

Ansprüche

1. Photodetektor (3) umfassend einen Längsabschnitt (12) eines Wellenleiters (11), der zwei sich in Längsrichtung und zumindest im Wesentlichen parallel zueinander erstreckende Wellenleitersegmente (12a, 12b), die bevorzugt in Querrichtung unter Bildung eines sich zwischen ihnen erstreckenden Spaltes (14) voneinander beabstandet sind, umfasst oder dadurch gebildet wird, und ein aktives Element (13), welches den Längsabschnitt (12) des Wellenleiters übergreift und wenigsten ein Material umfasst oder aus wenigstens einem Material besteht, das elektromagnetische Strahlung wenigstens einer Wellenlänge absorbiert und infolge der Absorption ein elektrisches Photosignal erzeugt, wobei die beiden Wellenleitersegmente (12a, 12b) jeweils an wenigstens einer Seite, insbesondere an der dem aktiven Element (14) zugewandten Seite zumindest abschnittsweise mit einer bevorzugt Silizium umfassenden oder aus Silizium bestehenden Gateelektrode (15a, 15b) in Kontakt stehen.
2. Photodetektor (3) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gateelektroden (15a, 15b) jeweils an ihrer Unterseite mit der Oberseite eines Wellenleitersegmentes (12a, 12b) und jeweils mit ihrer Oberseite mit der Unterseite einer zwischen dem aktiven Element (13) und den Wellenleitersegmenten (12a, 12b) vorgesehenen dielektrischen Schicht in Kontakt stehen.
3. Photodetektor (3) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gateelektroden (15a, 15b) ein für elektromagnetische Strahlung wenigstens einer Wellenlänge transparentes und/oder elektrisch leitfähiges Material umfassen oder daraus bestehen.

4. Photodetektor (3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder der beiden Gateelektroden (15a, 15b) ein mit dieser in Kontakt stehendes Verbindungselement (8) zugeordnet ist und sich jeweils eines der Verbindungselemente (8) durch eines der Wellenleitersegmente (12a, 12b) erstreckt.

5. Photodetektor (3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das aktive Element (13) die beiden Wellenleitersegmente (12a, 12b) und den dazwischenliegenden Spalt (14) zumindest abschnittsweise übergreift.

6. Photodetektor (3) umfassend einen Längsabschnitt (12) eines Wellenleiters (11), und ein aktives Element (13), welches wenigstens ein Material umfasst oder aus wenigstens einem Material besteht, das elektromagnetische Strahlung wenigstens einer Wellenlänge absorbiert und infolge der Absorption ein elektrisches Photosignal erzeugt, wobei zwei Trageelemente (20) an gegenüberliegenden Seiten des Längsabschnitts (12) des Wellenleiters (11) unter Bildung zweier Spalte (21) von diesem beabstandet angeordnet sind, wobei die beiden Spalte (21) frei von Material sind, und wobei das aktive Element (13) den Längsabschnitt (12) des Wellenleiters (1) und die beiden Spalte (21) und zumindest Abschnitte der beiden Tragelemente (20) bevorzugt in Querrichtung übergreift.

7. Photodetektor (3) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das aktive Element (13) auf der diesem zugewandten Oberseite des Längsabschnitts (12) des Wellenleiters (11) und/oder auf den diesem zugewandten Oberseiten der Tragelemente (20) aufliegt.

8. Photodetektor (3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei dem wenigstens einen Material

des aktiven Elementes (13), das elektromagnetische Strahlung wenigstens einer Wellenlänge absorbiert und infolge der Absorption ein elektrisches Photosignal erzeugt, um Graphen, und/oder wenigstens ein Dichalkogenid, insbesondere zweidimensionales Übergangs-Dichalkogenid, und/oder Heterostrukturen aus zweidimensionalen Materialien und/oder Germanium und/oder wenigstens ein elektro-optisches Polymer und/oder Silizium und/oder wenigstens einen Verbindungshalbleiter, insbesondere wenigstens einen III-V-Halbleiter und/oder wenigstens einen II-VI-Halbleiter, handelt.

9. Modulator (22) umfassend einen Längsabschnitt (12) eines Wellenleiters (11), der vier sich in Längsrichtung und zumindest im Wesentlichen parallel zueinander erstreckende Wellenleitersegmente (12a, 12b, 12c, 12d) umfasst oder durch diese gebildet wird, und zwei aktive Elemente (13), die wenigstens ein Material umfassen oder aus wenigstens einem Material bestehen, dessen Brechungsindex sich in Abhängigkeit einer Spannung und/oder dem Vorhandensein von Ladung und/oder einem elektrischen Feld ändert, oder ein solches aktives Element (13) und eine Elektrode, wobei ein unteres der Wellenleitersegmente (12a) zwischen den beiden aktiven Elementen (13) oder zwischen dem aktiven Element (13) und der Elektrode angeordnet ist, ein mittleres der Wellenleitersegmente (12b) oberhalb der beiden aktiven Elemente (13) oder oberhalb des aktiven Elementes (13) und der Elektrode angeordnet ist, und die beiden verbleibenden, oberen Wellenleitersegmente (12c, 12d) oberhalb des mittleren Wellenleitersegmentes (12b) angeordnet sind, wobei die beiden oberen Wellenleitersegmente (12c, 12d) bevorzugt in Querrichtung unter Bildung eines sich zwischen ihnen erstreckenden Spaltes (14) voneinander beabstandet sind.

10. Modulator (22) umfassend einen Längsabschnitt (12) eines Wellenleiters (11), der fünf sich in Längsrichtung und zumindest im Wesentlichen parallel zueinander erstreckende Wellenleitersegmente (12a, 12b, 12c, 12d,

12e) umfasst oder durch diese gebildet wird, und zwei aktive Elemente (13), die wenigsten ein Material umfassen oder aus wenigstens einem Material bestehen, dessen Brechungsindex sich in Abhängigkeit einer Spannung und/oder dem Vorhandensein von Ladung und/oder einem elektrischen Feld ändert, oder ein solches aktives Element (13) und eine Elektrode, wobei zwei untere der Wellenleitersegmente (12a, 12b) unterhalb der aktiven Elemente (13) oder unterhalb des aktiven Elementes (13) und der Elektrode angeordnet und bevorzugt in Querrichtung unter Bildung eines sich zwischen ihnen erstreckenden Spaltes (14) voneinander beabstandet sind, und ein erstes mittleres der Wellenleitersegmente (12c) zwischen den beiden aktiven Elementen (13) oder zwischen dem aktiven Element (13) und der Elektrode angeordnet ist, und ein zweites mittleres Wellenleitersegment (12d) oberhalb der beiden aktiven Elemente (13) oder oberhalb des aktiven Elementes (13) und der Elektrode angeordnet ist, und ein oberes Wellenleitersegment (12e) oberhalb des zweiten mittleren Wellenleitersegments (12d) angeordnet ist.

11. Modulator (22) umfassend einen Längsabschnitt (12) eines Wellenleiters (11), der sechs sich in Längsrichtung und zumindest im Wesentlichen parallel zueinander erstreckende Wellenleitersegmente (12a, 12b, 12c, 12d, 12e, 12f) umfasst oder durch diese gebildet wird, und zwei aktive Elemente (13), die wenigsten ein Material umfassen oder aus wenigstens einem Material bestehen, dessen Brechungsindex sich in Abhängigkeit einer Spannung und/oder dem Vorhandensein von Ladung und/oder einem elektrischen Feld ändert, oder ein solches aktives Element (13) und eine Elektrode, wobei zwei untere der Wellenleitersegmente (12a, 12b) unterhalb der aktiven Elemente (13) oder unterhalb des aktiven Elementes (13) und der Elektrode angeordnet und bevorzugt in Querrichtung unter Bildung eines sich zwischen ihnen erstreckenden Spaltes (14) voneinander beabstandet sind, und ein erstes mittleres der Wellenleitersegmente (12c) zwischen den beiden aktiven Elementen (13) oder zwischen dem aktiven Element (13) und der Elektrode an-

geordnet ist, und ein zweites mittleres Wellenleitersegment (12d) oberhalb der beiden aktiven Elemente (13) oder oberhalb des aktiven Elementes (13) und der Elektrode angeordnet ist, und die beiden verbleibenden, oberen Wellenleitersegmente (12e, 12f) oberhalb des zweiten mittleren Wellenleitersegmentes (12d) angeordnet sind, wobei die beiden oberen Wellenleitersegmente (12e, 12f) bevorzugt in Querrichtung unter Bildung eines sich zwischen ihnen erstreckenden Spaltes (14) voneinander beabstandet sind.

12. Modulator (22) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden aktiven Elemente (13) oder das aktive Element (13) und die Elektrode voneinander beabstandet und derart versetzt zueinander angeordnet sind, dass sie in einem Überlappungsbereich (23) abschnittsweise übereinander liegen.

13. Modulator (22) nach Anspruch 9 oder 10 und Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Überlappungsbereich (23) oberhalb oder unterhalb des Spaltes (14) liegt.

14. Modulator (22) nach Anspruch 11 und 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Überlappungsbereich (23) oberhalb des einen und unterhalb des anderen Spaltes (14) liegt.

15. Modulator (22) nach einem der Ansprüche 9 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass oberhalb der beiden aktiven Elemente (13) oder oberhalb des aktiven Elementes und der Elektrode genau ein zwischen zwei beabstandeten Wellenleitersegmenten (12a-12f) gebildeter Spalt (14) vorgesehen ist und/oder dass unterhalb der beiden aktiven Elemente (13) oder unterhalb des aktiven Elementes (13) und der Elektrode genau ein zwischen zwei beabstandeten Wellenleitersegmenten (12a-12f) gebildeter Spalt (14) vorgesehen ist.

16. Modulator (22) nach einem der Ansprüche 9 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausdehnung des Überlappungsbereiches (23) in Querrichtung im Bereich vom 0,8-fachen bis 1,8-fachen, bevorzugt 1,0-fachen bis 1,5-fachen der Ausdehnung des oder wenigstens eines der Spalte (14) in Querrichtung entspricht.

17. Modulator (22) nach einem der Ansprüche 9 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei dem wenigstens einen Material wenigstens eines der aktiven Elemente (13), dessen Brechungsindex sich in Abhängigkeit einer Spannung und/oder dem Vorhandensein von Ladung und/oder einem elektrischen Feld ändert, um Graphen, und/oder wenigstens ein Dichalkogenid, insbesondere zweidimensionales Übergangs-Dichalkogenid, und/oder Heterostrukturen aus zweidimensionalen Materialien und/oder Germanium und/oder Lithiumniobad und/oder wenigstens ein elektro-optisches Polymer und/oder Silizium und/oder wenigstens einen Verbindungshalbleiter, insbesondere wenigstens einen III-V-Halbleiter und/oder wenigstens einen II-VI-Halbleiter, handelt.

18. Photodetektor (3) oder Modulator (22) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Längsabschnitt (12) des Wellenleiters (11) auf oder oberhalb einer Planarisierungsschicht (2, 17) angeordnet ist, wobei bevorzugt sich die Planarisierungsschicht (2, 17) an derjenigen Seite, an welcher der Längsabschnitt (12) des Wellenleiters (11) auf dieser angeordnet ist zumindest abschnittsweise durch eine Rauheit im Bereich von 1,0 nm RMS bis 0,1 nm RMS, insbesondere 0,6 nm RMS bis 0,1 nm RMS, bevorzugt 0,4 nm RMS bis 0,1 nm RMS auszeichnet, und/oder dass der Längsabschnitt (12) des Wellenleiters (11) zumindest abschnittsweise in eine Planarisierungsschicht (2, 17) eingebettet ist, und das aktive Element (13) oder eines der aktiven Elemente (13) auf der Planarisierungs-

schicht (2, 17) angeordnet ist, wobei bevorzugt sich die Planarisierungsschicht (2, 17) an derjenigen Seite, an welcher das aktive Element (13) auf dieser angeordnet ist zumindest abschnittsweise durch eine Rauheit im Bereich von 1,0 nm RMS bis 0,1 nm RMS, insbesondere 0,6 nm RMS bis 0,1 nm RMS, bevorzugt 0,4 nm RMS bis 0,1 nm RMS auszeichnet.

19. Photodetektor (3) oder Modulator (22) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Längsabschnitt (12) des Wellenleiters (11) Titandioxid und/oder Aluminiumnitrid und/oder Tantalpentoxid und/oder Siliziumnitrid und/oder Aluminiumoxid und/oder Siliziumoxynitrid und/oder Lithiumniobat und/oder Silizium, insbesondere Polysilizium, und/oder Indiumphosphit und/oder Galliumarsenid und/oder Indiumgalliumarsenid und/oder Aluminiumgalliumarsenid und/oder wenigstens ein Dichalkogenid, insbesondere zweidimensionales Übergangsmetall-Dichalkogenid, und/oder Chalkogenidglas und/oder Heterostrukturen aus zweidimensionalen Materialien und/oder Harze bzw. Harz enthaltende Materialien, insbesondere SU8, und/oder Polymere bzw. Polymere enthaltende Materialien, insbesondere OrmoClad und/oder OrmoCore, umfasst oder daraus besteht.

20

20. Halbleitereinrichtung umfassend einen Chip und wenigstens einen, bevorzugt mehrere Photodetektoren (3) und/oder Modulatoren (22) nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei der oder die Photodetektoren (3) und/oder Modulatoren (22) bevorzugt auf dem Chip oder auf einer auf dem Chip oder oberhalb des Chips angeordneten Schicht angeordnet sind.

25

21. Halbleitereinrichtung nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Photodetektor (3) und/oder Modulator (22) Bestandteil einer auf dem Chip hergestellten oder mit dem Chip gebondeten photonischen Plattform ist.

30

22. Halbleitervorrichtung umfassend einen Wafer (1) und wenigstens einen, bevorzugt mehrere Photodetektoren (3) und/oder Modulatoren (22) nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei der oder die Photodetektoren (3) und/oder Modulatoren (22) bevorzugt auf dem Wafer (1) oder auf einer auf dem Wafer (1) oder oberhalb des Wafers (1) angeordneten Schicht (2) angeordnet sind.

23. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Photodetektor (3) und/oder Modulator (22) Bestandteil einer auf dem Wafer (1) hergestellten oder mit dem Wafer (1) gebondeten photonischen Plattform ist.