

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
6. Oktober 2016 (06.10.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/155915 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
C23C 16/44 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/052227

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. Februar 2016 (03.02.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 205 719.4 30. März 2015 (30.03.2015) DE

(71) Anmelder: **SILTRONIC AG** [DE/DE]; Hanns-Seidel-
Platz 4, 81737 München (DE).

(72) Erfinder: **HABERECHT, Jörg**; Meissner Gasse 13,
09599 Freiberg (DE). **HAGER, Christian**; Schulstr. 12,
84556 Kastl (DE).

(74) Anwälte: **STAUDACHER, Wolfgang** et al.; Johannes-
Hess-Str. 24, 84489 Burghausen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR COATING SEMICONDUCTOR WAFERS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BESCHICHTEN VON HALBLEITERSCHEIBEN

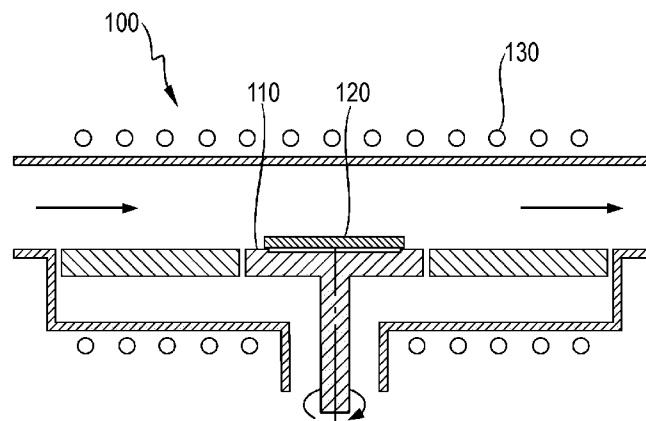


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for coating semiconductor wafers (120) with an epitaxially deposited layer in an epitaxial reactor (100), wherein, in a coating operation, one or more semiconductor wafers (120) are arranged on respective susceptors (110) in the epitaxial reactor (100) and a first deposition gas for coating the at least one semiconductor wafer (120) is conducted through the epitaxial reactor (100), and wherein a cleaning operation is performed after several coating operations, in the case of which cleaning operation a first etching gas and then a second deposition gas are conducted through the epitaxial reactor (100), wherein at least one intermediate cleaning operation is performed between two successive cleaning operations, in the case of which intermediate cleaning operation a second etching gas is conducted through the epitaxial reactor (100) between two immediately successive coating operations, without a deposition gas being conducted through the epitaxial reactor (100).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beschichten von Halbleiterscheiben (120) mit jeweils einer epitaktisch abgeschiedenen Schicht in einem Epitaxie-Reaktor (100), wobei in einem Beschichtungsvorgang wenigstens eine Halbleiterscheibe (120) auf einem jeweiligen Suszeptor (110) in dem Epitaxie-Reaktor (100) angeordnet wird und ein erstes Abscheidegas zum Beschichten der wenigstens einen Halbleiterscheibe (120) durch den Epitaxie-Reaktor (100) geleitet wird, und wobei jeweils nach mehreren Beschichtungsvorgängen ein Reinigungsvorgang durchgeführt wird, bei dem ein erstes Ätzgas und anschließend ein zweites Abscheidegas durch den Epitaxie-Reaktor (100) geleitet werden, wobei zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reinigungsvorgängen wenigstens ein Zwischenreinigungsvorgang durchgeführt wird, bei dem zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Beschichtungsvorgängen ein zweites Ätzgas durch den Epitaxie-Reaktor (100) geleitet wird, ohne dass ein Abscheidegas durch den Epitaxie-Reaktor (100) geleitet wird.

Verfahren zum Beschichten von Halbleiterscheiben

5 Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beschichten von Halbleiterscheiben mit jeweils einer epitaktisch abgeschiedenen Schicht in einem Epitaxie-Reaktor.

10

Stand der Technik

Epitaktisch beschichtete Halbleiterscheiben, insbesondere Siliziumscheiben, eignen sich bspw. für die Verwendung in der Halbleiterindustrie, insbesondere zur Fabrikation von hochintegrierten elektronischen Bauelementen wie bspw. Mikroprozessoren oder Speicherchips. Für die moderne Mikroelektronik werden Ausgangsmaterialien, sog. Substrate, mit hohen Anforderungen an globale und lokale Ebenheit, Randgeometrie, Dickenverteilung, Einseiten-bezogene lokale Ebenheit, sog. Nanotopologie, und Defektfreiheit benötigt.

20

Zum epitaktischen Beschichten von Halbleiterscheiben in einem Epitaxie-Reaktor wird ein Abscheidegas durch den Epitaxie-Reaktor geleitet, wodurch sich auf einer Oberfläche der Halbleiterscheiben epitaktisch Material abscheiden kann. Außer auf den Halbleiterscheiben scheidet sich das Material jedoch auch im Inneren des Epitaxie-Reaktors ab. Daher ist es üblicherweise notwendig, solche Rückstände von Oberflächen im Epitaxie-Reaktor von Zeit zu Zeit zu entfernen, die sich während des Abscheidens auf diesen Oberflächen unkontrolliert abgelagert haben.

30 Aus der DE 10 2010 006 725 A1 ist bspw. ein Verfahren bekannt, bei dem in einem Reinigungsvorgang, der jeweils nach einer gewissen Anzahl an beschichteten Halbleiterscheiben wiederholt wird, während eine Platzhalterscheibe auf einem Suszeptor des Epitaxie-Reaktors angeordnet ist, zunächst ein Ätzgas durch den Epitaxie-Reaktor geleitet und anschließend ein Abscheidegas zum Abscheiden von Silizium durch den Epitaxie-Reaktor geleitet wird.

35

Durch das Ätzgas, bspw. Chlorwasserstoff, können die Rückstände der vorangegangenen Beschichtungsvorgänge entfernt und durch das Abscheidegas kann das Innere des Epitaxie-Reaktors versiegelt werden, um bspw. zu verhindern, dass von den Oberflächen diffundierende Verunreinigungen in die epitaktische Schicht auf der nachfolgend zu beschichtenden Halbleiterscheibe gelangen.

Allerdings treten beim Beschichten von Halbleiterscheiben trotzdem Variationen der Geometrie zwischen den einzelnen Halbleiterscheiben auf. Insbesondere im Randbereich der Beschichtung gibt es große Abweichungen, was der Qualität der beschichteten Halbleiterscheiben abträglich ist. Bspw. kann der Randbereich daher nicht oder nur für Anwendungen mit geringeren Qualitätsanforderungen verwendet werden.

Aus der US 2009/0252942 A1 ist bspw. ein Verfahren bekannt, bei dem durch gezielte Vorgabe des Gasflusses des Abscheidegases zum Abscheiden einer epitaktischen Schicht versucht wird, den Randbereich der Halbleiterscheiben kontrolliert zu beschichten.

Es ist daher wünschenswert, eine Möglichkeit anzugeben, Variationen in der Geometrie von epitaktisch beschichteten Halbleiterscheiben zu vermeiden oder zumindest zu verringern.

Offenbarung der Erfindung

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zum Beschichten von Halbleiterscheiben mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

Es wird ein Verfahren vorgeschlagen, das sich zum Beschichten von Halbleiterscheiben mit jeweils einer epitaktisch abgeschiedenen Schicht in einem Epitaxie-Reaktor eignet. Dabei wird in einem Beschichtungsvorgang wenigstens eine Halbleiterscheibe auf einem jeweiligen Suszeptor in dem

Epitaxie-Reaktor angeordnet, und es wird ein erstes Abscheidegas zum Beschichten der wenigstens einen Halbleiterscheibe durch den Epitaxie-Reaktor geleitet. Jeweils nach mehreren Beschichtungsvorgängen wird – nach Entfernen der beschichteten Halbleiterscheibe(n) – ein Reinigungsvorgang durchgeführt, bei dem ein erstes Ätzgas und anschließend, insbesondere während jeweils eine Platzhalterscheibe auf dem jeweiligen Suszeptor angeordnet ist, ein zweites Abscheidegas durch den Epitaxie-Reaktor geleitet werden. Dabei wird eine Schutzschicht auf dem Suszeptor insbesondere im Bereich um die Auflagefläche der Platzhalterscheibe abgeschieden. Die Schutzschicht ist vorzugsweise 5 bis 15 μm dick, besonders bevorzugt etwa 10 μm . Die Platzhalterscheibe besteht vorzugsweise aus dem Halbleitermaterial der Halbleiterscheibe oder aus einem anderen Werkstoff. Erfindungsgemäß wird nun zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reinigungsvorgängen wenigstens ein Zwischenreinigungsvorgang durchgeführt, bei dem zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Beschichtungsvorgängen ein zweites Ätzgas durch den Epitaxie-Reaktor geleitet wird, ohne dass ein Abscheidegas durch den Epitaxie-Reaktor geleitet wird. Mit anderen Worten ist der wenigstens eine Zwischenreinigungsvorgang mit einem Reinigungsvorgang vergleichbar, jedoch erfolgt kein Durchleiten eines Abscheidegases. Außerdem kann eine Zeitdauer des Durchleitens von Ätzgas beim Zwischenreinigungsvorgang von der des Reinigungsvorgangs mitunter deutlich, insbesondere nach unten abweichen.

Hierbei wurde erkannt, dass Variationen in der Geometrie der beschichteten Halbleiterscheiben, und zwar insbesondere im Randbereich, durch veränderte thermische und/oder Strömungsverhältnisse des Abscheidegases hervorgerufen werden. Der Grund für die veränderten Verhältnisse liegt dabei in Material, das während der Beschichtungsvorgänge insbesondere im Bereich um die Auflagefläche der Halbleiterscheiben auf dem Suszeptor abgeschieden wird. Mit jeder neuen zu beschichtenden Halbleiterscheibe nimmt die Dicke des abgeschiedenen Materials im Bereich um die Halbleiterscheibe zu, während jede neu angeordnete Halbleiterscheibe immer gleich dick ist. Durch den wenigstens einen Zwischenreinigungsvorgang kann nun dieses störende Material definiert reduziert oder vorzugsweise ganz entfernt werden, sodass die Bedingungen für die einzelnen Beschichtungsvorgänge aneinander angeglichen werden. Unter definierter Reduktion des störenden Materials soll eine

Reduktion von über 50 %, insbesondere aber von über 70 bis 90 % oder darüber, verstanden werden. Damit kann die Variation in der Geometrie der Halbleiterscheiben deutlich reduziert werden. Der wenigstens eine Zwischenreinigungsvorgang erfolgt dabei bevorzugt ohne eine

5 Platzhalterscheibe, da dann besonders effektiv der Bereich um die Auflagefläche der Halbleiterscheibe auf dem Suszeptor gereinigt werden kann.

Es ist dabei auch von Vorteil, wenn bei jedem Reinigungsvorgang während des Durchleitens des ersten Ätzgases jeweils eine Platzhalterscheibe auf dem

10 jeweiligen Suszeptor angeordnet wird. Diese Platzhalterscheiben können dann bspw. auch während des nachfolgenden Durchleitens des zweiten Abscheidegases auf dem Suszeptor angeordnet bleiben. Damit kann beim Reinigungsvorgang sichergestellt werden, dass die jeweilige Auflagefläche auf dem jeweiligen Suszeptor, auf welche bei einem Beschichtungsvorgang jeweils

15 Halbleiterscheiben platziert werden, möglichst unverändert hinsichtlich Abtrag und/oder Abscheiden von Material bleiben. Damit können möglichst optimale Bedingungen für die Beschichtungsvorgänge erzielt werden.

Vorzugsweise wird zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reinigungsvorgängen

20 nach jedem Beschichtungsvorgang ein Zwischenreinigungsvorgang durchgeführt. Auf diese Weise können für jeden Beschichtungsvorgang die gleichen Ausgangsbedingungen hergestellt werden, wodurch die Variation der Geometrie der Halbleiterscheiben verhindert oder zumindest sehr stark reduziert wird. Hierbei ist anzumerken, dass bspw. auch nur nach jedem

25 zweiten oder jedem dritten Beschichtungsvorgang ein Zwischenreinigungsvorgang durchgeführt werden kann, wodurch zwar möglicherweise kleinere Variationen der Geometrie der Halbleiterscheiben in Kauf genommen werden, aber ein höherer Durchsatz an zu beschichtenden Halbleiterscheiben erzielt werden kann.

30 Vorteilhafterweise wird bei dem wenigstens einen Zwischenreinigungsvorgang das zweite Ätzgas derart durch den Epitaxie-Reaktor geleitet, dass Material, das seit dem vorangegangenen Zwischenreinigungsvorgang durch Durchleiten von Abscheidegas im Inneren des Epitaxie-Reaktors abgeschieden worden ist,

35 reduziert oder vorzugsweise entfernt wird. Auf diese Weise wird die beim Reinigungsvorgang produzierte Schutzschicht, welche bevorzugt in etwa 10 µm

beträgt, im Epitaxie-Reaktor erhalten und nur das während der Beschichtungsvorgänge abgeschiedene, störende Material reduziert oder vorzugsweise entfernt. Dies kann vorteilhafterweise durch Vorgabe einer Zeitdauer des Durchleitens von Ätzgas und/oder durch Vorgabe eines Gasflusses des Ätzgases erreicht werden. Diese Zeitdauer ist dabei abhängig von der Häufigkeit der Zwischenreinigungsvorgänge bzw. der Anzahl an seit dem letzten Reinigungs- bzw. Zwischenreinigungsvorgang beschichteten Halbleiterscheiben. Unter einem Gasfluss kann dabei insbesondere ein Volumenstrom, d.h. Volumen an Gas pro Zeit, angegeben in Standard-Liter pro Minute (slm), verstanden werden. Typischerweise liegt der Gasfluss im Bereich von 5 bis 30 slm und die Zeitdauer im Bereich von 20 bis 40 s.

Es wird dabei insbesondere wenigstens ein im Bereich um eine Auflagefläche für Halbleiterscheiben auf dem jeweiligen Suszeptor abgeschiedenes Material reduziert oder vorzugsweise entfernt, da überwiegend in diesem Bereich abgeschiedenes Material die thermischen und/oder Strömungsverhältnisse des Abscheidegases im Randbereich der Halbleiterscheiben verändert, welche wiederum zu den störenden Variationen in der Geometrie der Halbleiterscheiben führen. Unter dem Bereich um die Auflagefläche für Halbleiterscheiben kann dabei ein ringförmiger Bereich auf dem Suszeptor außerhalb der Auflagefläche der Halbleiterscheiben, bspw. mit radialer Ausdehnung bis zu 10 oder 20 mm verstanden werden.

Es ist von Vorteil, wenn bei einem Beschichtungsvorgang jeweils eine Schicht zwischen 1 und 10 μm , insbesondere zwischen 2 und 5 μm auf der wenigstens einen Halbleiterscheibe abgeschieden wird. Hierbei handelt es sich um bevorzugte Werte für die Dicke epitaktischer Schichten auf Halbleiterscheiben.

Vorzugsweise wird jeweils nach 8 bis 30, insbesondere jeweils nach 10 bis 15 Beschichtungsvorgängen der Reinigungsvorgang durchgeführt. Dies entspricht bspw. einer Dicke von im Mittel zwischen 30 und 70 μm an abgeschiedenem Material im Inneren des Epitaxie-Reaktors, wenn kein Zwischenreinigungsvorgang durchgeführt würde. Je nach verwendetem Epitaxie-Reaktor kann die Häufigkeit der Reinigungsvorgänge gewählt werden, um über alle Beschichtungsvorgänge hinweg einen ordnungsgemäßen Durchfluss von Abscheidegas zu ermöglichen. Hierbei ist auch anzumerken, dass durch die Zwischenreinigungsvorgänge in erster Linie auf das Reduzieren

und vorzugsweise Entfernen von abgeschiedenem Material um den Bereich um die Auflagefläche der Halbleiterscheiben auf dem jeweiligen Suszeptor abgestellt wird. Insofern kann sich in weiteren Bereichen des Epitaxie-Reaktors möglicherweise ähnlich viel Material abscheiden, wie dies ohne

- 5 Zwischenreinigungsvorgang der Fall wäre. Andererseits können durch viele Zwischenreinigungsvorgänge trotzdem kürzere Reinigungsvorgänge möglich sein.

- Vorteilhafterweise wird als erstes Ätzgas und/oder als zweites Ätzgas
10 Chlorwasserstoff verwendet. Damit kann besonders effektiv im Inneren des Epitaxie-Reaktors abgeschiedenes Material entfernt werden. Das Ätzgas kann alleine oder zusammen mit einem Trägergas wie bspw. Wasserstoff durch den Epitaxie-Reaktor geleitet werden. Der Volumenstrom des Trägergases beträgt dabei vorzugsweise 5 bis 8 slm.

- 15 Es ist von Vorteil, wenn als Halbleiterscheiben Siliziumscheiben verwendet werden, da es sich hierbei um das für übliche Halbleiteranwendungen bevorzugte Material handelt. Zweckmäßigerweise wird dann als erstes Abscheidegas und/oder als zweites Abscheidegas Trichlorsilan oder ein
20 anderes Gas einer Siliziumverbindung verwendet.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

- 25 Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.
- 30 Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

Figurenbeschreibung

Figur 1 zeigt schematisch einen Epitaxie-Reaktor, mit dem ein erfindungsgemäßes Verfahren durchgeführt werden kann.

Figur 2 zeigt schematisch einen Ausschnitt einer beschichteten Halbleiterscheibe auf einem Suszeptor eines Epitaxie-Reaktors.

Figur 3 zeigt in einem Diagramm die Differenz Δ des Randabfalls vor und nach dem jeweiligen Beschichtungsvorgang für eine Serie von Halbleiterscheiben aus Silizium, die nicht nach einem erfindungsgemäßen Verfahren beschichtet wurden.

Figur 4 zeigt in einem Diagramm die Differenz Δ des Randabfalls vor und nach dem jeweiligen Beschichtungsvorgang für eine Serie von Halbleiterscheiben aus Silizium, die nach einem erfindungsgemäßen Verfahren in einer bevorzugten Ausführungsform beschichtet wurden.

In Figur 1 ist beispielhaft und schematisch ein Epitaxie-Reaktor 100 im Querschnitt gezeigt, mit welchem bspw. ein erfindungsgemäßes Verfahren durchgeführt werden kann. In der Mitte des Epitaxie-Reaktors 100 befindet sich ein Suszeptor 110, auf welchem eine zu beschichtende Halbleiterscheibe 120, bspw. eine Siliziumscheibe bzw. ein Siliziumwafer, angeordnet, d.h. abgelegt werden kann. Eine Halbleiterscheibe kann dabei, je nach Größe des Epitaxie-Reaktors bspw. einen Durchmesser von bis zu 450 mm aufweisen. Der Suszeptor 110 weist dabei eine mittige Vertiefung auf, sodass die Halbleiterscheibe 120 bspw. nur im Bereich weniger Millimeter ihres Randes auf dem Suszeptor 110 aufliegt.

Durch den Epitaxie-Reaktor 100 kann Gas geleitet werden, im vorliegenden Beispiel von einer Öffnung auf der linken Seite bis zu einer Öffnung auf der rechten Seite des Epitaxie-Reaktors 100, wie dies durch zwei Pfeile angedeutet ist. Mittels Wärmeerzeugungsmittel, bspw. Heizlampen 130 auf der oberen und der unteren Seite des Epitaxie-Reaktors 100, von denen beispielhaft eine mit einem Bezugszeichen versehen ist, kann das durch den Epitaxie-Reaktor 100 geleitete Gas je nach Bedarf auf eine gewünschte Temperatur gebracht werden.

Zum Beschichten einer Halbleiterscheibe 120 wird nun ein erstes Abscheidegas, bspw. Trichlorsilan, ggf. gemischt mit Wasserstoff, durch den Epitaxie-Reaktor 100 geleitet. Gasfluss, Zeitdauer des Durchleitens sowie Temperatur können hierbei bspw. je nach gewünschter Dicke der epitaktisch abzuscheidenden Schicht auf der Halbleiterscheibe 120 eingestellt werden. Eine oftmals gewünschte Dicke der epitaktischen Schicht beträgt bspw. 4 µm. Typischerweise wird für eine derartige Schicht ein Gasfluss an Trichlorsilan von etwa 15 slm über eine Zeitdauer von etwa 100 s benötigt. Zudem kann der Suszeptor 110 mit der darauf angeordneten Halbleiterscheibe 120 um eine Achse rotiert werden, wie dies in der Figur angedeutet ist. Auf diese Weise kann ein gleichmäßiges Abscheiden der epitaktischen Schicht erreicht werden.

Dieser Beschichtungsvorgang wird für weitere Halbleiterscheiben wiederholt. Nach einer Anzahl von bspw. 10 bis 12 Beschichtungsvorgängen mit jeweils 4 µm epitaktischer Schicht auf der jeweiligen Halbleiterscheibe scheidet sich im Inneren des Epitaxie-Reaktors 100 ebenfalls Material ab, insgesamt bspw. ca. 40 bis 50 µm.

Zum Reinigen des Epitaxie-Reaktors 100, d.h. zum Entfernen oder zumindest Reduzieren des unerwünschten Materials, wird daher nach bspw. 10 oder 12 Beschichtungsvorgängen ein Reinigungsvorgang durchgeführt, bei dem zunächst ein erstes Ätzgas, bspw. Chlorwasserstoff, durch den Epitaxie-Reaktor 100 geleitet wird. Auf diese Weise kann das unerwünschte Material im Inneren des Epitaxie-Reaktors 100 entfernt bzw. zumindest reduziert werden. Bei geeigneter Einstellung von Zeitdauer und Gasfluss kann dieses Material vollständig entfernt werden.

Anschließend wird im Rahmen des Reinigungsvorgangs und in Gegenwart einer auf dem Suszeptor liegenden Platzhalterscheibe noch ein zweites Abscheidegas, bspw. Trichlorsilan, durch den Epitaxie-Reaktor 100 geleitet, um eine definierte Schicht Material, bspw. Silizium, im Inneren des Epitaxie-Reaktors 100 abzuscheiden. Diese Schicht dient der Versiegelung, um zu verhindern, dass ggf. aus den Oberflächen im Inneren des Epitaxie-Reaktors 100 diffundierende Verunreinigungen in die epitaktische Schicht auf der nachfolgend zu beschichtenden Halbleiterscheibe gelangen. Um eine solche Schicht zur Versiegelung mit einer Dicke von ca. 10 µm zu erzielen, kann bspw.

das Trichlorsilan mit einem Gasfluss von 29 slm (Standard-Liter pro Minute) für eine Zeitdauer von 200 Sekunden durch den Epitaxie-Reaktor geleitet werden. Während des Durchleitens des zweiten Abscheidegases ist eine Platzhalterscheibe anstelle einer Halbleiterscheibe 120 auf dem Suszeptor 110 angeordnet, damit die Auflagefläche für die Halbleiterscheiben frei von abgeschiedenem Material bleibt und die Schutzschicht entsteht. Gegebenenfalls kann eine Platzhalterscheibe auch während des Durchleitens des ersten Ätzgases auf dem Suszeptor 110 angeordnet sein.

10 In Figur 2 ist schematisch ein Ausschnitt einer Halbleiterscheibe 120 auf dem Suszeptor 110 des Epitaxie-Reaktors 100 gezeigt. Auf der Halbleiterscheibe 120 befindet sich eine epitaktisch abgeschiedene Schicht 121. Hierbei sei angemerkt, dass die Verhältnisse der hier gezeigten Abmessungen zueinander nicht maßstabsgetreu sind.

15 Dabei ist zu sehen, dass die epitaktische Schicht 121 am Rand (in der Figur links) in ihrer Stärke abnimmt. Der Grund hierfür liegt in den Strömungsverhältnissen des Abscheidegases beim Beschichten der Halbleiterscheibe, die am Rand der Halbleiterscheibe anders sind als bspw. über deren Oberfläche. Weiterhin ist im Bereich um die Auflagefläche der Halbleiterscheibe 120 auf dem Suszeptor 110 unerwünschtes Material 140 vorhanden. Wie bereits erläutert, wird dieses Material 140 während der Beschichtungsvorgänge abgeschieden.

25 Während nun jedoch für jeden Beschichtungsvorgang eine neue Halbleiterscheibe 120 auf dem Suszeptor 110 angeordnet wird, nimmt die Stärke des abgeschiedenen Materials 140 mit jedem Beschichtungsvorgang zu. Diese Zunahme des Materials 140 ist in der Figur durch eine gestrichelte Linie dargestellt. Dies führt für jeden Beschichtungsvorgang zu einem veränderten
30 Temperaturfeld und zu veränderten Strömungsverhältnissen des Abscheidegases und zwar insbesondere im Randbereich der Halbleiterscheibe 120. So führt mehr Material 140 bspw. zu einem stärkeren Randabfall der epitaktischen Schicht 121, wie dies durch eine gestrichelte Linie dargestellt ist.

35 In einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens wird nun zwischen zwei Reinigungsvorgängen nach jedem

Beschichtungsvorgang in einem Zwischenreinigungsvorgang ein zweites Ätzgas, bspw. Chlorwasserstoff, durch den Epitaxie-Reaktor 100 geleitet, so dass das beim letzten Beschichtungsvorgang abgeschiedene Material 140 reduziert und vorzugsweise wieder entfernt wird. Auf dem Suszeptor 110 ist
5 dabei weder eine Platzhalter- noch eine Halbleiterscheibe angeordnet. Dabei wird darauf geachtet, indem bspw. die Zeitdauer und der Gasfluss geeignet gewählt werden, dass die im vorangegangenen Reinigungsvorgang aufgebraachte Schutzschicht erhalten bleibt und möglichst nur das während des letzten Beschichtungsvorgangs abgeschiedene Material entfernt wird. Ein Durchleiten
10 von Abscheidegas vor dem Beschichten der darauffolgenden Halbleiterscheibe wie beim Reinigungsvorgang wird dabei nicht durchgeführt.

Auf diese Weise ist die Ausgangssituation beim Beschichten der Halbleiterscheiben für jeden Beschichtungsvorgang gleich. Damit werden
15 Variationen in der Geometrie der Halbleiterscheiben, insbesondere im Randbereich, vermieden oder zumindest deutlich reduziert. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass nach dem letzten Beschichtungsvorgang vor einem Reinigungsvorgang sinnvollerweise kein Zwischenreinigungsvorgang erforderlich ist.

20 In Figur 3 ist für eine Serie von n aufeinander folgenden Beschichtungsvorgängen in einem Diagramm die Differenz des Randabfalls Δ in nm/mm^2 (ausgedrückt in Form der Differenz des sog. ZDD, einer die Krümmung des Randbereichs beschreibenden Messgröße) von dabei
25 beschichteten Halbleiterscheiben über der Anzahl der Beschichtungsvorgänge n aufgetragen, wobei zwischen aufeinanderfolgenden Beschichtungsvorgängen kein Zwischenreinigungsvorgang durchgeführt wurde. Dabei ist zu sehen, dass der Randabfall vom ersten Beschichtungsvorgang nach einem
Reinigungsvorgang (in der Figur links) über die Beschichtungsvorgänge hinweg
30 (in der Figur nach rechts) abnimmt und somit eine deutliche Variation aufweist.

In Figur 4 ist für eine Serie von n aufeinander folgenden Beschichtungsvorgängen in einem Diagramm die Differenz des Randabfalls Δ in nm/mm^2 (ausgedrückt als Differenz des ZDD) von dabei beschichteten
35 Halbleiterscheiben über der Anzahl der Beschichtungsvorgänge n aufgetragen, wobei nach einem erfindungsgemäßen Verfahren in einer bevorzugten

Ausführungsform, wie dies oben beschrieben wurde, vorgegangen wurde.
Dabei ist zu sehen, dass der Randabfall vom ersten Beschichtungsvorgang
nach einem Reinigungsvorgang (in der Figur links) über die
Beschichtungsvorgänge hinweg (in der Figur nach rechts) relativ konstant ist
5 und somit eine deutliche geringere Variation aufweist, als dies ohne die
Zwischenreinigungsvorgänge der Fall wäre.

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zum Beschichten von Halbleiterscheiben (120) mit jeweils einer epitaktisch abgeschiedenen Schicht (121) in einem Epitaxie-Reaktor (100),
wobei in einem Beschichtungsvorgang wenigstens eine Halbleiterscheibe (120) auf einem jeweiligen Suszeptor (110) in dem Epitaxie-Reaktor (100)
10 angeordnet wird und ein erstes Abscheidegas zum Beschichten der wenigstens einen Halbleiterscheibe (120) durch den Epitaxie-Reaktor (100) geleitet wird, und
wobei jeweils nach mehreren Beschichtungsvorgängen ein Reinigungsvorgang durchgeführt wird, bei dem ein erstes Ätzgas und
15 anschließend ein zweites Abscheidegas durch den Epitaxie-Reaktor (100) geleitet werden,
dadurch gekennzeichnet, dass zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reinigungsvorgängen wenigstens ein Zwischenreinigungsvorgang durchgeführt wird, bei dem zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden
20 Beschichtungsvorgängen ein zweites Ätzgas durch den Epitaxie-Reaktor (100) geleitet wird, ohne dass ein Abscheidegas durch den Epitaxie-Reaktor (100) geleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei bei jedem Reinigungsvorgang
25 während des Durchleitens des ersten Ätzgases und/oder des zweiten Abscheidegases jeweils eine Platzhalterscheibe auf dem jeweiligen Suszeptor angeordnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei zwischen zwei
30 aufeinanderfolgenden Reinigungsvorgängen nach jedem Beschichtungsvorgang ein Zwischenreinigungsvorgang durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei bei dem wenigstens einen Zwischenreinigungsvorgang das zweite Ätzgas derart durch
35 den Epitaxie-Reaktor (100) geleitet wird, dass das Material (140), das seit dem vorangegangenen Zwischenreinigungsvorgang durch Durchleiten von Abscheidegas im Inneren des Epitaxie-Reaktors (100) abgeschieden worden ist, reduziert oder entfernt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei wenigstens ein im Bereich um eine Auflagefläche für Halbleiterscheiben (120) auf dem jeweiligen Suszeptor (110) abgeschiedenes Material (140) reduziert oder entfernt wird.

5

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei das abgeschiedene Material (140) durch Vorgabe einer Zeitdauer des Durchleitens des zweiten Ätzgases und/oder durch Vorgabe eines Gasflusses des zweiten Ätzgases reduziert oder entfernt wird.

10

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei bei einem Beschichtungsvorgang jeweils eine Schicht (121) zwischen 1 und 10 μm , insbesondere zwischen 2 und 5 μm auf der wenigstens einen Halbleiterscheibe (120) abgeschieden wird.

15

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei jeweils nach 8 bis 30, insbesondere jeweils nach 10 bis 15 Beschichtungsvorgängen der Reinigungsvorgang durchgeführt wird.

20

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei als erstes Ätzgas und/oder als zweites Ätzgas Chlorwasserstoff verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei als Halbleiterscheiben (120) Siliziumscheiben verwendet werden.

25

11. Verfahren nach Anspruch 9, wobei als erstes Abscheidegas und/oder als zweites Abscheidegas Trichlorsilan verwendet wird.

1 / 2

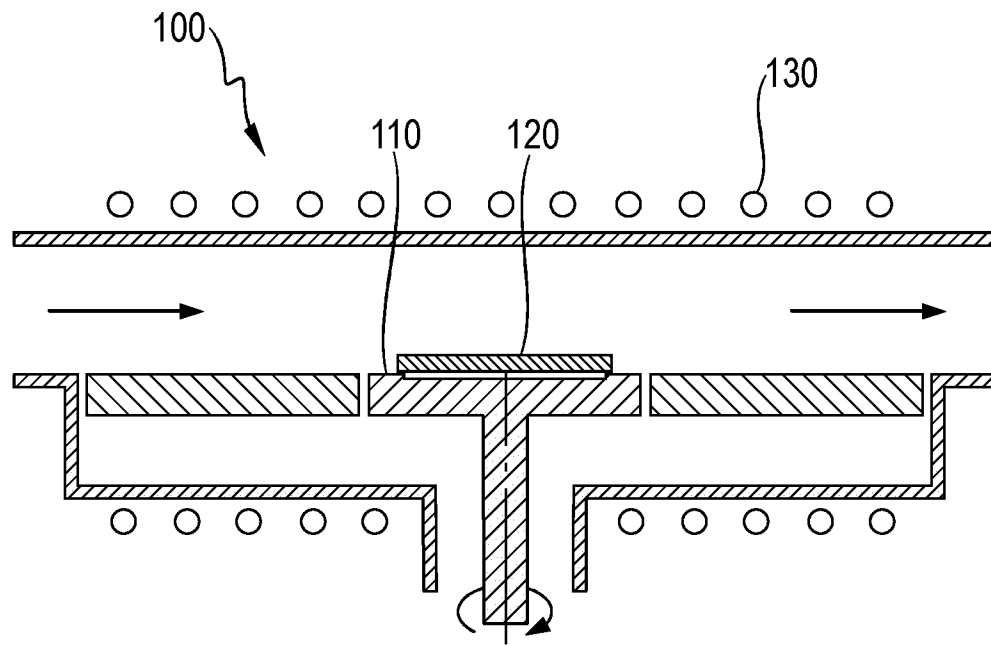


Fig. 1

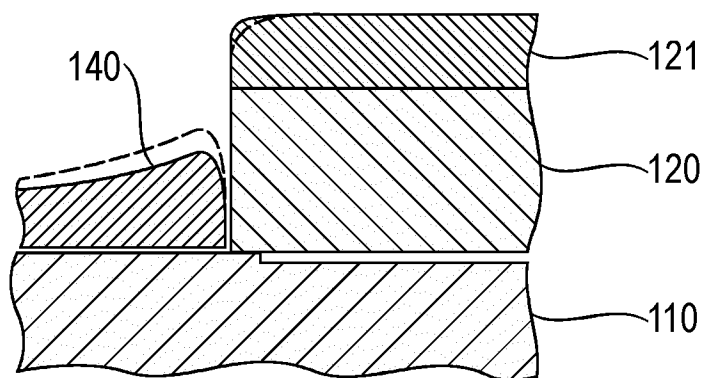


Fig. 2

2 / 2

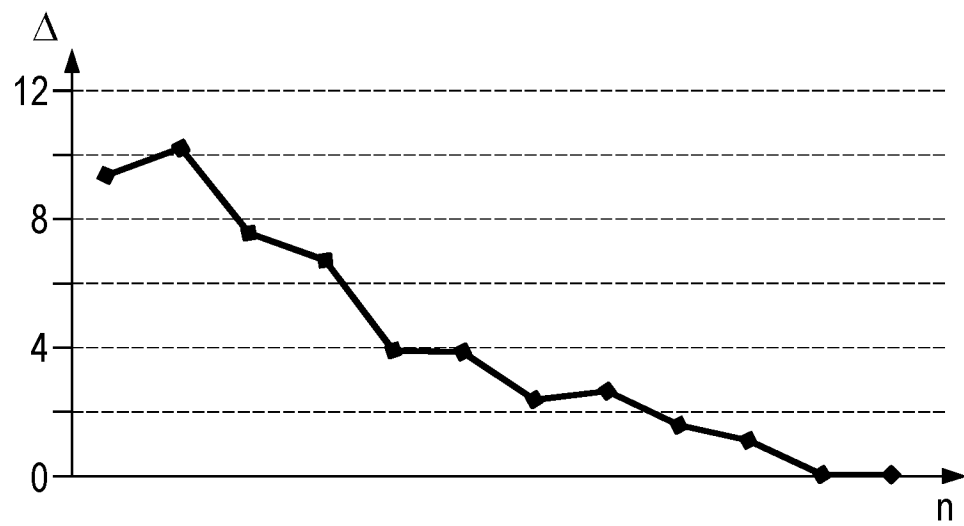


Fig. 3

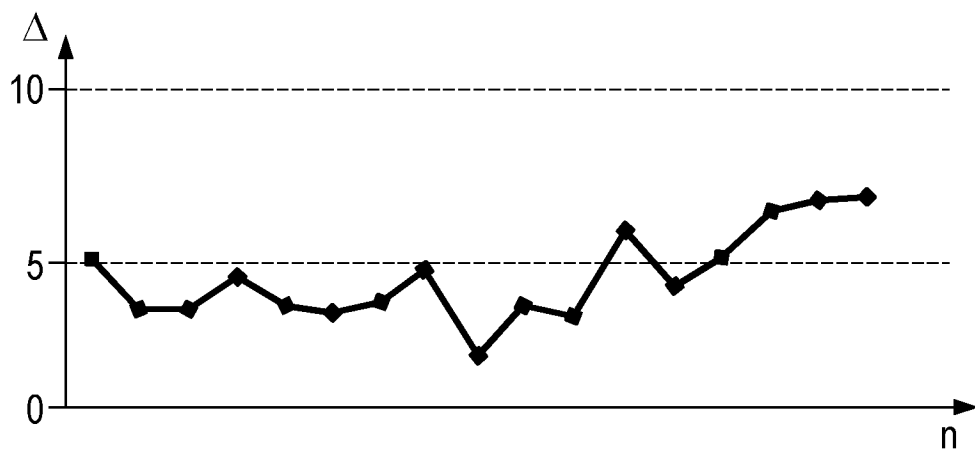


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/052227

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C23C16/44
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C23C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, IBM-TDB, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009/075489 A1 (WANG ANCHUAN [US] ET AL) 19 March 2009 (2009-03-19)	1-8,10
Y	the whole document	9,11
Y	DE 10 2010 006725 A1 (SILTRONIC AG [DE]) 4 August 2011 (2011-08-04) cited in the application paragraphs [0016] - [0021]	9,11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 May 2016

Date of mailing of the international search report

12/05/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ekhult, Hans

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/052227

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009075489 A1	19-03-2009	EP 2034045 A2	11-03-2009
		JP 5197256 B2	15-05-2013
		JP 2009111350 A	21-05-2009
		KR 20090026108 A	11-03-2009
		SG 151185 A1	30-04-2009
		TW 200935514 A	16-08-2009
		US 2009075489 A1	19-03-2009

DE 102010006725 A1	04-08-2011	CN 102168304 A	31-08-2011
		DE 102010006725 A1	04-08-2011
		JP 5063786 B2	31-10-2012
		JP 2011159978 A	18-08-2011
		KR 20110090832 A	10-08-2011
		SG 173301 A1	29-08-2011
		TW 201128688 A	16-08-2011
		US 2011189842 A1	04-08-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. C23C16/44
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
C23C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, IBM-TDB, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2009/075489 A1 (WANG ANCHUAN [US] ET AL) 19. März 2009 (2009-03-19)	1-8,10
Y	das ganze Dokument	9,11
Y	DE 10 2010 006725 A1 (SILTRONIC AG [DE]) 4. August 2011 (2011-08-04) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0016] - [0021]	9,11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. Mai 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/05/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ekhult, Hans

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/052227

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009075489 A1	19-03-2009	EP 2034045 A2	11-03-2009
		JP 5197256 B2	15-05-2013
		JP 2009111350 A	21-05-2009
		KR 20090026108 A	11-03-2009
		SG 151185 A1	30-04-2009
		TW 200935514 A	16-08-2009
		US 2009075489 A1	19-03-2009

DE 102010006725 A1	04-08-2011	CN 102168304 A	31-08-2011
		DE 102010006725 A1	04-08-2011
		JP 5063786 B2	31-10-2012
		JP 2011159978 A	18-08-2011
		KR 20110090832 A	10-08-2011
		SG 173301 A1	29-08-2011
		TW 201128688 A	16-08-2011
		US 2011189842 A1	04-08-2011
