsvorgänge auf. Die Förderung / der Transport

5 der Bauteile geschieht, während die Aufnahmen der Wendeeinrichtungen jeweils ein Bauteil halten. Ein gehaltenes Bauteil passiert während des Transports einzelne Untersuchungsverfahren. Die erfassten (Bild-)Daten der bildgebenden Sensoren können dabei auch dazu dienen, die Positionsregelung der Manipulatoren (Aufnahmen) und der Empfangsstellen zu koordinieren. Die Bauteilförderung ist dazu eingerichtet, ein Bauteil im Wesentlichen kontinuierlich oder getaktet entlang seines Pfades zu fördern.

10 Die hier vorgestellte Anordnung und Verfahrensweise vereint funktional zwei Aspekte: Handhabung und Inspektion. Diese beiden Funktionen werden zur schnellen und präzisen qualitativen Beurteilung mehrerer / aller Seitenflächen und/oder des Innern der Bauteile zeitlich und räumlich ineinander verwoben, während diese schnell aus dem Bauteilvorrat vereinzelt entnommen und durch die Inspektion als Gutteile klassifiziert an der oder den Empfangsstellen präzise abgesetzt werden.

15 Die Bauteilhandhabungsvorrichtung hat zwei vorzugsweise geregelt betriebene, vorzugsweise im Wesentlichen orthogonal (90° plus minus bis zu 15°) zueinander angeordnete, in etwa stern- oder radförmige Wendeeinrichtungen. Die Wendeeinrichtungen könnten auch eine rechteckige Gestalt haben. Jede dieser Wendeeinrichtungen trägt mehrere in einigen Varianten auch zu ihrer Drehachse radial verfahrbare Aufnahmen, um die Bauteile jeweils auf einer Aufnahme durch Unterdruck fixiert innerhalb eines Schwenkwinkels zwischen Bauteil-Übernahme und -Übergabe einer oder mehreren Prozess-Stationen zur Inspektion, Schlechteilausschleusung und ggf. weiteren Stationen zuzuführen.

25 Bei der hier vorgestellten Vorrichtung tragen die stern- oder radförmigen Wendeeinrichtungen die Bauteile an radial nach außen weisenden Aufnahmen, die am (gedachten) Umfang der einen oder beiden Wendeeinrichtungen angeordnet sind. Dies ist im Unterschied zu solchen Vorrichtungen zu sehen, bei denen die Aufnehmer einer oder beider Wendeeinrichtungen parallel zur deren Rotationsachse orientiert sind.

30 Die in den einzelnen Untersuchungsvorgängen durch die bildgebenden Sensoren erfasste(n) (oberen/unteren) Deck- und/oder (seitlichen) Mantelfläche(n) eines Bauteils können voneinander abweichende Deck- und/oder Mantelflächen des Bauteils sein.

Ein Aspekt der optischen Untersuchung sieht vor, dass die Bauteilförderung mit einem Bauteil den Förderpfad im Wesentlichen ohne oder nahezu ohne Stillstand absolviert. Dabei werden während der Bewegung oder während der minimalen Stillstandszeiten mit dem bildgebenden Sensor die gewünschten Bilder erfasst. Diese Bilder werden anschließend mit Methoden der Bildverarbeitung ausgewertet. Eine Variante dieser optischen Erfassung / Untersuchung sieht vor, dass als bildgebende Sensoren eine oder mehrere Farb-Kameras oder Schwarzweiß-Kameras vorgesehen sind.

Die bildgebenden Sensoren können dabei als Licht-Umlenk- und/oder Zerstreuungs- und/oder -Bündelungs- und/oder -Polarisierungs-Einrichtungen, etc. einen oder mehrere Spiegel, optische Prismen, Linsen, Polarisationsfilter oder dergl. haben.

Die Lichtquellen können durch eine Steueranordnung in dem Moment jeweils kurz eingeschaltet werden, wenn sich die Aufnahme mit dem Bauteil im jeweiligen Erfassungsbereich des bildgebenden Sensors befindet, so dass das Bauteil mit einem kurzen Lichtblitz zur Erfassung durch den jeweiligen bildgebenden Sensor belichtet werden kann. Alternativ kann eine dauerhafte Beleuchtung verwendet werden.

Der Vorrichtung ist in einer Variante eine Abgabeeinrichtung zugeordnet, die dazu eingerichtet ist, jeweils ein Bauteil aus dem strukturierten Bauteilvorrat an eine durch die Steuerung entsprechend positionierten Aufnahme der ersten Wendeeinrichtung abzugeben. Dies kann ein Bauteil-Ausstoßer (die ejector) sein, der das Bauteil durch die Waferträgerfolie hindurch mittels einer Nadel abstößt oder ein Laserpulsgeber, der die Haftkraft des Bauteils an der Trägerfolie gezielt verringert und so das Bauteil von der Trägerfolie ablöst. Der Abgabeeinrichtung ist in einer Variante ein Lage- und/oder Eigenschaftssensor zugeordnet, der dazu eingerichtet ist, die Lage der Abgabeeinrichtung relativ zu dem abzugebenden Bauteil und/oder Lagedaten des abzugebenden Bauteils, und/oder Eigenschaften des abzugebenden Bauteils zu erfassen und für die Steuerung zum Betätigen der Abgabeeinrichtung zur Verfügung zu stellen.

Bei der Vorrichtung sind in einer Variante die Aufnahmen der ersten und/oder der zweiten Wendeeinrichtung dazu eingerichtet, radial zur Drehachse oder dem Drehzentrum der jeweiligen Wendeeinrichtung kontrolliert aus- und eingefahren zu werden, und/ oder zum Empfangen und Abgeben eines zu fördernden Bauteils kontrolliert mit Unterdruck und/oder Überdruck beaufschlagt zu werden, und/ oder um ihre jeweilige radiale Bewegungsachse unbeweglich zu sein, oder um ihre jeweilige radiale Bewegungsachse um einen Drehwinkel kontrolliert gedreht zu werden.

Bei einer Vorrichtung dieser Art sind in einer Variante den Aufnahmen der ersten und/oder der zweiten Wendeeinrichtung zum radialen Aus-/Einfahren bei der Spendestelle, der Übergabestelle zwischen den ersten und zweiten Wendeeinrichtungen diesen zugeordnete Linearantriebe vorgesehen. Diese Linearantriebe greifen in die
5 entsprechend positionierten Aufnahmen jeweils von außerhalb der jeweiligen Wendeeinrichtungen ein und fahren die jeweilige Aufnahme radial aus- und ein. In einer anderen Variante fahren diese Linearantriebe die jeweilige Aufnahme lediglich aus, während eine Rückstellfeder die jeweilige Aufnahmen einfährt. In einer weiteren Variante ist jeder der Aufnahmen ein bidirektionaler oder unidirektionaler Radialantrieb
10 zugeordnet.

In einer Variante der Bauteilhandhabungsvorrichtung stellen Ventile zu jeder der einzelnen Aufnahmen individuell und positionsgerecht eine Zuführung von Unterdruck und Überdruck bereit um frei oder positionsgesteuert die Funktionen: (i) Ansaugen
15 des Bauteils, (ii) Halten des Bauteils, (iii) Ablegen des Bauteils mit oder ohne gesteuertem Abblas-Impuls, und/oder freies Abblasen des Bauteils zu realisieren.

In einer Variante der Vorrichtung sind der ersten Wendeeinrichtung zwischen der Spendestelle und der Übergabestelle, und/oder der zweiten Wendeeinrichtung zwischen der Übergabestelle und der Ablageestelle jeweils Lage- und Eigenschaftssensoren zugeordnet. Diese Sensoren sind dazu eingerichtet, Lagedaten und/oder Eigenschaften des geförderten Bauteils und/oder Positionsdaten zur Lageregelung der Manipulatoren (Aufnehmer) und der Empfangsstellen zu erfassen und für die Steuerung zur Verfügung zu stellen.
20

25 In einer Variante der Bauteilhandhabungsvorrichtung sind der ersten und/oder der zweiten Wendeeinrichtung jeweils eine ganzzahlige Anzahl von n Aufnahmen zugeordnet. Dabei gilt $n \geq 2$. Die Anzahl der Aufnahmen der ersten Wendeeinrichtung und die Anzahl der Aufnahmen der zweiten Wendeeinrichtung können dabei gleich
30 oder unterschiedlich sein.

In einer Variante der Bauteilhandhabungsvorrichtung schließen die ersten, zweiten und/oder dritten Achsen zueinander jeweils einen Winkel von 90° plus/minus maximal 10° oder 15° ein.
35

Die Lage- und Eigenschaftssensoren können bildgebende Sensoren mit geradlinigen oder abknickenden optischen Achsen sein.

In einer Variante der Bauteilhandhabungsvorrichtung sind die ersten und/oder zweiten Wendeeinrichtungen zumindest annähernd stern- oder radförmig ausgestaltet. Die Wendeeinrichtungen können präzisionsgelagert sein und ihre Positionierung längs der jeweiligen Achsen bzw. um die jeweiligen Achsen kann mittels axial ange-

5 ordnetem linear bzw. rotatorisch wirkendem Antrieb erfolgen, gepaart mit einem hochauflösenden (zum Beispiel rotatorischen oder linearen) Encoder. Die jeweiligen Aufnahmen können am äußeren Umfang verteilt angeordnet sein und radial nach außen weisende Saugkontaktstellen für die zu fördernden Bauteile haben.

- 10 Ein Vorteil der axial um etwa 90° versetzten Anordnung der Wendeeinrichtungen zueinander besteht darin, dass die Bauteile in ihrer Lage während des Förder-Prozesses bei Übergabe von einer Wendeeinrichtung zur nächsten eine 90°-Drehung um die Aufnahmenachse, relativ zur jeweiligen Bewegungsebene der Aufnehmer (bzw. Wendeeinrichtung-Achse) ausführen, ohne, dass dafür die Aufnahme selbst rotatorisch
- 15 verfahrbar gelagert werden muss. Diese Orientierungsänderung der Bauteile ermöglicht wiederum eine wesentliche vereinfachte Inspektion der vier Bauteil-Schnittflächen (=Bauteilseitenflächen). Hierfür dient ein durch je ein, der Bauteil-Schnittfläche zugewandtes, orthogonal zur Aufnahmen-Bewegungsebene (also in axialer Richtung der Wendeeinrichtung) angeordnetes Kamera-System mit vorzugsweise sehr gering-
- 20 em Abstand zu den Bauteil-Schnittflächen (= Mantelflächen des Bauteils) selbst.

Die hier vorgestellten Varianten sind im Vergleich zum Stand der Technik kostengünstiger und bieten einen höheren Bauteiledurchsatz, mehr Zeit für Inspektionen und haben weniger bewegte Massen.

25

Kurzbeschreibung der Figuren

Weitere Merkmale, Eigenschaften, Vorteile und mögliche Abwandlungen werden für einen Fachmann anhand der nachstehenden Beschreibung deutlich, in der auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen ist. Dabei zeigen die Fig. schematisch

30 eine optische Untersuchungseinrichtung für ein Bauteil.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Seitenansicht eine Vorrichtung zum optischen Inspeizieren eines Bauteils, welches durch eine Wendeeinrichtung aus einer Abgabeposition in eine Ablageposition fördert.

35

Die Fig. 2 – 4 zeigen die in Fig. 1 eingekreiste Detailsituation Z zur Durchdringung des Bauteils mit Licht und des Lichtwegs sowie dessen Varianten im Innern des Bauteils um 90° gegen den Uhrzeigersinn gedreht.

Fig. 2a erläutert die Detailsituation Y bei dem Ein-/Austraten des Lichtstrahls an der ersten Stirnfläche S1 und der Reflexion an der zweiten Stirnfläche S2 des Bauteils B.

5

Detaillierte Beschreibung der Figuren

In Fig. 1 ist eine optische Bauteilinspektionsvorrichtung 100 zum Inspizieren eines an einer Aufnahme 12 befindlichen Bauteils B in Form elektronischer Halbleiterchips veranschaulicht. Die hier vorgestellte Bauteilinspektionsvorrichtung 100 übernimmt die Bauteile B von einem horizontal im oberen Bereich der Bauteilinspektionsvorrichtung 100 angeordneten, nicht näher dargestellten Bauteilvorrat BV, zum Beispiel einer Waferscheibe. Mögliches Eingangs-Ausgangs-Material könnte an beiden Positionen Tape oder Wafer, Wafflepack, JEDEC tray etc. sein, oder eine Mischung, z. B. Wafer zu Tape oder umgekehrt. Auch Wafer zu Wafer oder Rolle zu Rolle Lösungen sind möglich.

Eine Ausstoßeinheit 110 arbeitet hier mit einer durch eine Steuerung kontrollierten Nadel 112 oder sie arbeitet zum Beispiel berührungslos mit einem Laserstrahl, um die Bauteile B einzeln von dem Bauteilvorrat BV freizugeben, damit sie einer ersten Wendeeinrichtung 130 zugeführt werden. Diese erste Wendeeinrichtung 130 hat die Form eines Sterns oder Rades und hat an ihrem Umfang mehrere (im gezeigten Beispiel acht) Aufnahmen 132 für die vereinzelteten Bauteile B. Jede Aufnahme 132 ist dazu eingerichtet, wenn sie sich bei der 0°-Position der ersten Wendeeinrichtung 130 der Ausstoßeinheit 110 am nächsten befindet, das Bauteil B an einer Abgabestelle 136 von dem Bauteilvorrat BV aufzunehmen, entlang eines Förderpfades 140 zu einer Ablagestelle 138 zu fördern, und bei der 180°-Position der ersten Wendeeinrichtung 130 an der Ablagestelle 138 abzulegen.

Die Aufnahmen 132 sind radial nach außenweisend am (gedachten) Umfang der stern- oder radförmigen ersten Wendeeinrichtung 130 angeordnet und tragen die Bauteile B. Die Aufnahmen 132 sind in der gezeigten Variante zur Drehachse 134 der ersten Wendeeinrichtung 130 gesteuerte, radial aus- und ein-fahrbare Saugpipetten. Die Verfahransteuerung und die Unterdruck-Leitungen sind der Übersicht wegen nicht in der Fig. 1 gezeigt. Somit können diese Aufnahmen 132 die Bauteile B, jeweils an einer der Aufnahmen 132 fixiert, innerhalb eines Schwenkwinkels – hier zwischen 0° und 180° – zwischen Bauteil-Abgabestelle 136 und der Bauteil-Ablagestelle 138 fördern.

Die erste Wendeeinrichtung 130 rotiert das Bauteil B, gesteuert von der nicht weiter veranschaulichten Steuerung um ihre Drehachse, zu einer ersten Übergabestelle um einen ersten vorbestimmten Winkel, hier 180°. Dabei wird das Bauteil B um seine Längs- oder Querachse gewendet.

5

Wie in Fig. 1 veranschaulicht, ist an der ersten Wendeeinrichtung 130 in der Inspektionsposition (bei 90° der ersten Wendeeinrichtung 130 in der Fig. 1) die optische Bauteilinspektionsvorrichtung 100 zum optischen Inspizieren des Bauteils B angeordnet. Ein zentral auf eine von der Aufnahme 132 abliegende ersten Stirnfläche S1 des Bauteils B gerichteter erster bildgebender Sensor 150 dient zur Inspektion des Bauteils B mit Licht aus einer IR-Lichtquelle 154 und einer Lichtquelle 152 für sichtbares Licht. Das Licht aus der IR-Lichtquelle 154 durchläuft eine Fresnel-Linsenanordnung 156 und wird durch einen um 45° zur optischen Achse geneigten, halbdurchlässigen Spiegel 158 um 90° umgelenkt. Der halbdurchlässige Spiegel 158 lässt auch das sichtbare Licht der Lichtquelle 152 geradlinig durch. Beide Lichtstrahlen (IR und sichtbares Licht) gehen durch einen Diffusor 160 und treffen auf einen weiteren, um 45° zur optischen Achse geneigten, halbdurchlässigen Spiegel 162, durch den sie um 90° in Richtung des Bauteils B umgelenkt werden. Das in Richtung des Bauteils B umgelenkte Licht geht durch einen dritten, um 45° zur optischen Achse OA geneigten, halbdurchlässigen Spiegel 164 und trifft entlang optischen Achse OA auf die erste Stirnfläche S1 des Bauteils B. Das von dort reflektierte Licht wird als Bild von dem bildgebenden Sensor 150 durch den weiteren halbdurchlässigen Spiegel 162 und durch den dritten halbdurchlässigen Spiegel 164 hindurch erfasst.

Die Aufnahme 132 ist von der Abgabestelle 136 zu der Ablagestelle 138 auf einem Pfad 140 geführt, auf dem das durch die Aufnahme geförderte Bauteil die oben beschriebene optische Einrichtung mit ihren Licht- Umlenk- und/oder Bündelungseinrichtungen passiert. Diese optische Einrichtung lenkt das aus der ersten Stirnfläche S1 des Bauteils B austretende Licht zu dem ersten bildgebenden Sensor 150 hin.

30

Die optische Bauteilinspektionsvorrichtung 100 in der Fig. 1 umfasst des Weiteren mehrere Lichtquellen 170, die Licht, insbesondere IR-Licht, abgeben, das unter einem ersten spitzen Winkel α_1 zur optischen Achse OA eines zweiten bildgebenden Sensors 180 auf die erste der Stirnflächen S1 des Bauteils B fällt, wenn das an der Aufnahme 132 befindliche Bauteil B mit der ersten seiner Stirnflächen S1 zumindest annähernd normal (etwa $90^\circ \pm \text{etwa } 10^\circ$) zur optischen Achse OA des bildgebenden Sensors 180 orientiert ist. Mit dem bildgebenden Sensor 180 ist so wenigstens eine der Seitenflächen S3, S4 des durch die Aufnahme 132 geförderten Bauteils

35

B und zumindest ein Bereich im Innern des Bauteils B nahe einer zweiten der Stirnflächen S2 und nahe jeweiligen der Seitenflächen S3, S4 optisch zu inspizieren. Wenigstens eine der Seitenflächen wird in der hier gezeigten Lösung von innen auf deren Unebenheiten inspiziert, indem die Lichtstrahlen an der inneren Seite der Seitenfläche reflektiert werden (siehe auch Fig. 4). So ist kein weiterer bildgebender Sensor zur Inspektion äußerer Unebenheiten erforderlich. Alle Laser Groove Schäden können so mit denselben Lichtstrahlen und bildgebenden Sensor inspiziert werden. Die beiden bildgebenden Sensoren 150 und 180 sind in der hier gezeigten Variante ähnlich oder identisch aufgebaut. Je nach verwendetem Licht ist die spektrale Empfindlichkeit der bildgebenden Sensoren 150 und 180 auf die jeweiligen Lichtquellen abgestimmt.

Wie in Fig. 1 veranschaulicht, befindet sich eine radial außerhalb der 90° Position der ersten Wendeeinrichtung 130 angeordnete Trageinheit 190. Diese Trageinheit 190 hat eine im Wesentlichen L-förmige Gestalt, wobei ein zur Aufnahme 132 hin orientierter Schenkel des L in etwa parallel zu einem an der Aufnahme 132 befindlichen Bauteil ausgerichtet ist. In diesem zur Aufnahme 132 hin orientierten Schenkel des L der Trageinheit 190 befindet sich eine Durchgangsöffnung 194, durch welche die optische Achse OA zentral hindurch verläuft. Am Rand der Durchgangsöffnung 194 sind eine Mehrzahl, hier vier, Licht-Umlenk-Einrichtungen 196 in Form von Prismen angeordnet. Die Trageinheit 190 ist entlang der optischen Achse OA des bildgebenden Sensors 150 durch einen Antrieb 192 zu verfahren oder zu verstellen, wodurch die Gesamtheit der Licht-Umlenk-Einrichtungen 196 entlang der optischen Achse OA zu verlagern ist. Eine weitere Verstelleinrichtung 198 ist für eine Auswahl der Mehrzahl, hier 2 der 4, der Licht-Umlenk-Einrichtungen 196 dazu vorgesehen, diese Auswahl entlang der optischen Achse OA zu verlagern. Damit sind jeweils zwei am Umfang der Durchgangsöffnung 194 gegenüberliegende Licht-Umlenk-Einrichtungen 196 gemeinsam auf die gewünschte Bildebene in/an dem Bauteil B zu fokussieren.

Die Trageinheit 190 trägt somit sowohl die Licht-Umlenk-Einrichtungen 196 als auch die jeweiligen Lichtquellen 170. Das jeweils aus einer der Lichtquellen 170 kommende Licht fällt (durch die Durchgangsöffnung 194) unter dem Winkel α_1 auf die erste Stirnfläche S1 des Bauteils B, dringt durch die erste Stirnfläche S1 in das Bauteil B ein, wird im Innern des Bauteils an der Innenseite der entsprechenden Seitenfläche S3, S4 .. auf die Innenseite der zweiten Stirnfläche S2 und von dort zurück zur ersten Stirnfläche S1 reflektiert, sofern (i) die jeweilige Seitenfläche eine durchgehend glatte Schnittfläche hat, und (ii) sich an der Innenseite der zweiten Stirnfläche S2 insbesondere im Rand- oder Kantenbereich zur jeweiligen Seitenfläche keine

Schichten des Halbleiteraufbaus in dem Bauteil B ablösen. An der ersten Stirnfläche S1 tritt das Licht unter dem Winkel α_2 wieder aus dem Bauteil B aus und fällt (durch die Durchgangsöffnung 194) unter dem Winkel α_2 auf die zugehörige der Licht-Umlenk-Einrichtungen 196. Von dort gelangt das Licht auf den dritten, um 45° zur optischen Achse geneigten, halbdurchlässigen Spiegel 164, der das Licht auf eine vierte, um 45° zur optischen Achse geneigte Licht-Umlenk-Einrichtung (Prisma) 202 umlenkt, die wiederum das Licht dem bildgebenden Sensor 180 zuführt. Auch das Licht aus den beiden Lichtquellen 152 und 154 durchdringt die Durchgangsöffnung 194. Ein Teil der Strahlen aus der IR-Lichtquelle 154 wird auch an den Prismen 196 mit abgelenkt und kann in zweiter Linie für die laser groove Inspektion dienen. Diese Lichtstrahlen fallen ebenfalls durch die Durchgangsöffnung 194. Die IR-Lichtquelle 170 (IR-Ringlicht) ist in diesem Fall die primäre IR-Lichtquelle für die laser groove Inspektion und ist unter einem Winkel angeordnet, um noch besser und gezielt die Laser groove Bereiche für die Inspektion auszuleuchten.

In der hier gezeigten Variante ist jede der Lichtquellen 170 so zu orientieren, dass das Licht bei einem als „in Ordnung“ in Bezug auf Unebenheiten an einer Seitenfläche S3, S4 des Bauteils B und/oder Ablösungen von wenigstens einer Schicht im Bereich einer zweiten der Stirnflächen S2 inspizierten Bauteil B aus der ersten der Stirnflächen S1 des Bauteils B unter einem zweiten spitzen Winkel α_2 zur optischen Achse des bildgebenden Sensors 180 so austritt, dass der Betrag des zweiten spitzen Winkels α_2 von dem des ersten spitzen Winkels α_1 allenfalls geringfügig abweicht. In der in Fig. 1 ff gezeigten Ausgestaltung sind die beiden Winkel α_1 und α_2 praktisch identisch.

In der Fig. 1 ist die Lichtquelle 170 an der Trageinheit 190 auf der von der Aufnahme 132 abgewandten Seite der Durchgangsöffnung 194 angeordnet. So geht sowohl das Licht aus der Lichtquelle 170 als auch das zum bildgebenden Sensor 180 zurückgehende Licht durch die Durchgangsöffnung 194. In einer nicht weiter veranschaulichten Variante ist die Lichtquelle 170 an der Trageinheit 190 auf der der Aufnahme 132 zugewandten Seite der Durchgangsöffnung 194 angeordnet. Dabei geht nur das zum bildgebenden Sensor 180 zurückgehende Licht durch die Durchgangsöffnung 194.

Die in Fig. 1 eingekreiste Detailsituation Z zu der Durchdringung des Bauteils B mit Licht und des Lichtwegs sowie dessen Varianten im Innern des Bauteils B sind in den Fig. 2 – 4 (um 90° gegen den Uhrzeigersinn gedreht) veranschaulicht. Fig. 2a erläutert die Detailsituation Y bei dem Ein-/Austritt des Lichtstrahls an der ersten Stirnfläche S1 und der Reflexion an der zweiten Stirnfläche S2 des Bauteils B.

So zeigt Fig. 2 den Weg durch ein unbeschädigtes Bauteil B, bei dem aus einer der Lichtquellen 170 kommendes Licht

- (a) unter dem Winkel α_1 auf die erste Stirnfläche S1 des Bauteils B fällt,
- 5 (b) abhängig von dem Brechungsindex (n) des Materials – im Beispiel Silizium Si – des Bauteils B, der Temperatur und der Wellenlänge des Lichts abgelenkt durch die erste Stirnfläche S1 in das Bauteil B eindringt,
- (c) im Innern des Bauteils an der Innenseite der entsprechenden Seitenfläche S3, S4 .. auf die Innenseite der zweiten Stirnfläche S2 reflektiert wird,
- 10 (d) von dort zurück zur ersten Stirnfläche S1 reflektiert wird,
- (e) abhängig von dem Brechungsindex des Materials des Bauteils B, der Temperatur und der Wellenlänge des Lichts abgelenkt unter dem Winkel α_2 aus der ersten Stirnfläche S1 des Bauteils B zu der zugehörigen der Licht-Umlenk-Einrichtungen 196 austritt, und den Weg zu dem bildgebenden Sensor 180 nimmt, sofern
- 15 (i) die jeweilige Seitenfläche eine durchgehend glatte Schnittfläche hat, und
- (ii) sich an der Innenseite der zweiten Stirnfläche S2 (insbesondere im Rand- oder Kantenbereich zur jeweiligen Seitenfläche) keine Schichten des Halbleitersaufbaus in dem Bauteil B (voneinander) ablösen. So ergibt sich ein austretendes Lichtmuster Hell Hell Hell Hell, H H H H. Dabei sei verstanden, dass sich dieses hier lediglich aus
- 20 vier Lichtstrahlen veranschaulichte Lichtmuster bei einem als in Ordnung inspizierten Bauteil auch mit dazwischenliegenden dunklen Streifen darstellen kann, je nach den geometrischen Gegebenheiten. Sofern das Lichtmuster über die Länge des Lichtstreifens 170v an einzelnen Stellen unterbrochen ist, deutet dies auf eine lokale Schicht-Ablösung oder Unebenheit hin.

25

- Dabei ist der spitze Winkel α_1 des auf das Bauteil B gerichteten Lichts in Abhängigkeit von dem Brechungsindex n des Materials des Bauteils B, der Wellenlänge und/oder der Höhe des Bauteils zwischen etwa -45° und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+5^\circ$ und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+15^\circ$ und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+25^\circ$ und
- 30 etwa $+45^\circ$, oder zwischen etwa $+30^\circ$ und etwa $+45^\circ$ bestimmt. In der in den Fig. gezeigten Ausgestaltung ist die Lichtquelle 170 dazu eingerichtet, infrarotes Licht mit einer Wellenlänge zwischen etwa 780 nm und etwa 1000 nm (zum Beispiel 900 nm) abzugeben. Auch Licht mit SWIR (short wave IR) bis etwa 1500 nm ist einsetzbar. Da Bauteile B in der Regel ein siliziumhaltiges Substratmaterial aufweisen, und die
- 35 Temperatur des Substratmaterials etwa $300\text{ °K} \pm \text{etwa } 10\text{ °K}$ beträgt, ist der spitze Winkel α_1 des auf das Bauteil gerichteten Lichts in der hier veranschaulichten Variante auf etwa $33^\circ \pm \text{etwa } 3^\circ$ bestimmt.

Der bildgebende Sensor 180 erfasst das aus der ersten Stirnfläche S1 des Bauteils B austretende Licht und signalisiert eine Verteilung der Intensität des austretenden Lichts an eine nicht weiter veranschaulichte Auswerteeinrichtung, eine Rechneinheit, die zur Bilddatenverarbeitung programmiert ist. Insbesondere erkennt die Auswerteeinrichtung, abhängig von der signalisierten Verteilung der Intensität des aus der ersten Stirnfläche S1 des Bauteils B austretenden Lichts zumindest abschnittsweise Unebenheiten an einer Seitenfläche des Bauteils B und/oder abschnittsweise Ablösungen von wenigstens einer Schicht im Bereich einer zweiten Stirnfläche S2. Wie in Fig. 2 veranschaulicht, liefert die Lichtquelle 170 einen Lichtstreifen 170v, der unter dem ersten spitzen Winkel α_1 in einem zu inspizierenden Kantenbereich des Bauteils B auf die erste Stirnfläche S1 des Bauteils B fällt.

In der vorliegenden Konfiguration liefert die Lichtquelle 170 das infrarote Licht mit einer Wellenlänge von etwa 900 nm; das Bauteil weist ein siliziumhaltiges Substratmaterial und die Temperatur des Substratmaterials beträgt etwa $300\text{ °K} \pm \text{etwa } 10\text{ °K}$; in diesem Fall beträgt der erste spitze Winkel α_1 des auf das Bauteil B gerichteten Lichts etwa $33^\circ \pm \text{etwa } 3^\circ$. Auch SWIR (short wave IR) bis etwa 1500 nm ist einsetzbar.

Das allenfalls geringfügige Abweichen des Betrags des zweiten spitzen Winkels α_2 von dem des ersten spitzen Winkels α_1 beträgt nicht mehr als etwa $\pm 5^\circ$.

In der Fig. 3 ist veranschaulicht, wie sich eine ebene oder glatte Schnittfläche an der Seite des Bauteils B in Verbindung mit einer Ablösung im Kantenbereich zwischen der Seitenfläche und der zweiten Stirnfläche S2 des Bauteils B auf das Lichtmuster auswirkt, welches von dem bildgebenden Sensor 180 erfasst wird. Ersichtlich wird das Licht von der glatten Seitenfläche zwar vollständig auf die zweite Stirnfläche S2 umgelenkt. Im Bereich der Schichtablösung SA im Kantenbereich zwischen der Seitenfläche und der zweiten Stirnfläche S2 des Bauteils B wird das Licht jedoch nicht zur ersten Stirnfläche S1 reflektiert. So ergibt sich das Lichtmuster Dunkel Dunkel Hell Hell, D D H H.

In der Fig. 4 ist veranschaulicht, wie sich eine unebene Schnittfläche an der Seite des Bauteils B im Kantenbereich zwischen der Seitenfläche und der zweiten Stirnfläche S2 des Bauteils B auf das Lichtmuster auswirkt, welches von dem bildgebenden Sensor 180 erfasst wird. Ersichtlich wird das Licht von der im oberen Bereich glatten Seitenfläche vollständig auf die zweite Stirnfläche S2 umgelenkt, und von dort zur ersten Stirnfläche S1 reflektiert. Im Kantenbereich zwischen der Seitenfläche und der

zweiten Stirnfläche S2 des Bauteils B wird das Licht jedoch nicht zur zweiten Stirnfläche S2 umgelenkt, und in der Folge auch nicht zur ersten Stirnfläche S1 reflektiert. So ergibt sich das Lichtmuster Dunkel Dunkel Hell Hell, D D H H.

5 In der in Fig. 1 veranschaulichten Variante ist die Aufnahme 132 Teil der ersten Wendeeinrichtung 130, die um die erste Wendeachse 134 rotiert. Dabei wird das Bauteil B an der ersten Abgabestelle aufgenommen, zu der ersten Ablagestelle gefördert, und dort abgelegt. In einer bildlich nicht weiter dargestellten Variante ist die Aufnahme 132 Teil einer zweiten Wendeeinrichtung, die um eine zweite Wendeachse rotiert
10 und dabei das Bauteil B an einer Übernahmestelle von einer Aufnahme der ersten Wendeeinrichtung 130 übernimmt, zu einer zweiten Ablagestelle fördert, und an der zweiten Ablagestelle ablegt. Dabei sind die erste Wendeachse und die zweite Wendeachse voneinander (in Z-Richtung) beabstandet, und um einen Winkel von etwa 90° zueinander versetzt. An der Übernahmestelle fluchten die Aufnahme der zweiten
15 Wendeeinrichtung und die Aufnahme der zweiten Wendeeinrichtung miteinander derart, dass das Bauteil von der ersten Wendeeinrichtung zu der zweiten Wendeeinrichtung zu übergeben ist.

Die vorangehend beschriebenen Varianten der Vorrichtung sowie deren Aufbau- und Betriebsaspekte dienen lediglich dem besseren Verständnis der Struktur, der Funktionsweise und der Eigenschaften; sie schränken die Offenbarung nicht etwa auf die Ausführungsbeispiele ein. Die Fig. sind teilweise schematisch, wobei wesentliche Eigenschaften und Effekte zum Teil deutlich vergrößert dargestellt sind, um die Funktionen, Wirkprinzipien, technischen Ausgestaltungen und Merkmale zu verdeutlichen.
25 Dabei kann jede Funktionsweise, jedes Prinzip, jede technische Ausgestaltung und jedes Merkmal, welches/welche in den Fig. oder im Text offenbart ist/sind, mit allen Ansprüchen, jedem Merkmal im Text und in den anderen Fig., anderen Funktionsweisen, Prinzipien, technischen Ausgestaltungen und Merkmalen, die in dieser Offenbarung enthalten sind oder sich daraus ergeben, frei und beliebig kombiniert werden, so dass alle denkbaren Kombinationen der beschriebenen Vorgehensweise zuzuordnen sind. Dabei sind auch Kombinationen zwischen allen einzelnen Ausführungen im Text, das heißt in jedem Abschnitt der Beschreibung, in den Ansprüchen und auch Kombinationen zwischen verschiedenen Varianten im Text, in den Ansprüchen und in den Fig. umfasst. Auch die Ansprüche limitieren nicht die Offenbarung und damit die
30 Kombinationsmöglichkeiten aller aufgezeigten Merkmale untereinander. Alle offenbarten Merkmale sind explizit auch einzeln und in Kombination mit allen anderen Merkmalen hier offenbart.

Patentansprüche

1. Eine optische Bauteilinspektionsvorrichtung (100) zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils (B), wobei
- 5 - die Aufnahme (132) dazu eingerichtet und bestimmt ist, das Bauteil (B) an einer Abgabestelle (136) aufzunehmen, entlang eines Förderpfades (140) zu einer Ablagestelle (138) zu fördern, und an der Ablagestelle (138) abzulegen;
- eine Lichtquelle dazu eingerichtet und bestimmt ist, Licht abzugeben, das unter einem ersten spitzen Winkel (α_1) zur optischen Achse eines bildgebenden Sensors
- 10 auf eine erste der Stirnflächen des Bauteils fällt, wenn das an der Aufnahme befindliche Bauteil (B) mit der ersten seiner Stirnflächen zumindest annähernd normal (etwa $90^\circ \pm$ etwa 10°) zur optischen Achse des bildgebenden Sensors orientiert ist;
- der bildgebende Sensor dazu eingerichtet und bestimmt ist, wenigstens eine der Seitenflächen des durch die Aufnahme (132) geförderten Bauteils und/oder zumindest einen Bereich im Innern des Bauteils nahe einer zweiten der Stirnflächen und
- 15 nahe der jeweiligen Seitenflächen optisch zu inspizieren;
- der bildgebende Sensor (180) dazu eingerichtet und bestimmt ist, das aus der ersten der Stirnflächen des Bauteils austretende Licht zu erfassen und eine Verteilung der Intensität des austretenden Lichts an eine Auswerteeinrichtung (ECU) zu
- 20 signalisieren; und
- die Auswerteeinrichtung (ECU) dazu eingerichtet und bestimmt ist, abhängig von der signalisierten Verteilung der Intensität des austretenden Lichts zumindest abschnittsweise Unebenheiten an einer Seitenfläche (S3, S4 ...) des Bauteils und/oder abschnittsweise Ablösungen von wenigstens einer Schicht im Bereich einer zweiten
- 25 der Stirnflächen (S2) zu erkennen.
2. Die optische Bauteilinspektionsvorrichtung (100) zum Inspizieren eines an einer Aufnahme befindlichen Bauteils nach Anspruch 1, wobei
- die Aufnahme (132) von der Abgabestelle zu der Ablagestelle auf einem Pfad geführt ist, auf dem das durch die Aufnahme (132) geförderte Bauteil (B) eine optische
- 30 Einrichtung passiert, die eine oder mehrere Umlenk- und/oder Bündelungseinrichtungen umfasst, die dazu eingerichtet und bestimmt sind, aus der ersten Stirnfläche (S1) des Bauteils austretendes Licht zu dem bildgebenden Sensor (180) hinzulenken.
- 35
3. Die optische Bauteilinspektionsvorrichtung (100) zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach Anspruch 1 oder 2, wobei

- die Lichtquelle (170) dazu eingerichtet und bestimmt ist, wenigstens einen Lichtstreifen (170v) zu liefern, der unter dem ersten spitzen Winkel (α_1) in einem Kantenbereich des Bauteils auf die erste Stirnfläche (S1) des Bauteils fällt.

- 5 4. Die optische Bauteilinspektionsvorrichtung (100) zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach einem der Ansprüche 1 - 3, wobei die Lichtquelle (170) so orientiert ist, dass
- 10 - der spitze Winkel (α_1) des auf das Bauteil (B) gerichteten Lichts so bestimmt wird, dass bei einem als in Ordnung inspizierten Bauteil (B) aus der Lichtquelle (170) kommendes Licht
- (a) unter dem Winkel (α_1) auf die erste Stirnfläche (S1) des Bauteils fällt,
- (b) abhängig von dem Brechungsindex (n) des Materials des Bauteils, der Temperatur und der Wellenlänge des Lichts abgelenkt durch die erste Stirnfläche (S1) in das Bauteil (B) eindringt,
- 15 (c) im Innern des Bauteils an der Innenseite der entsprechenden Seitenfläche auf die Innenseite der zweiten Stirnfläche (S2) reflektiert wird,
- (d) von der Innenseite der zweiten Stirnfläche (2) zurück zur ersten Stirnfläche (S1) reflektiert wird,
- (e) abhängig von dem Brechungsindex (n) des Materials des Bauteils, der Temperatur und der Wellenlänge des Lichts abgelenkt unter dem Winkel (α_2) aus der ersten Stirnfläche des Bauteils zu der zugehörigen der Licht-Umlenk-Einrichtungen austritt, und den Weg zu dem bildgebenden Sensor (180) nimmt, sofern
- 20 (i) die jeweilige Seitenfläche eine durchgehend im Wesentlichen glatte Schnittfläche hat, und
- 25 (ii) sich an der Innenseite der zweiten Stirnfläche (S2) keine Schichten eines Halbleitersaufbaus in dem Bauteil (B) ablösen.

5. Die optische Bauteilinspektionsvorrichtung (100) zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei
- 30 - der erste spitze Winkel (α_1) des auf das Bauteil (B) gerichteten Lichts in Abhängigkeit von dem Brechungsindex des Materials des Bauteils, der Wellenlänge und/oder der Höhe des Bauteils zwischen etwa -45° und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+5^\circ$ und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+15^\circ$ und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+25^\circ$ und etwa $+45^\circ$, oder zwischen etwa $+30^\circ$ und etwa $+45^\circ$ bestimmt ist.

- 35 6. Die optische Bauteilinspektionsvorrichtung (100) zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei

- die Lichtquelle dazu eingerichtet ist, infrarotes Licht mit einer Wellenlänge zwischen etwa 780 nm und etwa 1000 nm (oder SWIR (short wave IR) bis etwa 1500 nm) abzugeben, und für den Fall, dass das Bauteil (B) ein siliziumhaltiges Substratmaterial aufweist und die Temperatur des Substratmaterials (Si) etwa 300 °K $\pm$ etwa 10 °K beträgt, der erste spitze Winkel (α_1) des auf das Bauteil (B) gerichteten Lichts etwa 33° $\pm$ etwa 3° beträgt, und/oder
- 5 - das ausfallende Licht unter dem zweiten spitzen Winkel (α_2) zur optischen Achse des bildgebenden Sensors (180) aus der von der Aufnahme (132) abgewandten ersten Stirnfläche des Bauteils zu dem bildgebenden Sensor (180) hin so austritt, dass der Betrag des zweiten spitzen Winkels (α_2) von dem des ersten spitzen Winkels (α_1) allenfalls geringfügig abweicht.
- 10 7. Die optische Bauteilinspektionsvorrichtung (100) zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils Anspruch 6, wobei
- 15 - das allenfalls geringfügige Abweichen des Betrags des zweiten spitzen Winkels von dem des ersten spitzen Winkels nicht mehr als etwa $\pm 10^\circ$ beträgt.
- 20 8. Die optische Bauteilinspektionsvorrichtung (100) zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach einem der Ansprüche 1 - 7, wobei
- 25 - die Aufnahme (132) Teil einer ersten Wendeeinrichtung ist, die dazu eingerichtet ist, um eine erste Wendeachse zu rotieren und dabei das Bauteil (B) an der ersten Abgabestelle aufzunehmen, zu der ersten Ablagestelle zu fördern, und an der ersten Ablagestelle abzulegen; und/oder
- 30 - die Aufnahme (132) Teil einer zweiten Wendeeinrichtung ist, die dazu eingerichtet und bestimmt ist, eine zweite Wendeachse zu rotieren und dabei das Bauteil (B) an einer Übernahmestelle von einer Aufnahme (132) der ersten Wendeeinrichtung zu übernehmen, zu einer zweiten Ablagestelle zu fördern, und an der zweiten Ablagestelle abzulegen, wobei die erste Wendeachse und die zweite Wendeachse voneinander beabstandet, und um einen Winkel von etwa 90° zueinander versetzt sind, und wobei an der Übernahmestelle die Aufnahme (132) der zweiten Wendeeinrichtung und die Aufnahme (132) der zweiten Wendeeinrichtung miteinander derart fluchten, dass das Bauteil (B) von der ersten Wendeeinrichtung zu der zweiten Wendeeinrichtung zu übergeben ist.
- 35 9. Die optische Bauteilinspektionsvorrichtung (100) zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach einem der Ansprüche 2 - 8, wobei

- die Aufnahme (132) von der Abgabestelle zu der Ablagestelle auf einem Pfad geführt ist, auf dem das durch die Aufnahme (132) geförderte Bauteil (B) eine optische Einrichtung passiert, und/oder
 - die optische Einrichtung eine oder mehrere Licht-Umlenk- und/oder -Bündelungs-Einrichtungen umfasst, die dazu eingerichtet und bestimmt sind, aus der ersten der Stirnflächen des Bauteils austretendes Licht zu dem bildgebenden Sensor (180) hinzulenken.
10. Die optische Bauteilinspektionsvorrichtung (100) zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach einem der Ansprüche 2 - 9, wobei
- die die optische Einrichtung passierende Aufnahme (132) und die Licht-Umlenk- und/oder -Bündelungs-Einrichtungen zueinander in ihrem Abstand so zu verändern sind, dass das von der Aufnahme (132) geförderte Bauteil (B) zumindest zwischen der ersten und der zweiten der Stirnflächen des Bauteils entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors durch den bildgebenden Sensor optisch zu erfassen ist.
11. Die optische Bauteilinspektionsvorrichtung (100) zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach einem der Ansprüche 2 - 10, wobei
- eine Trageinheit (190) mit einer in der Trageinheit (190) befindlichen Durchgangsöffnung (194) dazu vorgesehen ist, eine Mehrzahl, zum Beispiel, vier Licht-Umlenk-Einrichtungen (196) zu tragen,
 - die Licht-Umlenk-Einrichtungen (196) um die Durchgangsöffnung (194) herum angeordnet sind,
 - die Trageinheit (190) entlang der optischen Achse (OA) des bildgebenden Sensors (180) zu verfahren oder zu verstellen ist, wodurch die Gesamtheit der Mehrzahl der Licht-Umlenk-Einrichtungen (196) entlang der optischen Achse (OA) des bildgebenden Sensors (180) zu verlagern ist;
 - eine Verstelleinrichtung (198) für eine Auswahl der Mehrzahl der Licht-Umlenk-Einrichtungen (196) dazu vorgesehen ist, diese Auswahl entlang der optischen Achse (OA) des bildgebenden Sensors (180) zu verlagern; und/oder
 - die Trageinheit (190) eingerichtet und bestimmt ist, zu jeder der um die Durchgangsöffnung (194) herum angeordneten Licht-Umlenk-Einrichtungen (196) wenigstens eine Lichtquelle (170) zu tragen, wobei die wenigstens eine Lichtquelle (170) an der Trageinheit (190) so angeordnet, und vorzugsweise justierbar ist, dass von ihr abgegebenes Licht, vorzugsweise durch die Durchgangsöffnung (194) hindurch, auf die erste der Stirnflächen (S1) des zu inspizierenden Bauteils fällt, wenn dieses die optische Einrichtung passiert.

12. Ein optische Bauteilinspektionsverfahren zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils, mit den Schritten:

- das Bauteil (B) an einer Abgabestelle aufnehmen, entlang eines Förderpfades zu einer Ablagestelle fördern, und an der Ablagestelle ablegen;
- 5 - aus einer Lichtquelle (170) Licht abgeben, das unter einem ersten spitzen Winkel (α_1) zur optischen Achse eines bildgebenden Sensors (180) auf eine erste der Stirnflächen (S1) des Bauteils fällt;
- die Lichtquelle (170) so orientieren, dass das Licht bei einem als in Ordnung in Bezug auf Unebenheiten an einer Seitenfläche des Bauteils und/oder Ablösungen von
- 10 wenigstens einer Schicht im Bereich einer zweiten der Stirnflächen (S2) inspizierten Bauteil (B) aus der ersten der Stirnflächen (S1) des Bauteils unter einem zweiten spitzen Winkel (α_2) zur optischen Achse des bildgebenden Sensors (180) so austritt, dass der Betrag des zweiten spitzen Winkels (α_2) von dem des ersten spitzen Winkels (α_1) allenfalls geringfügig abweicht;
- 15 - mit dem bildgebenden Sensor (180) wenigstens die eine der Seitenflächen des durch die Aufnahme (132) geförderten Bauteils und/oder zumindest einen Bereich im Innern des Bauteils nahe einer zweiten der Stirnflächen und nahe jeweiligen der Seitenflächen optisch inspizieren;
- mit dem bildgebenden Sensor (180) das aus der ersten Stirnfläche (S1) des Bauteils
- 20 austretende Licht erfassen und eine Verteilung der Intensität des austretenden Lichts an eine Auswerteeinrichtung (ECU) signalisieren;
- mit der Auswerteeinrichtung (CU) abhängig von der signalisierten Verteilung der Intensität des austretenden Lichts zumindest abschnittsweise Unebenheiten an einer
- Seitenfläche des Bauteils und/ oder zumindest abschnittsweise Ablösungen von
- 25 wenigstens einer Schicht eines Halbleiteraufbaus in dem Bauteil (B) im Bereich dessen zweiter Stirnfläche (S2) zu erkennen.

13. Das optische Bauteilinspektionsverfahren zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach Anspruch 12, mit dem Schritt:

- 30 - die Aufnahme (132) von der Abgabestelle zu der Ablagestelle auf einem Pfad führen, auf dem das durch die Aufnahme (132) geförderte Bauteil (B) eine optische Einrichtung passiert, die eine oder mehrere Umlenk- und/oder Bündelungseinrichtungen umfasst, die aus der ersten der Stirnflächen des Bauteils austretendes Licht zu dem bildgebenden Sensor (180) hinlenken.

35

14. Das optische Bauteilinspektionsverfahren zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach Anspruch 12 oder 13, mit dem Schritt:

- liefern wenigstens eines Lichtstreifens aus der Lichtquelle, wobei der Lichtstreifen unter dem spitzen Winkel (α_1) in einem Kantenbereich des Bauteils auf die erste Stirnfläche (S1) des Bauteils fällt.

- 5 15. Das optische Bauteilinspektionsverfahren zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach Anspruch 12, 13 oder 14, mit dem Schritt:
- 10 - der spitze Winkel (α_1) des auf das Bauteil (B) gerichteten Lichts wird in Abhängigkeit von dem Brechungsindex (n) des Materials des Bauteils, der Wellenlänge und/oder der Höhe des Bauteils, zwischen etwa -45° und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+5^\circ$ und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+15^\circ$ und etwa $+45^\circ$, zwischen etwa $+25^\circ$ und etwa $+45^\circ$, oder zwischen etwa $+30^\circ$ und etwa $+45^\circ$ bestimmt.

- 15 16. Das optische Bauteilinspektionsverfahren zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach Anspruch 15, mit dem Schritt:
- 15 - infrarotes Licht aus der Lichtquelle mit einer Wellenlänge zwischen etwa 780 nm und etwa 1000 nm oder SWIR (short wave IR) bis etwa 1500 nm abgeben, und für den Fall, dass das Bauteil (B) ein siliziumhaltiges Substratmaterial aufweist und die Temperatur des Substratmaterials etwa $300\text{ °K} \pm \text{etwa } 10\text{ °K}$ beträgt, den spitzen Winkel (α_1) des auf das Bauteil (B) gerichteten Lichts etwa $33^\circ \pm \text{etwa } 3^\circ$
- 20 bestimmen.

17. Das optische Bauteilinspektionsverfahren zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach einem der Ansprüche 12 bis 16, wobei:
- 25 - das allenfalls geringfügige Abweichen des Betrags des zweiten spitzen Winkels (α_2) von dem des ersten spitzen Winkels (α_1) nicht mehr als etwa $\pm 5^\circ$ beträgt.

18. Das optische Bauteilinspektionsverfahren zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach einem der Ansprüche 12 bis 17, wobei:
- 30 - der spitze Winkel (α_1) des auf das Bauteil (B) gerichteten Lichts so bestimmt wird, dass bei einem als in Ordnung inspizierten Bauteil (B) aus einer der Lichtquellen (170) kommendes Licht
- (a) unter dem Winkel (α_1) auf die erste Stirnfläche (S1) des Bauteils fällt,
- (b) abhängig von dem Brechungsindex des Materials des Bauteils, der Temperatur und der Wellenlänge des Lichts abgelenkt durch die erste Stirnfläche (S1) in das
- 35 Bauteil (B) eindringt,
- (c) im Innern des Bauteils an der Innenseite der entsprechenden Seitenfläche auf die Innenseite der zweiten Stirnfläche reflektiert wird,

(d) von der Innenseite der zweiten Stirnfläche zurück zur ersten Stirnfläche S1 reflektiert wird,

(e) abhängig von dem Brechungsindex des Materials des Bauteils, der Temperatur und der Wellenlänge des Lichts abgelenkt unter dem Winkel α_2 aus der ersten Stirnfläche des Bauteils zu der zugehörigen der Licht-Umlenk-Einrichtungen austritt, und den Weg zu dem bildgebenden Sensor (180) nimmt, sofern

(i) die jeweilige Seitenfläche eine wenigstens annähernd durchgehend glatte Schnittfläche hat, und

(ii) sich an der Innenseite der zweiten Stirnfläche keine Schichten des Halbleiters aufbaus in dem Bauteil (B) ablösen.

19. Das optische Bauteilinspektionsverfahren zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach einem der Ansprüche 12 bis 18, wobei:

- die Aufnahme (132) an einer ersten Wendeeinrichtung um eine erste Wendeachse rotiert und dabei das Bauteil (B) an der ersten Abgabestelle aufnimmt, zu der ersten Ablagestelle fördert, und an der ersten Ablagestelle ablegt; und/oder

- die Aufnahme (132) an einer zweiten Wendeeinrichtung um eine zweite Wendeachse rotiert und dabei das Bauteil (B) an einer Übernahmestelle von einer Aufnahme (132) der ersten Wendeeinrichtung übernimmt, zu einer zweiten Ablagestelle fördert, und an der zweiten Ablagestelle ablegt, wobei die erste Wendeachse und die zweite Wendeachse voneinander beabstandet, und um einen Winkel von etwa 90° zueinander versetzt sind, und wobei an der Übernahmestelle die Aufnahme (132) der ersten Wendeeinrichtung und die Aufnahme der zweiten Wendeeinrichtung miteinander derart fluchten, dass das Bauteil (B) von der ersten Wendeeinrichtung zu der zweiten Wendeeinrichtung zu übergeben ist.

20. Das optische Bauteilinspektionsverfahren zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach einem der Ansprüche 12 bis 19, wobei:

- die Aufnahme (132) von der Abgabestelle zu der Ablagestelle auf einem Pfad geführt wird, auf dem das durch die Aufnahme (132) geförderte Bauteil (B) eine optische Einrichtung passiert, und/oder

- eine oder mehrere Licht-Umlenk- und/oder -Bündelungs-Einrichtungen der optischen Einrichtung aus der ersten der Stirnflächen des Bauteils austretendes Licht zu dem bildgebenden Sensor (180) hinlenken.

21. Das optische Bauteilinspektionsverfahren zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach einem der Ansprüche 12 bis 20, wobei:

- die die optische Einrichtung passierende Aufnahme (132) und die Licht-Umlenk- und/oder -Bündelungs-Einrichtungen zueinander in ihrem Abstand so verändert werden, dass das von der Aufnahme (132) geförderte Bauteil (B) zumindest in seinem Inneren zwischen der ersten und der zweiten der Stirnflächen des Bauteils entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors (180) durch den bildgebenden Sensor (180) optisch erfasst wird.

22. Das optische Bauteilinspektionsverfahren zum Inspizieren eines an einer Aufnahme (132) befindlichen Bauteils nach einem der Ansprüche 12 bis 21, wobei:
- eine Trageinheit (190), mit einer in der Trageinheit befindlichen Durchgangsöffnung (194), eine Mehrzahl, zum Beispiel, vier Licht-Umlenk-Einrichtungen trägt,
 - die Licht-Umlenk-Einrichtungen um die Durchgangsöffnung herum angeordnet werden,
 - die Trageinheit (190) entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors verfahren oder verstellt wird, wodurch die Gesamtheit der Mehrzahl der Licht-Umlenk-Einrichtungen entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors (180) verlagert wird;
 - eine Verstelleinrichtung (198) eine Auswahl der Mehrzahl der Licht-Umlenk-Einrichtungen entlang der optischen Achse des bildgebenden Sensors verlagert;
 - und/oder
 - die Trageinheit (190) zu jeder der um die Durchgangsöffnung (194) herum angeordneten Licht-Umlenk-Einrichtungen wenigstens eine Lichtquelle (170) trägt, wobei die wenigstens eine Lichtquelle (170) an der Trageinheit so angeordnet, und vorzugsweise justiert wird, dass von ihr abgegebenes Licht, vorzugsweise durch die Durchgangsöffnung hindurch, auf die erste Stirnfläche (S1) des zu inspizierenden Bauteils fällt, wenn dieses die optische Einrichtung passiert.