



(10) **DE 10 2013 226 270 B3** 2015.04.02

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 226 270.1**
(22) Anmeldetag: **17.12.2013**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **02.04.2015**

(51) Int Cl.: **H01L 21/283** (2006.01)
H01L 21/321 (2006.01)
H01L 21/764 (2006.01)
H01L 33/00 (2010.01)

Innerhalb von neun 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:
Forschungsverbund Berlin e.V., 12489 Berlin, DE

(74) Vertreter:
**Gulde & Partner Patent- und
Rechtsanwaltskanzlei mbB, 10179 Berlin, DE**

(72) Erfinder:
**Einfeldt, Sven, Dr., 12621 Berlin, DE; Redaelli,
Luca, 10997 Berlin, DE; Kneissl, Michael, Prof.
Dr., 10435 Berlin, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

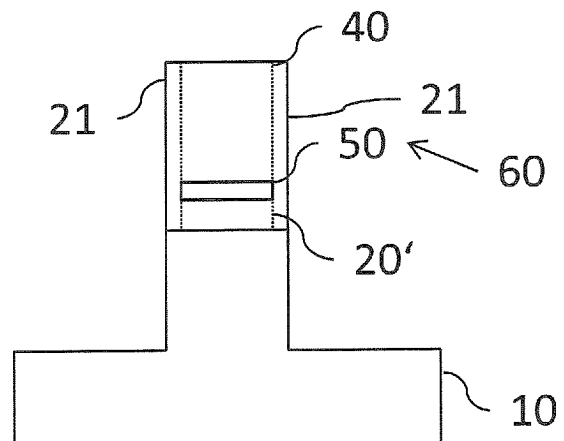
DE	10 2009 034 359	A1
US	6 433 436	B1
US	5 176 792	A
EP	0 889 519	A2

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Ausbilden eines Metallkontakts auf einer Oberfläche eines Halbleiters und Vorrichtung mit einem Metallkontakt**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ausbilden mindestens eines Metallkontakts auf einer Oberfläche eines Halbleiters und eine Vorrichtung mit mindestens einem Metallkontakt.

Das Verfahren dient zum Ausbilden von mindestens einem Metallkontakt (60) auf einer Oberfläche (11) eines Halbleiters (10) und umfasst die Schritte: Aufbringen einer Metallschicht (20) auf die Halbleiteroberfläche (11), Aufbringen einer Maske (40, 50) auf die Metallschicht (20), und Strukturieren zumindest der Metallschicht (20) unter Verwendung der Maske (40, 50), wobei durch das Strukturieren laterale Ablagerungen (21) des Metalls an der Maske entstehen, so dass die Maske nach dem Strukturieren eingebettet ist zwischen den Ablagerungen (21) und der strukturierten Metallschicht (20'). Das Verfahren ist gekennzeichnet durch eine leitfähige Hartmaske.

Da die Maske leitfähig ist, kann sie im Metall eingebettet verbleiben. Ein Abtragen der Ablagerungen erübrigt sich. Ablagerungen und Maske bilden einen Teil des Kontakts.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ausbilden mindestens eines Metallkontakts auf einer Oberfläche eines Halbleiters und eine Vorrichtung mit mindestens einem Metallkontakt.

[0002] Halbleiter, beispielsweise aus GaN, Galliumnitrid, finden in unterschiedlichen technischen Gebieten Anwendung. Ein Beispiel ist die Verwendung von epitaktischen Halbleiterwafern für die Herstellung von Rippenwellenleitern für eine Laserdiode.

[0003] Für viele dieser Anwendungen werden Metallkontakte auf einer Oberfläche des Halbleiters benötigt. Widerstandswerte solcher Metallkontakte hängen dabei empfindlich von Verunreinigungen und/oder Kristallfehlern und/oder der Stöchiometrie der Halbleiteroberfläche zum Zeitpunkt der Aufbringung des jeweiligen Metallkontakts ab. Die Stöchiometrie der Halbleiteroberfläche kann sich insbesondere während des Prozessierens des Halbleiters ändern.

[0004] Um die Widerstandswerte der Metallkontakte davon unbeeinflusst zu lassen, wird eine Schicht aus dem jeweiligen Metall auf die Halbleiteroberfläche vor jedem anderen Prozessieren des Halbleiters abgeschieden und mittels einer Maske subtraktiv strukturiert. Bestehen die Metallkontakte aus edlem, chemisch sehr inertem Metall ist hierfür ein Trockenätzverfahren, zum Beispiel Sputterätzen, reaktives Ionenätzen (RIE), induktiv gekoppeltes Plasmaätzen (ICP) oder chemisch unterstütztes Ionenstrahlätzen (CAIBE) erforderlich.

[0005] Bei solchen Trockenätzverfahren lagert sich im Zuge der Redeposition ein Teil des abgetragenen Metalls wieder auf der Oberfläche und auf Oberfläche und Rändern der Maske ab. Nach Entfernen der Maske verbleibt das an den Rändern der Maske redponierte Metall als eine Art Zaun zurück. Dieser Zaun ist nur schwer entfernbar und kann bei der Ablagerung weiterer Schichten die Entstehung von Hohlräumen bewirken, die ihrerseits durch Behinderung des Wärmetransports die Verlässlichkeit des den Halbleiter umfassenden Bauelements beeinträchtigen können.

[0006] Die Entstehung der Zäune nach dem Stand der Technik ist beispielhaft in **Fig. 1** bis **Fig. 3** dargestellt. **Fig. 1** zeigt den unstrukturierten Halbleiter **10** aus GaN mit einer Metallschicht **20** aus Pd, Palladium, auf einer Oberfläche **11** des Halbleiters **10**. Wie in **Fig. 2** zu sehen, wird eine Maske **30**, beispielsweise eine Hartmaske aus SiN_x , aufgebracht. Dann wird die Metallschicht **20** durch Sputterätzen beispielsweise mit Argon strukturiert. Anschließend wird unter Verwendung derselben Maske der Halbleiter **10** mittels Plasmaätzen, zum Beispiel mit Chlor, strukturiert. Anschließend werden Reste der Maske entfernt. Es verbleibt die in **Fig. 3** dargestellte Struktur mit Ablage-

rungen **21**, die seitlich an die Maske abgelagert wurden und nach Entfernen der Maske über die strukturierte Metallschicht **20'** nach oben hinausragen.

[0007] Das Entfernen der Maske erfolgt zum Beispiel nasschemisch unter Verwendung von Flusssäure.

[0008] Ein Verfahren zur Bildung einer strukturierten Wolframschicht mittels einer Titanmaske ist in US 5 176 792 A beschrieben. EP 0 889 519 A2 befasst sich mit einer Elektrodenstruktur für einen Kondensator. Eine Platinelektrode wird mittels einer Ti-Al-N Hartmaske geätzt, wobei es zur Bildung transienter Seitenwandzäune infolge der Redisposition von Platin während des Ätzens kommt. US 6 433 436 B1 stellt die Herstellung einer multi-level-interconnect Struktur in einem kombinierten Ätzprozess mit einem Schritt dar. DE 10 2009 034 359 A1 betrifft einen Palladium basierten p-Kontakt für eine Leuchtdiode, speziell eine Nanopixel LED auf GaN-Basis.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem sich ein verlässlich funktionierender Metallkontakt auf einer Oberfläche eines Halbleiters bilden lässt.

[0010] Diese Aufgabe wird durch das Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Das Verfahren dient zum Ausbilden von mindestens einem Metallkontakt auf einer Oberfläche eines aus Galliumnitrid bestehenden Halbleiters und umfasst die Schritte: Aufbringen einer Metallschicht aus Palladium auf die Halbleiteroberfläche, Aufbringen einer Maske auf die Metallschicht, und Strukturieren zumindest der Metallschicht unter Verwendung der Maske, wobei durch das Strukturieren laterale Ablagerungen des Metalls der Metallschicht an der Maske entstehen, so dass die Maske nach dem Strukturieren eingebettet ist zwischen den Ablagerungen und der strukturierten Metallschicht, wobei die Maske eine leitfähige Hartmaske ist, wobei das Strukturieren auch den Halbleiter (**10**) strukturiert und folgende Schritte umfasst: Sputterätzen des Metalls (**20**) mit Argon und Plasmaätzen des Halbleiters (**10**) mit Chlor.

[0011] Da die Maske leitfähig ist, kann sie als verlorene Maske dienen und ein Abtragen der Maske und lateralen Ablagerungen erübrigt sich, so dass kein Oberflächenabschnitt des Metallkontakts konkav ist. Ablagerungen und verlorene Maske bilden einen Teil des Kontakts.

[0012] In einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die Maske mindestens ein zum Metall unterschiedliches, leitfähiges Material. Dann kann das unterschiedliche Material eine unterste Schicht der Hartmaske bilden. Weiterhin umfasst die Hartmaske der besagten vorteilhaften Ausführungsform eine auf dem unterschiedlichen Material angeordnete Schicht aus dem Metall.

[0013] Im Ergebnis des Strukturierens umschließt das Metall das unterschiedliche Material, so dass die Leitfähigkeit des Kontakts durch die Anwesenheit des Materials im Kontakt nur minimal beeinflusst ist.

[0014] Das leitfähige Material kann zum Beispiel Titan, Nickel oder Chrom umfassen.

[0015] Der Halbleiter kann ein epitaktischer Halbleiter sein. Der Metallkontakt kann Teil eines Rippenwellenleiters sein. Der Metallkontakt kann auch eine Mesastruktur auf einer p-Seite einer Mikropixel-LED oder einer Nanopixel-LED sein.

[0016] Erfindungsgemäß wird weiterhin eine Vorrichtung gemäß Anspruch 7 vorgeschlagen mit mindestens einem Metallkontakt auf einer Oberfläche eines strukturierten Galliumnitrid-Halbleiters (**10**), wobei der Metallkontakt ein leitfähiges Hartmaskenmaterial auf einer entsprechend strukturierten Palladiumschicht (**20'**) und zwischen Palladium-Ablagerungen (**21**) umfasst, wobei kein Oberflächenabschnitt des Metallkontakts (**60**) konkav ist.

[0017] Mit der Ausgestaltung dieser Vorrichtung, wo alle Oberflächenabschnitte eben sind.

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnung erläutert. Es zeigen:

[0019] Fig. 1, Fig. 2 und Fig. 3 schematisch unterschiedliche Zustände eines Halbleiters während eines Verfahrens nach Stand der Technik zur Ausbildung eines Metallkontakts, und

[0020] Fig. 4, Fig. 5 und Fig. 6 schematisch unterschiedliche Zustände eines Halbleiters während eines Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung zur Ausbildung eines Metallkontakts.

[0021] Fig. 4 zeigt den unstrukturierten Halbleiter **10** aus GaN mit einer Metallschicht **20** aus Pd, Palladium, auf einer Oberfläche **11** des Halbleiters **10**. Der unstrukturierte Halbleiter **10** des Beispiels ist ein epitaktischer Halbleiter, die vorliegende Erfindung entfaltet ihren technischen Effekt aber auch für andere Halbleiter und ist nicht auf epitaktische Halbleiter beschränkt. Wie in Fig. 5 zu sehen, wird eine leitfähige Hartmaske **40**, **50** aufgebracht, die eine unterste Schicht **50** aus Ti, Titan, umfasst. Andere leitfähige Materialien, die zu Palladium unterschiedlich sind, sind Ni, Nickel, und Cr, Chrom. Eine oberste Schicht **40**, die auf der untersten Schicht **50** angeordnet ist, besteht auch aus Palladium. Die oberste Schicht **40** ist optional und im Beispiel deutlich dicker als die Metallschicht **20**. Im Beispiel sind nur zwei Schichten vorhanden, so dass die oberste Schicht **40** direkt auf der untersten Schicht **50** angeordnet ist. Es sind aber im Sinne der Erfindung noch weitere leitfähige

Zwischenschichten möglich. Wird nur eine einzige Schicht verwendet, ist es umso vorteilhafter, je ähnlicher die elektrischen Eigenschaften des unterschiedlichen leitfähigen Materials zu denen des Metalls sind. Insbesondere kann die Hartmaske auch aus dem Metall der Metallschicht **20** bestehen.

[0022] Dann wird die Metallschicht **20** durch Sputterätzen beispielsweise mit Argon strukturiert, also im nicht maskierten Bereich abgetragen. Dabei wird die oberste Schicht **40** entsprechend abgetragen, da diese aber dicker ist als die Metallschicht **20**, verbleibt von der obersten Schicht **40** ein Rest, wenn die Metallschicht **20** in dem nicht maskierten Bereich bereits vollständig abgetragen ist.

[0023] Das in dem nicht maskierten Bereich und von der Oberfläche der obersten Schicht **40** abgetragene Metall lagert sich lateral als Ablagerungen **21** aus dem Metall an die strukturierte Metallschicht **20'** und an die Schichten **40** und **50** der Maske an.

[0024] Anschließend wird unter Verwendung derselben Maske der Halbleiter **10** mittels Plasmaätzen, zum Beispiel mit Chlor, strukturiert.

[0025] Wie in Fig. 6 zu sehen ist, umschließen die Ablagerungen **21** und die Schichten **20'** und **50** das unterschiedliche, leitfähige Material der Schicht **40**. Die Reste der Hartmaske, also die Reste der Schicht **50** und die Schicht **40**, sind alle leitfähig und können als Teil des Kontakts genutzt werden, so dass weder die Maske, noch die Ablagerungen entfernt werden müssen. Daher wird kein Oberflächenabschnitt des Metallkontakts erzeugt, der konkav ist. Das erfindungsgemäß vorgestellte Verfahren erfordert zudem weniger Verfahrensschritte. Der Kontakt ist über die Oberfläche des Rests der Schicht **40** gut kontaktierbar und der Hohlraum zwischen den Ablagerungen **21** ist verfüllt, so dass keine Entfernung der Ablagerungen **21** notwendig ist. Die erfindungsgemäß vorgestellte Vorrichtung hat also verlässlichere und bessere Funktionalität.

[0026] Metallkontakte im Sinne der Erfindung können in vielfältigen Anwendungen vorteilhaft verwendet werden. Beispielsweise kann der Metallkontakt Teil eines Rippenwellenleiters sein. Es ist zum Beispiel auch möglich, dass der Metallkontakt eine Mesastruktur auf einer p-Seite einer Mikropixel-LED oder einer Nanopixel-LED ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ausbilden von mindestens einem Metallkontakt (**60**) auf einer Oberfläche (**11**) eines aus Galliumnitrid bestehenden Halbleiters (**10**), umfassend die Schritte:
 - Aufbringen einer Metallschicht (**20**) aus Palladium auf die Halbleiteroberfläche (**11**),

- Aufbringen einer Maske (**40**, **50**) auf die Metallschicht (**20**), und
- Strukturieren zumindest der Metallschicht (**20**) unter Verwendung der Maske (**40**, **50**) wobei durch das Strukturieren laterale Ablagerungen (**21**) des Metalls der Metallschicht an der Maske entstehen, so dass die Maske nach dem Strukturieren eingebettet ist zwischen den Ablagerungen (**21**) und der strukturierten Metallschicht (**20'**), wobei die Maske eine leitfähige Hartmaske ist, wobei das Strukturieren auch den Halbleiter (**10**) strukturiert und folgende Schritte umfasst: Sputterätzen des Metalls (**20**) mit Argon und Plasmaätzen des Halbleiters (**10**) mit Chlor.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Maske mindestens ein zum Metall unterschiedliches, leitfähiges Material (**40**) umfasst und wobei das unterschiedliche Material (**40**) eine unterste Schicht der Hartmaske bildet und die Hartmaske weiterhin eine auf dem unterschiedlichen Material (**40**) angeordnete Schicht (**50**) aus dem Metall umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das leitfähige Material (**40**) Titan, Nickel oder Chrom umfasst.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Halbleiter (**10**) epitaktisch ist.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Metallkontakt (**60**) Teil eines Rippenwellenleiters ist.

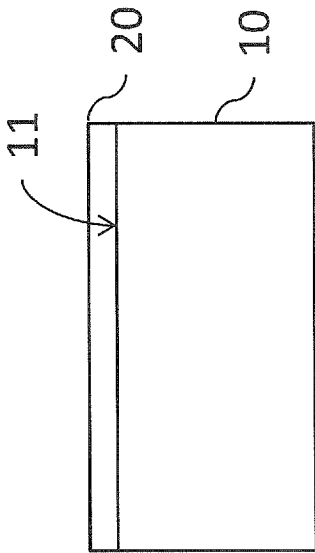
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Metallkontakt (**60**) eine Mesastruktur auf einer p-Seite einer Mikropixel-LED oder einer Nanopixel-LED ist.

7. Vorrichtung mit mindestens einem Metallkontakt (**60**) auf einer Oberfläche (**11**) eines strukturierten Galliumnitrid-Halbleiters (**10**), wobei der Metallkontakt ein leitfähiges Hartmaskenmaterial auf einer entsprechend strukturierten Palladiumschicht (**20'**) und zwischen Palladium-Ablagerungen (**21**) umfasst, wobei kein Oberflächenabschnitt des Metallkontakts (**60**) konkav ist.

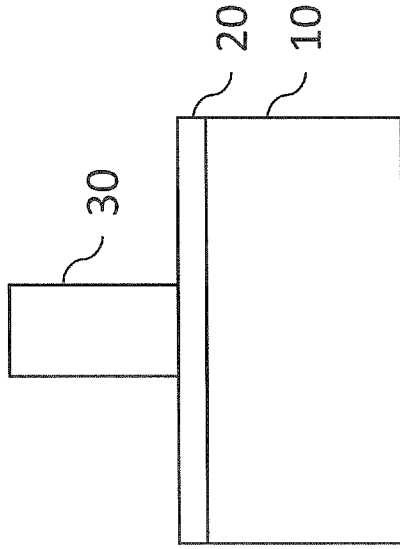
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei alle Oberflächenabschnitte eben sind.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

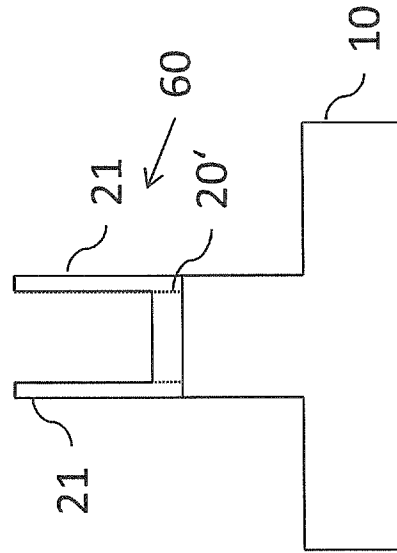
Anhängende Zeichnungen



Figur 1 – Stand der Technik



Figur 2 – Stand der Technik



Figur 3 – Stand der Technik

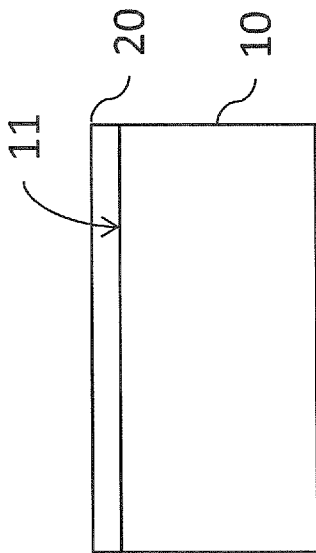


Figure 4

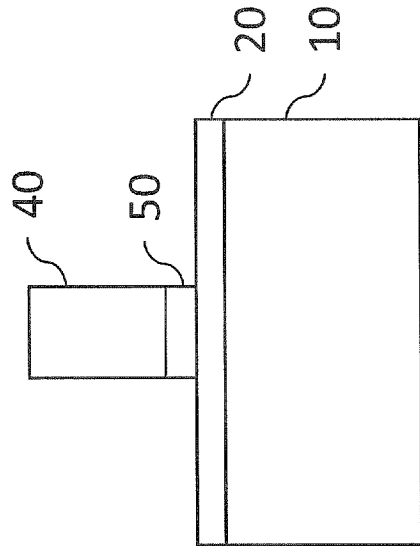


Figure 5

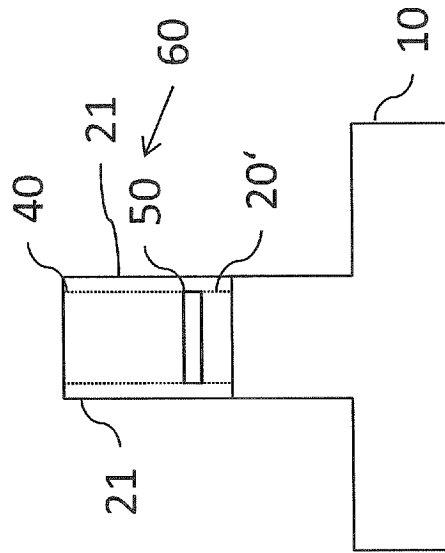


Figure 6