



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 45 790 B4** 2008.12.04

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **198 45 790.1**
 (22) Anmeldetag: **21.09.1998**
 (43) Offenlegungstag: **23.03.2000**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **04.12.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/331** (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:
IHP GmbH - Innovations for High Performance Microelectronics/Institut für innovative Mikroelektronik, 15236 Frankfurt, DE

(74) Vertreter:
Eisenführ, Speiser & Partner, 10178 Berlin

(72) Erfinder:
Drews, Jürgen, 15232 Frankfurt, DE; Tillack, Bernd, Dr., 15234 Frankfurt, DE; Heinemann, Bernd, Dr., 15234 Frankfurt, DE

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

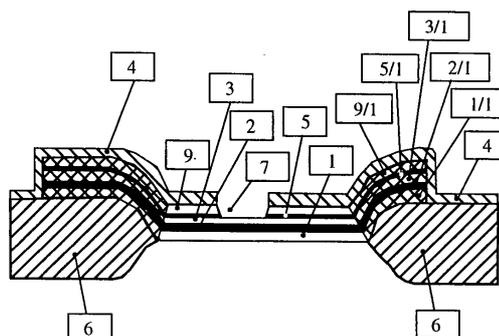
DE 39 15 634 C2
US 57 73 350 A, US 56 48 294 A
US 56 40 025 A, US 55 93 905 A
US 55 69 944 A, US 53 62 658 A
US 52 96 389 A, US 51 98 372 A
EP 07 95 899 A1, EP 07 62 489 A2
EP 03 82 947 A1, EP 03 72 476 A2
EP 04 83 487 B1
WO 97 24 757 A1

WANG, Feng, et.al.: Highly Selective Chemical Etching of Si vs. Si_{1-x}Ge_x Using NH₄OH Solution. In: J. Electrochem. Soc., Vol.144, No.3, March 1997, S.L37 - L39;

LEE, J.W., et.al.: Investigation Of Wet Etching Solutions For In_{0.5}Ga_{0.5}P. In: Solid-State Electronics, Vol.11, 1995, S.1871-1874;
NGUYEN, Cuong T., et.al.: Application of Selective Epitaxial Silicon and Chemo-Mechanical Polishing to Bipolar Transistors. In: IEEE Transactions On Electron Devices, Vol.41, No.12, Dec. 1994, S.2343-3460;
SATO, Fumihiko, et.al.: A Super Self-Aligned Selectively Grown SiGe Base (SSSB) Bipolar Transistor Fabricated by Cold-Wall Type UHV/CVD Technology. In: IEEE Transactions On Electron Devices, Vol.41, No.8, Aug. 1994, S.1373-1378;
ENQUIST, Paul M., et.al.: Self-Aligned AlGaAs/GaAs HBT with Selectively Regrown OMVPE Emitter. In: IEEE Electron Device Letters, Vol.14, No.6, June 1993, S.295-297;
BURGHARTZ, Joachim N., et.al.: Self-Aligned Bipolar Epitaxial Base n-p-n Transistors by Selective Epitaxy Emitter Window (SEEW) Technology. In: IEEE Transactions On Electron Devices, Vol.38, No.2, Feb. 1991, S.378-384;
JP Patent Abstracts of Japan: 10070134 A; 09283532 A; 08250509 A; 07273125 A; 07254612 A; 0630186479 A; 0060188273 A; 0080264559 A; 0020284434 A; 0070263708 A;

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur naßchemischen Abdünnung von Si-Schichten im aktiven Emittergebiet eines Bipolartransistors**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur naßchemischen Abdünnung von Siliziumschichten im aktiven Emittergebiet (7) eines Bipolartransistors, dadurch gekennzeichnet, daß eine zusätzlich mittels Atomic Layer Doping in eine Deckelschicht (3 und 9; 3 und 8) eingebrachte Dotierung mit einer Dicke kleiner 3 nm als Ätzstoppschicht (5, 10) für naßchemische Ätzmittel wirkt und die Ätzstoppschicht (5, 10) mit einem naßchemischen Ätzmittel entfernt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur naßchemischen Abdünnung von Si-Schichten im aktiven Emittergebiet eines Bipolartransistors.

[0002] Mit Hilfe epitaktischer Prozesse zur Erzeugung der Basis und des Basisanschlusses lassen sich die Hochgeschwindigkeitseigenschaften von Bipolartransistoren weiter verbessern. Dabei wird die Möglichkeit der insitu-Dotierung genutzt, um geringere Basisweiten und -schichtwiderstände zu realisieren. Günstig auf die Einstellung von Basisschichtwiderstand und Stromverstärkung wirkt sich bekanntermaßen die Abscheidung von Heteroschichten aus.

[0003] In einer speziellen Einfach-Polysilizium-Technologie mit Ätzstoppschicht wurde das Verfahren der differentiellen Epitaxie zur Erzeugung epitaktischer Basisschichten verwendet. Differentielle Epitaxie bedeutet, daß epitaktisches Wachstum sowohl auf Halbleiter- als auch auf Isolatorgebieten stattfindet. So können gleichzeitig die innere Basis und der Basisanschluß auf dem Isolatorgebiet entstehen.

[0004] Nachteilig dabei ist, daß die Dicke der Epitaxieschicht der inneren Basis nicht unabhängig von der des Basisanschlusses auf dem Isolatorgebiet eingestellt werden kann. In Bezug auf Hochgeschwindigkeitsanwendungen wäre es von Vorteil, im Bereich des aktiven Basis-Emitter-Überganges eine hinreichend geringe Epitaxieschichtdicke zwischen Emitter und Basis, im äußeren Basisgebiet zur Realisierung von möglichst geringen Basisanschluß-Widerständen eine dickere Epitaxieschicht zu realisieren.

[0005] Aus EP 0 483 487 B1 ist ein Verfahren zur nasschemischen Abdünnung bekannt, bei dem eine Ätzstoppsicht verwendet wird.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur naßchemischen Abdünnung der epitaktischen Siliziumschicht im aktiven Emittergebiet eines Bipolartransistors vorzuschlagen, das die Hochgeschwindigkeitseigenschaften des Bipolartransistors verbessert und insbesondere im Bereich des aktiven Basis-Emitter-Übergangs eine hinreichend geringe Epitaxieschichtdicke zwischen Emitter und Basis und im äußeren Basisgebiet zur Realisierung von möglichst geringen Basisanschluß-Widerständen eine dickere Epitaxieschicht ermöglicht.

[0007] Zur Realisierung dieser gegensätzlichen Anforderungen an die Epitaxieschichtdicke wird die Epitaxieschichtdicke über der Basis, bekannt als Deckel- dicke, generell erhöht und innerhalb des aktiven Emitterbereiches nachträglich mittels geeigneter Verfahren, wie z. B. naßchemischem Rückätzen, redu-

ziert.

[0008] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst, welches eine naßchemische Oberflächenrelief-Erzeugung im Bereich des aktiven Emitters umfasst.

[0009] Um definierte Silizium-Abträge im Bereich des aktiven Emitters zu erzielen, ist es zweckmäßig, eine zusätzliche insitu Dotierung epitaktisch in der Deckelschicht über der abgeschiedenen Basis zu realisieren. Diese insitu Dotierungen dienen als Ätzstoppschichten, die es ermöglichen, gut reproduzierbar mit bekannten naßchemischen Ätzmitteln definiert Silizium abzutragen.

[0010] Als Dotanden werden verschiedene chemische Elemente wie Bor, Germanium oder Kohlenstoff eingesetzt, die einen Ätzstopp bewirken.

[0011] Bei Verwendung von Bor als Ätzstopp- bzw. Dotandenschicht liegt es im Bereich der Erfindung, zwischen hochdotierter Ätzstopp- bzw. Dotandenschicht und Deckelschicht einerseits und der Emitterdotierung andererseits einen Inside-Poly-Silizium-Spacer zu bilden, um einen ausreichenden seitlichen Abstand zwischen diesen unterschiedlichen Dotierungen zu realisieren.

[0012] Als Verfahren zur Erzeugung der Ätzstoppschicht wurde das "Atomic Layer Doping", im folgenden als ALD bezeichnet, angewandt. Beim Atomic Layer Doping wird die Dosierung und die vertikale Positionierung der Dotierstoffschicht mit Atomlagengenauigkeit eingestellt.

[0013] Diese Atomlagengenauigkeit der Einbringung der Dotierung als Ätzstoppschicht bietet den Vorteil, die Dicke der zu ätzenden Emitterschicht mit Atomlagengenauigkeit einzustellen. Erfindungsgemäß wird die Atomlagendotierung während der Abscheidung der Emitterschicht eingebracht.

[0014] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher erläutert.

[0015] Die Zeichnungen zeigen:

[0016] [Fig. 1](#) Schematische Darstellung eines Bipolartransistors während der Herstellung Beispiel 1,

[0017] [Fig. 2](#) Schematische Darstellung eines Bipolartransistors während der Herstellung Beispiel 2.

Beispiel 1

[0018] Die Erfindung wird nun am Beispiel der Herstellung eines Bipolartransistors beschrieben.

[0019] **Fig. 1** zeigt die Realisierung der naßchemischen Abdünnung der Silizium-Deckelschicht **3 + 9** im aktiven Emittergebiet **7** eines Bipolartransistors mit Basisanschluß auf dem Feldisolationsgebiet.

[0020] Eine Epitaxieschichtfolge, bestehend aus Pufferschicht **1**, insitu dotierter Basisschicht **2** und Deckelschicht **3 + 9**, in der sich eine Ätzstoppschicht **5** befindet, bedeckt das Gebiet des zukünftigen Emitters als einkristalliner Schichtstapel **1; 2; 3; 5; 9** und einen Teil des Feldisolationsgebietes **6** als polykristalliner Schichtstapel **1/1; 2/1; 3/1; 5/1; 9/1**. Die strukturierte Epitaxieschicht ist mit einem Dielektrikum **4** bedeckt, das nur im Bereich des aktiven Emittergebietes **7** entfernt wurde. Die Dotierungsdosis der Ätzstoppschicht **5** im Deckel, erzeugt mittels ALD, ist kleiner als eine Monolage des jeweiligen Dotanden, so daß die darüberliegende Deckelschicht **9** einkristallin gewachsen ist.

[0021] Mit Hilfe bekannter naßchemischer Ätzmittel, die Silizium hochselektiv zum Dielektrikum **4** und zur Ätzstoppschicht **5** abtragen, wird im aktiven Emittergebiet die Deckelschicht teilweise entfernt. Mittels ebenfalls bekannter naßchemischer Ätzmittel kann die Ätzstoppschicht **5** entfernt werden.

Beispiel 2

[0022] **Fig. 2** zeigt eine weitere Variante der naßchemischen Abdünnung der Silizium-Deckelschicht **3 + 8** im aktiven Emittergebiet **7** eines Bipolartransistors mit Basisanschluß auf dem Feldisolationsgebiet **6**.

[0023] Eine Epitaxieschichtfolge, bestehend aus Pufferschicht **1**, insitu dotierter Basisschicht **2** und Deckelschicht **3**, in der sich eine Dotandenschicht **10** befindet, die aufgrund der Art ihrer Erzeugung bewirkt, daß die Deckelschicht **8** nach Bildung der Dotandenschicht **10** polykristallin weiterwächst, bedeckt das Gebiet des zukünftigen Emitters und einen Teil des Feldisolationsgebietes **6** als polykristalliner Schichtstapel **1/1; 2/1; 3/1; 10/1; 8/1**. Die strukturierte Epitaxieschicht ist mit einem Dielektrikum **4** bedeckt, das nur im Bereich des aktiven Emittergebietes **7** entfernt wurde. Die Dotierungsdosis der Dotandenschicht **10** im Deckel, erzeugt mittels ALD, ist größer als eine Monolage des jeweiligen Dotanden mit einer Dicke kleiner als 3 nm, so daß die darüberliegende Deckelschicht **8** polykristallin wächst.

[0024] Mit Hilfe bekannter naßchemischer Ätzmittel, die Polysilizium hochselektiv zum Dielektrikum **4** und zum kristallinen Silizium **3** abtragen, wird im aktiven Emittergebiet **7** der polykristalline Teil der Deckelschicht **8** inklusive Dotandenschicht **10** entfernt.

[0025] In der vorliegenden Erfindung wurde anhand konkreter Ausführungsbeispiele ein Verfahren zur

naßchemischen Abdünnung von Si-Schichten im aktiven Emittergebiet eines Bipolartransistors erläutert. Es sei aber vermerkt, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die Einzelheiten der Beschreibung in den Ausführungsbeispielen eingeschränkt ist, da im Rahmen der Patentansprüche Änderungen und Abwandlungen beansprucht werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur naßchemischen Abdünnung von Siliziumschichten im aktiven Emittergebiet (**7**) eines Bipolartransistors, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine zusätzlich mittels Atomic Layer Doping in eine Deckelschicht (**3** und **9; 3** und **8**) eingebrachte Dotierung mit einer Dicke kleiner 3 nm als Ätzstoppschicht (**5, 10**) für naßchemische Ätzmittel wirkt und die Ätzstoppschicht (**5, 10**) mit einem naßchemischen Ätzmittel entfernt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotierungsdosis der dotierten Ätzstoppschicht (**5**) kleiner als eine Monolage des verwendeten Dotanden ist, das Schicht-Wachstum der Deckelschicht (**9**) über der Ätzstoppschicht (**5**) weiter einkristallin erfolgt, und daß ein Silizium-Ätzmittel, das einkristallines Silizium der Deckelschicht (**9**) hochselektiv zur Ätzstoppschicht (**5**) und zum Dielektrikum (**4**) entfernt, verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotierungsdosis der dotierten Ätzstoppschicht (**10**) größer als eine Monolage des verwendeten Dotanden mit einer Dicke kleiner als 3 nm ist, so daß das Schichtwachstum über der Ätzstoppschicht (**10**) polykristallin erfolgt, und daß ein Silizium-Ätzmittel verwendet wird, das die Ätzstoppschicht (**10**) zusammen mit dem polykristallinen Silizium der Deckelschicht (**8**) hochselektiv zum einkristallinen Silizium (**3**) der Deckelschicht und zum Dielektrikum entfernt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Dotand in der Ätzstoppschicht Bor, Germanium oder Kohlenstoff eingesetzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Dotierung während einer Abscheidung einer Deckelschicht zwischen Basis und Emitter eingebracht wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

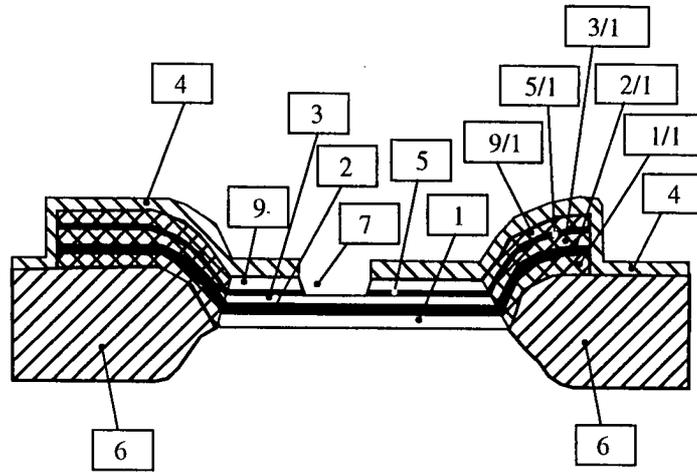


Fig. 1

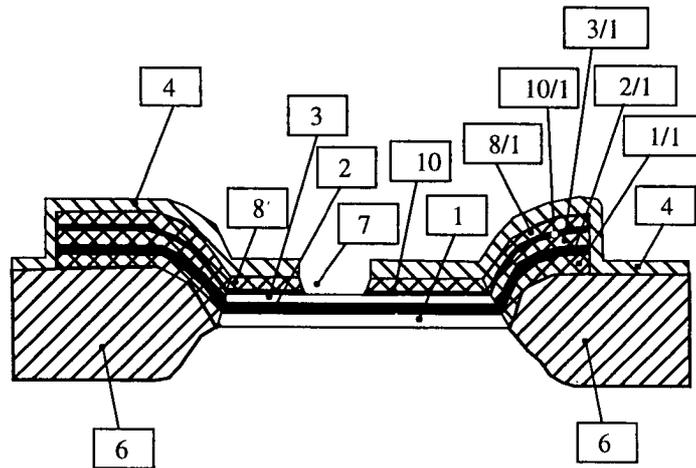


Fig. 2