



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 19 135 B4 2006.07.27**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 19 135.6**
 (22) Anmeldetag: **28.04.2003**
 (43) Offenlegungstag: **25.11.2004**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **27.07.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/288** (2006.01)
C25D 7/12 (2006.01)
C25D 3/38 (2006.01)
H01L 21/768 (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. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Advanced Micro Devices, Inc., Sunnyvale, Calif., US

(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80538 München

(72) Erfinder:
Marxsen, Gerd Franz Christian, 01445 Radebeul, DE; Preusse, Axel, 01445 Radebeul, DE; Nopper, Markus, 01129 Dresden, DE; Mauersberger, Frank, 01445 Radebeul, DE

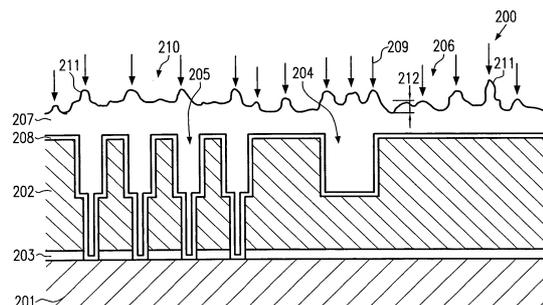
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
US 2002/1 95 351 A1
US 2 001 15 321 A1
US 63 50 364 B1
US 63 46 479 B1
WO 0 39 361 A2
CERISIER, M.; ATTENBOROUGH, K.; FRANSAER, J.;
VAN HASENDONCK, C.; CELIS, J.-P.: Growth Mode of

Copper Films Electrodeposited on Silicon from Sulfate and Pyrophosphate Solutions. In: Journal of the Electrochemical Society, ISSN 1234-5678, 1999, Vol. 146, No. 6, S. 2156-2162;
Datenblatt "Polyether" und "Polyalkylenglykol". Georg Thieme Verlag, 2003, Dokument Kennung RD-16-
03219 und RD-16-03037. In: www.roempp.com; REID, J.; MAYER, S.; BROADBENT, E.; (u.a.): Factors influencing damascene feature fill using copper PVD and electroplating. In: Solid State Technology, July 2000, S. 86-103;
HONG, K.; CHOI, H.-K.: Developing metrology for controlling Cu electroplating additives. In: Solid State Technology, Oktober 2002, S. 57-59;
BANERJEE, G.; SO, J.; MIKKOLA, B.: Simultaneous optimization of electroplating and CMP for copper process. In: Solid State Technology, November 2001, S. 83-88;
SMEKALIN, K.; CHEUNG, R.; TRIBULA, D.: Tuning the process flow to optimise copper CMP. In: Solid State Technology, September 2001, S.107-112;

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Elektroplattieren von Kupfer über einer strukturierten dielektrischen Schicht, um die Prozess-Gleichförmigkeit eines nachfolgenden CMP-Prozesses zu verbessern**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Abscheiden eines Metalls über einem Substrat mit einer dielektrischen Schicht, die ein darin gebildetes strukturiertes Gebiet und ein im Wesentlichen nicht strukturiertes Gebiet aufweist, wobei das Verfahren umfasst:
 Einwirken eines Elektrolytbads auf das Substrat, um Metall von unten nach oben in dem strukturierten Gebiet in nicht konformer Weise abzuscheiden;
 Bilden einer Überschussmetallschicht über dem strukturierten Gebiet und dem im Wesentlichen nicht strukturierten Gebiet;
 Steuern mindestens eines Prozessparameters während der Bildung der Überschussmetallschicht, um eine Oberflächenrauigkeit der Überschussmetallschicht zu erhöhen; und
 Entfernen der Überschussmetallschicht durch che-

misch-mechanisches Polieren, wobei die erhöhte Oberflächenrauigkeit das Entfernen der Überschussmetallschicht fördert.



Beschreibung

GEBIET DER VORLIEGENDEN ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen die Herstellung integrierter Schaltungen und betrifft insbesondere die Herstellung von Metallisierungsschichten, wobei ein Metall über einer strukturierten dielektrischen Schicht abgeschieden und überschüssiges Metall nachfolgend durch chemisch-mechanisches Polieren (CMP) entfernt wird.

BESCHREIBUNG DES STANDS DER TECHNIK

[0002] In jeder neuen Generation integrierter Schaltungen werden die Bauteilstrukturelemente verkleinert, wohingegen die Komplexität der Schaltungen ständig zunimmt. Größenreduzierte Strukturelemente erfordern nicht nur fortschrittliche Photolithographieverfahren und moderne Ätztechniken, um die Schaltungselemente geeignet zu strukturieren, sondern stellen auch immer höhere Anforderungen an die Abscheidetechniken. Gegenwärtig werden minimale Strukturgrößen von ungefähr 0.1 μm oder sogar darunter erreicht, was das Herstellen schnell schaltender Transistorelemente ermöglicht, die eine nur minimale Chipfläche bedecken. Als Folge der verringerten Strukturelementsgrößen reduziert sich jedoch auch der verfügbare Platz für die erforderlichen Metallverbindungen, wobei gleichzeitig die Anzahl der notwendigen Verbindungen zwischen den einzelnen Schaltungselementen ansteigt. Daher verringert sich die Querschnittsfläche von Metallverbindungen und dies erfordert es, das allgemein verwendete Aluminium durch ein Metall zu ersetzen, das eine höhere Stromdichte bei reduziertem elektrischen Widerstand ermöglicht, um zuverlässige Chipverbindungen mit hoher Qualität zu erhalten. In dieser Hinsicht hat sich Kupfer als ein vielversprechender Kandidat auf Grund seiner Vorteile erwiesen, etwa geringer Widerstand, hohe Zuverlässigkeit, hohe Wärmeleitfähigkeit, relativ geringe Kosten und kristalline Struktur, die so steuerbar ist, um relativ große Korngrößen zu erreichen. Ferner weist Kupfer eine deutlich höhere Widerstandskraft gegen Elektromigration auf und ermöglicht daher höhere Stromdichten, wobei der Widerstand gering ist, wodurch somit die Einführung geringerer Versorgungsspannungen möglich ist.

[0003] Trotz der vielen Vorteile von Kupfer im Vergleich zu Aluminium verhielten sich Halbleiterhersteller in der Vergangenheit aus vielerlei Gründen abwartend bei der Einführung von Kupfer in den Herstellungsvorgang. Ein wesentliches Problem bei der Verarbeitung von Kupfer in einer Halbleiterproduktionslinie ist die Fähigkeit von Kupfer, leicht in Silizium und Siliziumdioxid bei moderaten Temperaturen zu diffundieren. Kupfer, das in Silizium diffundiert, kann zu einem deutlichen Anstieg des Leckstroms in Transistorelementen führen, da Kupfer als eine tiefe Einfang-

stelle in der Siliziumbandlücke fungiert. Ferner kann Kupfer, das in Siliziumdioxid eindiffundiert, die isolierenden Eigenschaften des Siliziumdioxids beeinträchtigen und kann zu höheren Leckströmen zwischen benachbarten Metallleitungen führen oder kann sogar Kurzschlüsse zwischen benachbarten Metallleitungen erzeugen. Somit muss große Sorgfalt aufgewandt werden, um eine Kontamination von Siliziumscheiben mit Kupfer während der gesamten Prozesssequenz zu vermeiden.

[0004] Ein weiteres Problem resultiert aus der Tatsache, dass Kupfer nicht in effizienter Weise in größeren Mengen durch Abscheidungsverfahren, etwa physikalische Dampfabcheidung (PVD) und chemische Dampfabcheidung (CVD) abgeschieden werden kann, die gut bekannt und gut etablierte Techniken beim Abscheiden anderer Materialien, etwa von Aluminium sind. Daher wird Kupfer nunmehr üblicherweise durch nasse Prozesse, etwa Elektroplattieren, abgeschieden, das im Vergleich zum stromlosen Plattieren die Vorteile einer höheren Abscheiderate und eines weniger komplexen Elektrolytbades aufweist. Obwohl auf den ersten Blick das Elektroplattieren eine relativ einfache und gut etablierte Abscheidetechnik auf Grund der großen Erfahrung, die in der Leiterplattenindustrie über Jahrzehnte hinweg gesammelt wurde, zu sein scheint, macht die Anforderung nach einem zuverlässigen Auffüllen von Öffnungen mit hohem Aspektverhältnis mit Abmessungen von 0.1 μm und darunter sowie von breiten Gräben mit einer seitlichen Ausdehnung in der Größenordnung von Mikrometern, das Elektroplattieren von Kupfer sowie von anderen Metallen, die in Metallisierungsschichten verwendet werden können, zu einem äußerst komplexen Abscheidungsverfahren, insbesondere, da nachfolgende Prozessschritte, etwa das chemisch-mechanische Polieren und mögliche Messprozesse direkt von der Qualität des Elektroplattierungsprozesses abhängig sind.

[0005] Mit Bezug zu den [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) wird nunmehr ein typischer Prozess zur Herstellung einer Metallisierungsschicht beschrieben.

[0006] Gemäß [Fig. 1a](#) weist ein Halbleiterelement **100** ein Substrat **101** mit Schaltungselementen, etwa Transistoren, Widerständen, Kondensatoren, und dergleichen auf, die der Einfachheit halber in [Fig. 1a](#) nicht gezeigt sind. Eine dielektrische Schicht **102** ist über dem Substrat **101** gebildet und ist davon durch eine Ätzstoppschicht **103** getrennt. Z. B. kann die dielektrische Schicht **102** Siliziumdioxid aufweisen, wohingegen die Ätzstoppschicht **103** Siliziumnitrid aufweisen kann. In anderen Fällen können die dielektrische Schicht **102** und möglicherweise die Ätzstoppschicht **103** aus einem sogenannten Dielektrikum mit kleinem ϵ mit einer Permittivität, die deutlich kleiner als jene des Siliziumdioxids und Siliziumnitrids ist, aufgebaut sein. In der dielektrischen Schicht **102** sind

Öffnungen **105** als Kontaktdurchführungen und Gräben ausgebildet. Die Abmessungen der Öffnungen **105** sowie der Abstand und ihre Position auf einer Chipfläche des Substrats **101** sind durch den Schaltungsaufbau einer entsprechenden integrierten Schaltung vorgegeben. Die dielektrische Schicht **102** kann ferner eine Öffnung **104** aufweisen, die als ein relativ breiter Graben vorgesehen ist. Ferner kann die dielektrische Schicht **102** ein im wesentlichen nicht strukturiertes Gebiet **106** umfassen. Ebenso wie bei den Öffnungen **105** sind die Abmessung und die Position des Grabens **104** und des nicht strukturierten Gebiets **106** im Wesentlichen durch den Schaltungsaufbau vorgegeben.

[0007] Die Verfahren zur Herstellung des in [Fig. 1a](#) gezeigten Halbleiterelements **100** sind gut etabliert im Stand der Technik und können gut bekannte Abscheide-, Lithographie- und Ätzverfahren umfassen. Insbesondere kann die Öffnung **105** in einem ersten selektiven Ätzschritt in der dielektrischen Schicht **102** gebildet werden, wobei der Ätzvorgang auf oder in der Ätzstopschicht **103** anhält. Die Öffnung **105** kann dann in der Ätzstopschicht **103** durch einen separaten Ätzprozess gebildet werden, der so gestaltet ist, um selektiv das Material der Schicht **103** zu entfernen. Danach wird in einem weiteren Ätzschritt der obere Bereich der Öffnung **105** und der Öffnung **104** in einem gemeinsamen Ätzschritt gebildet.

[0008] [Fig. 1b](#) zeigt schematisch das Halbleiterelement **100** in einem fortgeschrittenen Herstellungsstadium, wobei eine Metallschicht, etwa eine Kupferschicht **107** über der dielektrischen Schicht **102** gebildet ist, und wobei eine Barrierschicht und eine Saatschicht, die der Einfachheit halber gemeinsam durch **108** bezeichnet sind, zwischen der Metallschicht **107** und der dielektrischen Schicht **102** angeordnet sind. Die Barrieren/Saatschicht **108** kann zwei oder mehrere Unterschichten mit Materialien, etwa Tantal, Tantalnitrid, Titan, Titannitrid, Kombinationen davon, und dergleichen aufweisen. Die Saatschicht kann beispielsweise aus Kupfer aufgebaut sein.

[0009] Die Barrieren/Saatschicht **108** kann durch chemische Dampfabscheidung, Atomschichtabscheidung oder physikalische Dampfabscheidung gefolgt von beispielsweise einer Sputter-Abscheidung zur Bildung der Saatschicht als die letzte Teilschicht der Barrieren/Saatschicht **108** gebildet werden. Danach wird die Metallschicht **107** abgeschieden, wobei, wie zuvor im Zusammenhang mit dem Kupfer dargelegt ist, ein nass-chemischer Prozess vorzugsweise angewendet wird, um in effizienter Weise große Mengen an Metall bei vernünftigen Abscheideraten zu erhalten. Für Kupfer ist typischerweise das Elektroplattieren das gegenwärtig bevorzugte Abscheideverfahren auf Grund einer erhöhten Abscheiderate und eines moderat komplexen Elektrolytbades im Vergleich zum stromlosen Plattieren.

[0010] Für zuverlässige Metallverbindungen ist es nicht nur wichtig, das Kupfer so gleichförmig wie möglich über der gesamten Oberfläche eines 200 mm oder gar 300 mm großen Substrates abzuscheiden, sondern es ist auch wichtig, die Öffnungen **105** und **104**, die ein Aspektverhältnis von ungefähr 10:1 aufweisen können, ohne Hohlräume oder Defekte zuverlässig aufzufüllen. Daher ist es essenziell, das Kupfer in einer äußerst nicht-konformen Weise abzuscheiden. Daher werden große Anstrengungen unternommen, um eine Elektroplattierungstechnik zu etablieren, die ein äußerst nicht-konformes Abscheiden eines Metalls, etwa von Kupfer, ermöglicht, wobei Öffnungen, insbesondere die Kontaktdurchführungen mit geringer Größe und die Gräben **105**, im Wesentlichen von unten nach oben aufgefüllt werden. Es wurde festgestellt, dass ein derartiges Auffüllverhalten erreicht werden kann, indem die Abscheidekinetik in den Öffnungen **105**, **104** und auf den horizontalen Bereichen, etwa dem nicht strukturierten Gebiet **106**, gesteuert wird. Dies wird üblicher Weise dadurch erreicht, dass Additive in das Elektrolytbad hinzugefügt werden, um die Rate von Kupferionen zu beeinflussen, die sich an den entsprechenden Stellen abscheiden. Beispielsweise kann ein organisches Mittel mit relativ großen, langsam diffundierenden Molekülen, etwa Polyethylen, Glykol, dem Elektrolyt hinzugefügt werden, die sich dann vorzugsweise auf einer flachen Oberfläche und Eckenbereichen anhaften. Somit ist der Kontakt von Kupferionen an diesen Gebieten reduziert und die Abscheiderate wird verringert. Ein entsprechend wirkendes Mittel wird häufig als ein „Suppressor“ bezeichnet. Andererseits kann ein weiteres Additiv mit kleineren und schneller diffundierenden Molekülen hinzugefügt werden, die sich vorzugsweise in den Öffnungen **105**, **104** aufhalten und die Abscheiderate durch Aufheben der Wirkung des Suppressor-Additivs erhöhen. Ein entsprechendes Additiv wird häufig als ein „Beschleuniger“ bezeichnet. Zusätzlich zur Verwendung eines Beschleunigers oder eines Kompressors werden sogenannte Nivellierer oder Aufheller verwendet, um zu versuchen, ein hohes Maß an Gleichförmigkeit zu erreichen und um die Oberflächenqualität der Metallschicht **107** zu verbessern. Ferner kann u.U. eine einfache Gleichspannungs-Abscheidung, d. h. eine Abscheidung durch Zuführen eines im Wesentlichen konstanten Stromes nicht ausreichen, um trotz der Verwendung von Beschleunigern, Suppressoren und/oder Nivellieradditiven das geforderte Abscheideverhalten zu erreichen. Stattdessen wurde die sogenannte Pulsinvers-Abscheidung eine bevorzugte Variante beim Abscheiden von Kupfer. Bei dem Pulsinvers-Abscheideverfahren werden Stromimpulse mit abwechselnder Polarität an das Elektrolytbad angelegt, um Kupfer während der Vorwärtsstromimpulse auf dem Substrat abzuscheiden und um ein gewisses Maß an Kupfer während der inversen Stromimpulse freizusetzen, wodurch das Füllvermögen des Elektroplattierungs-

prozesses verbessert wird. Mittels dieser komplexen Plattierungsprozesse können die Öffnungen **105**, **104** zuverlässig mit Kupfer gefüllt werden. Es stellt sich jedoch heraus, dass die letztlich erhaltene Topographie der Metallschicht **107** von der darunter liegenden Struktur abhängt. Trotz der Anwendung des Pulsinvers-Verfahrens und einer technisch fortschrittlichen Chemie einschließlich diverser Mengen von Suppressoren, Beschleunigern und Nivelliermitteln, wird ein beschleunigtes Abscheiden von Metall über strukturierten Gebieten, etwa über den Öffnungen **104**, **105** gegenüber dem nicht strukturierten Gebiet **106** beobachtet. Es wird angenommen, dass eine ungleichförmige Verteilung der Additive, insbesondere der Beschleuniger, in der Nähe der Öffnungen **104**, **105**, zu einer weiteren Fortsetzung der Abscheidetechnik führt, die innerhalb der Öffnung **104**, **105** auftritt, selbst wenn diese Öffnungen bereits vollständig gefüllt sind, wodurch eine erhöhte Abscheiderate in diesen Bereichen bewirkt wird, bis schließlich die Additive gleichförmig verteilt sind.

[0011] Die strukturabhängige Topographie der Metallschicht **107** kann dann zu einer Prozessungleichförmigkeit während eines nachfolgenden chemisch-mechanischen Poliervorganges (CMP) führen, da freigelegte Bereiche der Metallschicht **107** eine erhöhte Andruckkraft während des Poliervorganges erfahren, wie dies durch die Pfeile **109** angezeigt ist. Der Abtragungsvorgang beginnt daher vorzugsweise über den Öffnungen **104**, **105** und kann dann mit höherer Abtragsrate im Vergleich zu dem nicht strukturierten Gebiet **106** weitergehen. Daher wird das Freilegen der Oberfläche des Gebiets **106** verzögert und eine deutliche „Nachpolier-“zeit ist erforderlich, um im Wesentlichen vollständig Metallreste von dem Gebiet **106** zu entfernen. Dies kann einen verstärkten Materialabtrag in den Öffnungen **104**, **105** hervorrufen, der auch als „Einkerbung“ bezeichnet wird und kann ferner zu einem erhöhtem Abtrag von dielektrischem Material der Schicht **102** in der Nähe der Öffnungen **104**, **105** führen, was als Erosion bekannt ist. Zusätzlich zu diesen nachteiligen Wirkungen kann die Ungleichförmigkeit des Metallabtrags ferner Endpunktdetektionsverfahren beeinflussen, etwa Verfahren, die auf optischen Signalen basieren, die durch von der Metallschicht **107** während des Poliervorganges reflektierten Lichts gewonnen werden, sowie von Verfahren, die auf dem Motorstrom basieren, der zur Erzeugung einer Relativbewegung zwischen dem Substrat **101** und einem Polierkissen erforderlich ist, oder Verfahren die auf anderen durch Reibung erzeugten oder anderweitig erzeugten Endpunktsignalen basieren. D. h., die entsprechenden Endpunktsignale können eine geringere Steigung aufweisen und können daher das Erkennen des Endes des Polierprozesses beeinträchtigen. Da das CMP selbst ein äußerst komplexer Vorgang ist, hängt das endgültige Ergebnis des Poliervorganges und damit die Qualität der in den Öffnungen **104**, **105** gebildeten Metalllei-

tungen nicht nur von den CMP-Parametern, sondern auch stark von den Eigenschaften der Metallschicht **107** ab. Aus diesen Gründen wird häufig vorgeschlagen, „Test“muster in dem nicht strukturierten Gebiet **106** vorzusehen, um ähnliche Abscheidebedingungen wie über den Öffnungen **104**, **105** zu erreichen. Obwohl dieser Ansatz die zuvor genannten Probleme hinsichtlich der Ungleichförmigkeit deutlich geringer machen kann, können die zusätzlich gebildeten Metallgebiete parasitäre Kapazitäten in der Schaltung bilden, wodurch die Betriebsgeschwindigkeit beeinträchtigt werden kann und somit diese Lösung in vielen Fällen als nicht wünschenswert erweisen kann.

Stand der Technik

[0012] Die Druckschrift CERISIER, M.; ATTENBOROUGH, K.; FRANSAER, J.; VAN HASENDONCK, C.; CELIS, J.-P.: Growth Mode of Copper Films Electrodeposited on Silicon from Sulfate and Pyrophosphate Solutions. In: Journal of the Electrochemical Society, 146(6) 2156–2162 (1999), offenbart ein Verfahren zum Bilden von Kupferfilmen, die auf oxidfreiem Silizium, ohne Zusatz von Additiven, abgeschieden werden. Der quadratische Mittelwert der Oberflächenrauigkeit der Filme wurde bestimmt. CMP Aspekte werden nicht angesprochen.

[0013] Die Druckschrift BANERJEE, G.; SO, J.; MIKKOLA, B.: Simultaneous optimization of electroplating and CMP for copper processes. In: Solid State Technology, November 2001, Seite 83–88, bezieht sich auf eine Optimierung eines Kupferelektroplattierungsprozesses, der ein Nivellierer-Additiv verwendet, für relativ gleichmäßig strukturierte Substrate, in Hinsicht auf einen nachfolgenden CMP-Prozess. Dabei wird die größte CMP-Effizienz bei einer maximalen Nivellierer-Konzentration und damit einer geringen Oberflächenrauigkeit, d. h. bei einer durchschnittlichen Oberflächenrauigkeit von unter 10 nm, erreicht. Ein Elektroplattierverfahren, das für sehr ungleichmäßig strukturierte Substrate geeignet ist, wird nicht beschrieben.

[0014] Die Druckschrift SMEKALIN, K.; CHEUNG, R.; TRIBULY, D.: Tuning the process flow to optimize copper CMP. In: Solid State Technology, September 2001, Seite 107–112, bezieht sich auf das Optimieren eines CMP-Prozesses durch Anpassen der Prozessparameter eines vorhergehenden Elektroplattierungsprozesses, sodass sich eine minimale Oberflächentopographie einstellt. Auf den Einfluss der Oberflächenrauigkeit wird nicht explizit eingegangen.

[0015] Angesichts der zuvor benannten Probleme besteht daher ein Bedarf, einen Elektroplattierungsprozess bereitzustellen, in welchem die Bürde für den nachfolgenden CMP-Prozess minimal ist.

Aufgabenstellung

ÜBERBLICK ÜBER DIE ERFINDUNG

[0016] Im Allgemeinen richtet sich die vorliegende Erfindung an Verfahren, die die Gleichförmigkeit eines CMP-Prozesses verbessern können, dahingehend, dass eine vorangegangene Sequenz zur Herstellung einer plattierten Metallschicht so modifiziert wird, um eine deutliche Oberflächenrauigkeit der Metallschicht zumindest über nicht strukturierten Bereichen eines Substrats bereitzustellen. In dieser Weise wird der Beginn des Materialabtrags während des CMP-Prozesses in den nicht strukturierten Bereichen, anders als in konventionellen Verfahren, nicht verzögert.

[0017] Insbesondere wird die Aufgabe der vorliegenden Erfindung durch die Verfahren gemäß der Ansprüche 1, 10, 19, 20 und 21 gelöst. Weitere erfindungsgemäße Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Ausführungsbeispiel

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] Weitere Vorteile, Aufgaben und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den angefügten Patentansprüchen definiert und gehen deutlicher aus der folgenden detaillierten Beschreibung hervor, wenn diese mit Bezug zu den begleitenden Zeichnungen studiert wird; es zeigen:

[0019] **Fig. 1** und **Fig. 1b** schematisch Querschnittsansichten eines Halbleiterbauteilelementes während diverser Herstellungsstadien im Stand der Technik, wenn eine Kupfermetallisierungsschicht gebildet wird;

[0020] **Fig. 2a** bis **Fig. 2c** schematisch Querschnittsansichten eines Bauteils mit einer Metallschicht, die über einem Dielektrikum mit einem strukturierten und einem nicht strukturierten Gebiet gemäß anschaulicher Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gebildet wird;

[0021] **Fig. 3** einen schematischen Graphen, der die Form eines CMP-Endpunktdetektionssignals für eine Metallschicht mit und ohne Oberflächenrauigkeit darstellt; und

[0022] **Fig. 4** einen schematischen Graphen, der die Beziehung zwischen der Steigung des Endpunktdetektionssignals und der durchschnittlichen Oberflächenrauigkeit einer Metallschicht darstellt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0023] Obwohl die vorliegende Erfindung mit Bezug

zu den Ausführungsformen beschrieben ist, wie sie in der folgenden detaillierten Beschreibung sowie in den Zeichnungen dargestellt sind, sollte es selbstverständlich sein, dass die folgende detaillierte Beschreibung sowie die Zeichnungen nicht beabsichtigen, die vorliegende Erfindung auf die speziellen anschaulichen dargestellten Ausführungsformen einzuschränken, sondern die beschriebenen anschaulichen Ausführungsformen stellen lediglich in beispielhafter Weise die diversen Aspekte der vorliegenden Erfindung dar, deren Schutzbereich durch die angefügten Patentansprüche definiert ist.

[0024] Die vorliegende Erfindung beruht auf der Erkenntnis der Erfinder, dass im Gegensatz zur konventionellen Lehre eine ausgeprägte Rauigkeit der Oberfläche einer Metallschicht, die über einem Dielektrikum abgeschieden ist, wobei das Dielektrikum so strukturiert ist, um Gräben und Kontaktdurchführungen sowie nicht strukturierte Gebiete entsprechend dem Schaltungsentwurf aufzuweisen, in signifikanter Weise die Anforderungen an einen nachfolgenden CMP-Prozess verringern kann. Die ausgeprägte Oberflächenrauigkeit kann das Einsetzen des Beginns des Materialabtrags über das Substrat hinweg gleichförmiger gestalten, unabhängig davon, ob ein strukturiertes oder ein nicht strukturiertes Gebiet unter der Metallschicht gebildet ist.

[0025] Mit Bezug zu den **Fig. 2a** bis **Fig. 2c**, **Fig. 3** und **Fig. 4**, werden weitere anschauliche Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung nunmehr beschrieben, wobei der Einfachheit halber auch auf **Fig. 1a** Bezug genommen wird, wenn dies angebracht ist.

[0026] Ferner ist in den folgenden anschaulichen Ausführungsformen auf Kupfer als Metall Bezug genommen, das durch elektrochemisches Abscheiden, etwa Elektroplattieren, abzuscheiden ist, da Kupfer, wie zuvor angemerkt ist, aller Erwartung nach hauptsächlich in künftigen fortschrittlichen integrierten Schaltungen verwendet wird, und die hierin im Weiteren beschriebenen Ausführungsformen sind besonders vorteilhaft für das Elektroplattieren von Kupfer während der Herstellung von Metallisierungsschichten mit Kontaktdurchführungen und Gräben mit einem Durchmesser bis herab zu 0.1 μm oder sogar darunter. Die vorliegende Erfindung ist prinzipiell auch auf andere Metalle und Metallverbindungen und Metalllegierungen anwendbar, und die Lehre, die hierin bereitgestellt wird, ermöglicht es einem Fachmann, beliebige Prozesse und Parameter, die im Weiteren spezifiziert sind, so zu modifizieren, um die hierin beschriebenen Ausführungsformen dem speziellen Metall anzupassen.

[0027] **Fig. 2a** zeigt schematisch eine Querschnittsansicht eines Halbleiterbauteils **200** während der Herstellung einer Metallisierungsschicht. Das Halb-

leiterbauteil kann ähnlich zu dem Bauelement **100** sein, das in [Fig. 1a](#) beschrieben ist, wobei entsprechende Komponenten durch die gleichen Bezugszeichen benannt sind, mit Ausnahme einer führenden „2“ anstelle einer „1“. Somit umfasst das Bauelement **200** das Substrat **201** mit der darauf gebildeten Ätzstopschicht **203** gefolgt von der dielektrischen Schicht **202**. Die Kontaktdurchführungen und Gräben **205** und der breite Graben **204** definieren gemeinsam ein erstes strukturiertes Gebiet **210**. Benachbart zu dem ersten Gebiet **210** liegt das im Wesentlichen nicht strukturierte Gebiet **206**. Das Gebiet **206** wird als im Wesentlichen nicht strukturiert bezeichnet, um anzudeuten, dass wenige, falls überhaupt, Gräben in dem Gebiet **206** im Vergleich zu der Anzahl an Gräben, die in dem strukturierten Gebiet **210** gebildet sind, vorgesehen sind. Es kann sein, dass einige Gräben (nicht gezeigt) in dem Gebiet **206** ausgebildet sind, aber auf Grund der relativ geringen Anzahl derartiger Gräben und/oder des relativ kleinen Bereichs, der von derartigen Gräben eingenommen wird, sich das Gebiet **206** in Bezug auf das Abscheiden der Metallschicht sich im Wesentlichen wie ein Bereich ohne darin ausgebildete Gräben verhält.

[0028] In einem typischen Prozessablauf zur Herstellung des in [Fig. 2a](#) gezeigten Bauteils können im Wesentlichen die gleichen Prozesse ausgeführt werden, wie sie zuvor mit Bezug zu [Fig. 1a](#) beschrieben sind.

[0029] [Fig. 2b](#) zeigt schematisch das Bauteil **200** in einem fortgeschrittenen Herstellungsstadium, wobei eine Kupferschicht **207** über dem ersten und dem zweiten Gebiet **210**, **206** gebildet ist, wobei eine Barrieren/Saatschicht **208** dazwischen angeordnet ist. Die Barrieren/Saatschicht **208** kann aus Materialien aufgebaut sein, die wirksam das Diffundieren von Kupfer in benachbarte Materialien verhindern und ferner eine ausreichende Haftung des Kupfers zu den umgebenden Dielektrikum und zu einem beliebigen möglichen Metall, mit dem die Kontaktdurchführungen **105** in Verbindung stehen, bereitstellen. Gegenwärtig bevorzugte Materialien sind Tantal und Tantalnitrid und Kombinationen davon, wobei beliebige andere geeignete Materialien angewendet werden können, sollte dies als geeignet erachtet werden. In der hierin beschriebenen Ausführungsform kann die Saatschicht eine Schicht aus Kupfer sein, die durch einen PVD-Prozess abgeschieden wurde.

[0030] In einer speziellen Ausführungsform weist die Kupferschicht **207** eine ausgeprägte Oberflächenrauigkeit, die durch **211** bezeichnet ist, auf, die über das erste und das zweite Gebiet **210**, **206** hinweg ausgeprägt ist. Eine durchschnittliche Höhe der Oberflächenrauigkeit wird als **212** bezeichnet und kann ungefähr 50 nm übersteigen. In anderen Ausführungsformen kann die durchschnittliche Höhe **212**, die auch einfach als durchschnittliche Oberflä-

chenrauigkeit bezeichnet wird, von ungefähr 50 nm bis ungefähr 400 nm, und in anderen Ausführungsform von ungefähr 150 nm bis ungefähr 250 nm reichen.

[0031] Ein typischer Prozessablauf zur Herstellung des Bauteils in [Fig. 2b](#) kann die folgenden Prozesse umfassen. Zunächst kann die Barrieren/Saatschicht **208** durch einen ähnlichen Prozess gebildet werden, wie er bereits mit Bezug zu der in [Fig. 1b](#) gezeigten Barrieren/Saatschicht **108** dargestellt ist. Insbesondere kann die Barrieren/Saatschicht **208** als ein Stapel von 2 oder mehreren Teilschichten gebildet werden, um die erforderliche Funktionalität der Barrieren/Saatschicht **208** bereitzustellen, wobei CVD, PVD, ALD (Atomschichtabscheidung), Plattierungsprozesse und beliebige Kombinationen dieser Prozesse angewendet werden können. Anschließend wird das Substrat **201** oder zumindest die dielektrische Schicht **202** in ein Elektrolytbad (nicht gezeigt) eingebracht, das in einem üblicher Weise bekannten Plattierungsreaktor bereitgestellt werden kann, etwa einem Elektroplattierungsreaktor, wie er von der Firma Semitool Inc. unter dem Namen L210C erhältlich ist. Es sollte beachtet werden, dass die vorliegende Erfindung auf einen beliebigen Elektroplattierungsreaktor anwendbar ist. In einer anschaulichen Ausführungsform enthält das Elektrolytbad ein Beschleunigeradditiv in einer Menge von ungefähr 1 bis 5 Gewichtsprozent und ein Suppressoradditiv mit ungefähr 1 bis 5 Gewichtsprozent in Bezug auf die Gesamtmenge des Elektrolytbades. Im Gegensatz zu konventionellen Elektroplattierungsbädern, die ungefähr 1 Gewichtsprozent eines Nivellierers oder mehr enthalten, wird die Menge eines Nivellierers oder Aufhellers deutlich auf ungefähr weniger als 0.1 Gewichtsprozent reduziert. In einer Ausführungsform wird der Nivellierer im Wesentlichen vollständig weggelassen. Es sollte beachtet werden, dass die Begriffe Nivellierer und Aufheller gleich bedeutend verwendet sind und ein Additiv bezeichnen sollen, das so wirkt, um die Oberfläche der Kupferschicht **207** zu glätten, wenn es gemäß der konventionellen Technik aufgebracht wird. Ferner können beliebige der allgemein bekannten Beschleuniger-, Suppressor- und Nivellierverbindungen gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Der Beschleuniger kann beispielsweise aus Propan-Schwefelsäure aufgebaut sein. Der Suppressor kann beispielsweise aus Polymeren des Typs Polyalkylenglykol aufgebaut sein. Typische Nivellierer können beispielsweise aus Polyether aufgebaut sein. Während das Substrat dem Elektrolytbad ausgesetzt ist, kann ein Strom mit geeigneter Signalform eingepreßt werden, um das Auffüllen der Öffnungen **205**, **204** von unten nach oben zu bewerkstelligen, wodurch im Wesentlichen das Ausbilden von Hohlräumen und Säumen in den Öffnungen **205**, **204** vermieden wird. Beispielsweise können gut etablierte Pulsinversionssequenzen ausgeführt werden, um die Öffnungen **205**, **204** zuverlässig

sig zu füllen. Wie zuvor erläutert ist, erfordert das zuverlässige Füllen von insbesondere den breiten Gräben **204** über eine 200 oder 300 mm große Substratfläche hinweg ein gewisses Maß an „Überplattierung“, was zu der Ausbildung einer Überschusschicht auf dem ersten und dem zweiten Gebiet **210**, **206** führt. In dieser Ausführungsform wird während der Herstellung der Überschusskupferschicht die Menge an Nivellierer gesteuert, indem beispielsweise die Menge an Nivellierer während der Zubereitung des Elektrolytbades so dosiert wird, dass die durchschnittliche Oberflächenrauigkeit **212** erreicht wird.

[0032] In anderen Ausführungsformen kann ein stromloses Abscheiden ausgeführt werden, wobei die Menge Nivellierer in einer Weise gesteuert wird, wie dies in Bezug auf den Elektroplattierungsprozess beschrieben ist, um damit die durchschnittliche Oberflächenrauigkeit **212** zu erzeugen.

[0033] Nach der Abscheidung der Kupferschicht **207** kann das Substrat ausgeheizt werden, um die Körnigkeit des Kupfers zu verbessern, d. h., um die Korngröße der Kupferkristalline zu vergrößern, um somit die thermische und die elektrische Leitfähigkeit zu verbessern.

[0034] Danach wird das Substrat **201** einem CMP-Prozess unterzogen, um überschüssiges Material der Schicht **207** und die Barrieren/Saatschicht **208** abzutragen, um damit die dielektrische Schicht **202** für das Bereitstellen elektrisch isolierter Kupferleitungen freizulegen. Der CMP-Prozess kann in einer beliebigen geeigneten CMP-Anlage ausgeführt werden, wie sie im Stand der Technik bekannt ist. Während der Anfangsphase des CMP-Prozesses wird die Auflagekraft, die auf das Substrat **201** ausgeübt wird, auf eine Vielzahl von Erhebungen **211** in dem ersten und dem zweiten Gebiet **210**, **206** ausgeübt, und daher wird der Materialabtrag auch in dem zweiten Gebiet **206** in Gang gesetzt. Daher kann die Diskrepanz der Abtragszeiten zwischen dem ersten und dem zweiten Gebiet **210**, **206** deutlich reduziert werden im Vergleich zu dem zuvor beschriebenen konventionellen Ansatz. In einer anschaulichen Ausführungsform wird der CMP-Prozess ausgeführt, während gleichzeitig ein Endpunktdetektionssignal überwacht wird. Ein Endpunktdetektionssignal kann erzeugt werden, indem Licht detektiert wird, das von dem Substrat **201** während des Polierprozesses reflektiert wird. In anderen Fällen kann der Motorstrom oder ein anderes Signal, das für das Motordrehmoment repräsentativ ist, das zur Beibehaltung einer spezifizierten Relativbewegung zwischen dem Substrat **201** und einem entsprechenden Polierkissen erforderlich ist, verwendet werden, um den Verlauf des Polierprozesses zu bewerten, da unterschiedliche Materialien typischerweise unterschiedliche Reibungskräfte erfordern. Wenn beispielsweise ein wesentlicher Anteil des zweiten Gebiets **206** bereits ab-

getragen ist, kann der Motorstrom für eine gegebene Umdrehungsgeschwindigkeit abnehmen, da die Barrieren/Saatschicht **208** einen geringeren Reibungskoeffizienten als Kupfer aufweisen kann. Unabhängig von dem Verfahren zur Erzeugung des Endpunktdetektionssignals kann das Ende des Poliervorganges auf der Grundlage dieses Signals abgeschätzt werden. Auf Grund der verbesserten Gleichförmigkeit des Materialabtrags gemäß der vorliegenden Erfindung kann das Endpunktdetektionssignal verwendet werden, um zuverlässiger den Polierprozess zu bewerten.

[0035] **Fig. 3** zeigt einen beispielhaften Graphen, in welchem ein Endpunktsignal gegenüber der Polierzeit aufgetragen ist. Der Einfachheit halber sind in dem Diagramm aus **Fig. 3** repräsentative geglättete Kurven eines optischen Endpunktdetektionssystems dargestellt, wobei jedoch die folgenden Ausführungsformen auch auf Kurven anwendbar sind, die durch ein beliebiges anderes Endpunktdetektionssignal erzeugt wurden. Eine erste Kurve A (gestrichelte Linie) repräsentiert die Amplitude eines optischen Endpunktdetektionssignals für das Substrat **201** mit der ausgeprägten Oberflächenrauigkeit **211**, wohingegen eine zweite Kurve B (durchgezogene Linie) das Endpunktdetektionssignal repräsentiert, das mittels eines konventionell prozessierten Substrats, etwa dem Substrat **101** in **Fig. 1b** erhalten wurde. Zum Zeitpunkt t_0 kann der Poliervorgang beginnen und für ein Metall, das gemäß konventioneller Prozesstechniken gebildet ist (Kurve B), kann die anfängliche Reflexion relativ hoch sein auf Grund des Reflexionsvermögens von Kupfer. Wenn der Poliervorgang zum Zeitpunkt t_1 fortschreitet kann die Reflexion noch weiter ansteigen, da die Oberfläche des Substrats **101** zunehmend ebener wird, wodurch das Streuen von Licht reduziert wird. Zum Zeitpunkt t_2 können Oberflächenbereiche freigelegt werden und die Gesamreflektivität wird reduziert, wodurch das Endpunktdetektionssignal abnimmt. Da der Beginn eines wesentlichen Materialabtrags in dem nicht strukturierten Gebiet **106** verzögert sein kann, ist die Steigung der Kurve B bis zum Zeitpunkt t_3 relativ gering, an dem das Endpunktdetektionssignal anzeigt, dass im Wesentlichen alle Metallreste entfernt sind. Danach kann eine weitere Nachpolierzeit hinzugefügt werden, um sicherzustellen, dass die elektrische Isolierung der Metallleitungen, die in den Öffnungen **105**, **104** gebildet sind, gewährleistet ist.

[0036] Im Gegensatz dazu beginnt die Kurve A bei einem relativ geringen Wert auf Grund der relativ geringen Reflektivität des Substrats **201**, die durch die Oberflächenrauigkeit **211** bewirkt wird. Die optische Erscheinung der Metallschicht **207** nach der Abscheidung kann getrübt oder milchig sein. Während des Poliervorganges wird die Rauigkeit **211** reduziert, wobei der Materialabtrag auch auf dem nicht strukturierten Gebiet **206** auf Grund der Vielzahl von Positi-

onen mit erhöhter Auflagekraft **209** stattfindet. Daher steigt das Endpunktdetektionssignal an und kann ein Maximum zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 erreichen. Danach tritt ein Freilegen von Oberflächenbereichen in deutlich größeren Flächenbereichen im Bereich zum konventionellen Falle auf, was zu einer größeren Steigung der Kurve A zwischen den Zeitpunkten t_2 und t_3 führt. Auf Grund der größeren Steigung der Kurve A kann das Ende des Polierprozesses zuverlässiger bewertet werden. Ferner kann die Nachpolierzeit und damit die Gesamtpolierzeit reduziert werden. Es sollte ferner beachtet werden, dass im Allgemeinen, obwohl dies in den repräsentativen Kurven A und B nicht gezeigt ist, das Signal/Rauschen-Verhältnis der Kurve A in dem Zeitintervall t_1-t_2 auf Grund der größeren Steigung in der Kurve A verbessert ist.

[0037] In einer anschaulichen Ausführungsform kann eine Abhängigkeit ermittelt werden, die die Korrelation des Endpunktdetektionssignals mit der durchschnittlichen Oberflächenrauigkeit **212** ausdrückt. Dazu können mehrere Substrate **201**, in Form von Produktsubstraten und/oder Testsubstraten, mit im Wesentlichen identischen CMP-Prozessparametern bearbeitet werden, wobei die durchschnittliche Oberflächenrauigkeit **212** variiert werden kann und mit dem entsprechenden Endpunktdetektionssignal in Bezug gesetzt werden kann. Die durchschnittliche Oberflächenrauigkeit kann durch mechanische, optische, mechanisch/optische Rauigkeitsmessinstrumente, durch Elektronenmikroskopie durch Atombindungskraftmikroskopie, und dergleichen bestimmt werden.

[0038] **Fig. 4** zeigt ein repräsentatives Beispiel für eine Abhängigkeit zwischen der Steigung des Endpunktdetektionssignals und der durchschnittlichen Oberflächenrauigkeit **212**. In dem Diagramm wird die Größe der Steigung der Endpunktdetektionssignale an einem oder mehreren repräsentativen Punkten innerhalb eines geeigneten Intervalls, beispielsweise dem Intervall t_1, t_2 , bestimmt und gegenüber der durchschnittlichen Oberflächenrauigkeit **212** aufgetragen. Aus dieser Abhängigkeit kann eine geeignete durchschnittliche Oberflächenrauigkeit ermittelt werden, die dann als ein Sollwert bei der Erzeugung der Oberflächenrauigkeit **211** verwendet wird. Z. B. kann in **Fig. 4** das Maximum als der Sollwert für die durchschnittliche Oberflächenrauigkeit definiert werden. Es kann jedoch auch ein beliebiges anderes Kriterium zum Ermitteln des Sollwerts herangezogen werden. In anderen Ausführungsformen kann die Gesamtzeit des Poliervorgangs, d. h. die Zeit vom Beginn des Polierprozesses bis das Endpunktdetektionssignal einen spezifizierten minimalen Wert erreicht hat, mit der durchschnittlichen Oberflächenrauigkeit in Beziehung gesetzt werden. Ein geeigneter Sollwert kann dann auf der Grundlage dieser Beziehung ausgewählt werden. Wenn beispielsweise

die ermittelte Abhängigkeit ein Minimum aufweist, kann diese minimale Gesamtpolierzeit die geeignete Oberflächenrauigkeit kennzeichnen.

[0039] In einigen Ausführungsformen kann die durchschnittliche Oberflächenrauigkeit **212** variiert oder gesteuert werden, indem mindestens ein Prozessparameter des Plattierungsprozesses, der zuvor beschrieben ist, gesteuert wird. In einer speziellen Ausführungsform kann die Menge des Nivellierers in dem Plattierungsbad so eingestellt werden, um die durchschnittliche Oberflächenrauigkeit **212** zu variieren, um damit die Abhängigkeit, wie sie zuvor mit Bezug zu **Fig. 3** und **Fig. 4** beschrieben ist, zu erhalten. Sobald die Abhängigkeit und damit ein Sollwert für die durchschnittliche Oberflächenrauigkeit ermittelt ist, kann der mindestens eine Prozessparameter, etwa die Nivelliererkonzentration gemäß diesem Sollwert gesteuert werden.

[0040] Mit Bezug zu **Fig. 2c** werden weitere anschauliche Ausführungsformen zur Bildung einer Oberflächenrauigkeit zumindest über nicht strukturierten Gebieten einer dielektrischen Schicht beschrieben. Nach Herstellung des Bauelements **200**, wie es in **Fig. 2a** dargestellt ist, kann das Element **200** in **Fig. 2c** in ähnlicher Weise gebildet werden, wie dies mit Bezug zu **Fig. 2b** beschrieben ist, wobei jedoch ein Muster **213** über dem nicht strukturierten Gebiet **206** der dielektrischen Schicht **202** gebildet wird. In einer Ausführungsform kann das Muster **213** in der Barrieren/Saatschicht **208** beispielsweise durch einen zusätzlichen Lithographie- und Ätzschritt gebildet werden. Das Muster **213** kann in einer siebartigen oder gitterartigen Weise gebildet sein, um einen elektrischen Kontakt zwischen benachbarten Elementen des Musters **213** bereitzustellen. Auf diese Weise wird die Stromteilung während eines Elektroplattierungsprozesses nur geringfügig modifiziert und beeinflusst lediglich in vernachlässigbarer Weise den gesamten Elektroplattierungsprozess. In anderen Ausführungsformen kann das Muster **213** lediglich auf der obersten Teilschicht der Barrieren/Saatschicht **208** gebildet sein, die typischerweise als eine Saatschicht fungiert. In diesem Falle bleibt die Stromverteilung in der Anfangsphase des Plattierungsprozesses im Wesentlichen unverändert. In einem weiteren Beispiel kann das Muster **213** als ein zusätzliches Lackmuster bereitgestellt werden, das auf der ansonsten intakten Barrieren/Saatschicht **208** gebildet ist.

[0041] Nachdem das Muster **213** gebildet ist, wird der Plattierungsprozess ausgeführt, wobei standardmäßige Badrezepturen und Prozessrezepte anwendbar sind. Auf Grund des Musters **213** wird die Kupferabscheidung in Übereinstimmung mit dem darunter liegenden Muster **213** modifiziert, wodurch eine Oberflächenrauigkeit **214** erzeugt wird. Danach kann die weitere Bearbeitung des Substrats **201** in

der Weise weitergeführt werden, wie dies mit Bezug zu [Fig. 2b](#) beschrieben ist. Während des CMP-Prozesses beginnt der Materialabtrag ebenso in dem Gebiet **206** mit der nicht strukturierten dielektrischen Schicht **202**, so dass im Wesentlichen die gleichen Vorteile erreicht werden, wie sie in den zuvor beschriebenen Ausführungsformen dargelegt sind. Hinsichtlich der Ausbildung einer geeigneten Oberflächenrauigkeit **214** in Bezug auf eine durchschnittliche Höhe und/oder Abstand gelten die gleichen Kriterien wie für die mit Bezug zu [Fig. 2c](#) beschriebenen Ausführungsformen in gleicher Weise, wie dies mit Bezug zu den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dargestellt ist.

[0042] Weitere Modifikationen und Variationen der vorliegenden Erfindung werden für den Fachmann angesichts dieser Beschreibung offenkundig. Daher ist diese Beschreibung als lediglich anschaulich und für die Zwecke gedacht, dem Fachmann die allgemeine Art und Weise des Ausführens der vorliegenden Erfindung zu vermitteln. Selbstverständlich sind die hierin gezeigten und beschriebenen Formen der Erfindung als die gegenwärtig bevorzugten Ausführungsformen zu betrachten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abscheiden eines Metalls über einem Substrat mit einer dielektrischen Schicht, die ein darin gebildetes strukturiertes Gebiet und ein im Wesentlichen nicht strukturiertes Gebiet aufweist, wobei das Verfahren umfasst:

Einwirken eines Elektrolytbads auf das Substrat, um Metall von unten nach oben in dem strukturierten Gebiet in nicht konformer Weise abzuscheiden;
Bilden einer Überschussmetallschicht über dem strukturierten Gebiet und dem im Wesentlichen nicht strukturierten Gebiet;
Steuern mindestens eines Prozessparameters während der Bildung der Überschussmetallschicht, um eine Oberflächenrauigkeit der Überschussmetallschicht zu erhöhen; und
Entfernen der Überschussmetallschicht durch chemisch-mechanisches Polieren, wobei die erhöhte Oberflächenrauigkeit das Entfernen der Überschussmetallschicht fördert.

2. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Überschussmetallschicht in dem Elektrolytbad gebildet wird und wobei mindestens ein Prozessparameter die Konzentration eines Nivellierers repräsentiert, der die Oberflächenqualität einer in dem Elektrolytbad gebildeten Metallschicht beeinflusst.

3. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Elektrolytbad ein Bad ist, das für Elektroplattieren konfiguriert ist.

4. Das Verfahren nach Anspruch 1, das ferner das Entfernen der Überschussmetallschicht durch

chemisch-mechanisches Polieren unter Anwendung eines Endpunktdetektionssignals umfasst.

5. Das Verfahren nach Anspruch 4, das ferner umfasst: Einbringen eines zweiten Substrats, das im Wesentlichen identisch zu dem Substrat ist, in das Elektrolytbad, um Metall von unten nach oben in dem strukturierten Gebiet abzuscheiden;
Bilden einer Überschussmetallschicht über dem strukturierten Gebiet und dem im Wesentlichen nicht strukturierten Gebiet des zweiten Substrats; und
Steuern, auf der Grundlage des Endpunktdetektionssignals, mindestens eines Prozessparameters während der Herstellung der Überschussmetallschicht des zweiten Substrats, um eine Oberflächenrauigkeit der Überschussmetallschicht des zweiten Substrats einzustellen.

6. Das Verfahren nach Anspruch 5, wobei eine Steilheit einer Steigung des Endpunktdetektionssignals angewendet wird, um den mindestens einen Prozessparameter zu steuern.

7. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Metall Kupfer aufweist.

8. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei das strukturierte Gebiet Kontaktdurchführungen mit einem Durchmesser von ungefähr 0.1 µm oder weniger aufweist.

9. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Oberflächenrauigkeit über dem strukturierten Gebiet und die Oberflächenrauigkeit über den im Wesentlichen nicht strukturierten Gebiet ungefähr gleich ist.

10. Verfahren zur Herstellung einer Metallisierungsschicht eines Halbleiterbauelements, wobei das Verfahren umfasst:

Bereitstellen eines Substrats mit einer darauf gebildeten dielektrischen Schicht mit einem ersten Gebiet und einem zweiten Gebiet, wobei das erste Gebiet Kontaktdurchführungen und Gräben aufweist, die mit Metall zu füllen sind, und wobei das zweite Gebiet im Wesentlichen frei von Gräben und Kontaktdurchführungen, die mit dem Metall zu füllen sind, ist;
Einwirkenlassen eines Elektrolytbades auf das Substrat, um Kontaktdurchführungen und Gräben in dem ersten Gebiet zu füllen, und um eine Überschussmetallschicht über dem ersten und dem zweiten Gebiet zu bilden, wobei eine durchschnittliche Oberflächenrauigkeit zumindest des zweiten Gebiets eingestellt wird, so dass diese größer als ungefähr 50 nm ist; und
Entfernen der Überschussmetallschicht durch chemisch-mechanisches Polieren, wobei die Oberflächenrauigkeit der Metallschicht über mindestens dem zweiten Gebiet das Abtragen der Überschussmetallschicht über zumindest dem zweiten Gebiet

während des chemisch-mechanischen Polierens fördert.

11. Das Verfahren nach Anspruch 10, das ferner umfasst: Erzeugen eines Endpunktdetektionssignals während des chemisch-mechanischen Polierens des Substrats und Beenden des chemisch-mechanischen Polierens auf der Grundlage des Endpunktdetektionssignals.

12. Das Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Oberflächenrauigkeit eingestellt wird, indem mindestens ein Prozessparameter während der Einwirkung des Elektrolytbades auf das Substrat gesteuert wird.

13. Das Verfahren nach Anspruch 12, wobei der mindestens eine Prozessparameter die Konzentration eines Nivellierers repräsentiert, der die Oberflächenqualität einer in dem Elektrolytbad gebildeten Metallschicht beeinflusst.

14. Das Verfahren nach Anspruch 11 und 12, das ferner Ermitteln einer Abhängigkeit zwischen der Oberflächenrauigkeit und dem Endpunktdetektionssignal umfasst.

15. Das Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Abhängigkeit durch eine Steigung des Endpunktdetektionssignals bestimmt ist.

16. Das Verfahren nach Anspruch 14, das ferner umfasst: Prozessieren eines zweiten Substrats, das im Wesentlichen identisch zu dem ersten Substrat ist, durch Einwirken lassen des Elektrolytbades auf das zweite Substrat, wobei eine Oberflächenrauigkeit des zweiten Gebiets des zweiten Substrats auf der Grundlage der Abhängigkeit zwischen der Oberflächenrauigkeit und dem Endpunktdetektionssignal eingestellt wird.

17. Das Verfahren nach Anspruch 10, das ferner Bilden einer Barrierenschicht und einer Saatschicht vor dem Einwirken des Elektrolytbades auf das Substrat umfasst.

18. Das Verfahren nach Anspruch 17, das ferner umfasst: Bilden eines Musters in der Barrierenschicht und der Saatschicht in dem zweiten Gebiet, um die Oberflächenrauigkeit in dem zweiten Gebiet während der Einwirkung des Elektrolytbades einzustellen.

19. Verfahren mit:
Bestimmen einer Oberflächenrauigkeit einer über einem Dielektrikum mit einem strukturierten Gebiet und einem im Wesentlichen nicht strukturierten Gebiet gebildeten Metallschicht;
Abtragen eines Teils der Metallschicht durch chemisch-mechanisches Polieren, um das Dielektrikum

in dem strukturierten und dem nichtstrukturierten Gebiet freizulegen;

Überwachen eines Endpunktdetektionssignals während des chemisch-mechanischen Polierens; und Erstellen einer Beziehung des überwachten Endpunktdetektionssignals mit der bestimmten Oberflächenrauigkeit, um eine optimale Oberflächenrauigkeit für ein gewünschtes Signal/Rauschen-Verhältnis des Endpunktdetektionssignals zu bestimmen.

20. Verfahren mit:
Bestimmen einer Oberflächenrauigkeit einer Metallschicht, die über einem Dielektrikum mit einem strukturierten Gebiet und einem im Wesentlichen nicht strukturierten Gebiet gebildet ist;
Abtragen eines Teils der Metallschicht durch chemisch-mechanisches Polieren, um das Dielektrikum in dem strukturierten und dem nicht strukturierten Gebiet freizulegen;
Überwachen einer Polierzeit für das im Wesentlichen vollständige Freilegen des strukturierten und des nicht strukturierten Gebiets; und Erstellen einer Beziehung zwischen der überwachten Polierzeit und der bestimmten Oberflächenrauigkeit, um eine Oberflächenrauigkeit zu bestimmen, die zu einer reduzierten Polierzeit führt.

21. Verfahren zur Herstellung von Elektroden in einem Halbleiterelement aus der flüssigen Phase mit einem Substrat mit einer darauf gebildeten dielektrischen Schicht mit darin befindlichen Gräben und Kontaktöffnungen, wobei ein Elektrolytbad zum Elektropolieren von Kupfer dient und die Stoffzugaben: Beschleuniger, Suppressor und Nivellierer umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass die Konzentration des Nivellierers gesenkt wird, um die Oberflächenrauigkeit des abgeschiedenen Kupfers für das nachfolgende chemisch mechanische Polieren (CMP) zu optimieren, so dass beim CMP ein Endpunktsignal optimal detektiert wird.

22. Das Verfahren nach Anspruch 21, wobei das strukturierte Gebiet Kontaktdurchführungen mit einem Durchmesser von ungefähr 0.1 µm oder weniger aufweist.

23. Das Verfahren nach Anspruch 21 und 22, das ferner Ermitteln einer Abhängigkeit zwischen der Oberflächenrauigkeit und dem Endpunktdetektionssignal umfasst.

24. Das Verfahren nach Anspruch 23, wobei die Abhängigkeit durch eine Steigung des Endpunktdetektionssignals bestimmt ist.

25. Das Verfahren nach Anspruch 21, das ferner Bilden einer Barrierenschicht und einer Saatschicht vor dem Einwirken des Elektrolytbades auf das Substrat umfasst.

26. Das Verfahren nach Anspruch 25, das ferner umfasst: Bilden eines Musters in der Barrierenschicht und der Saatschicht in dem zweiten Gebiet, um die Oberflächenrauigkeit in dem zweiten Gebiet während der Einwirkung des Elektrolytbades einzustellen.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

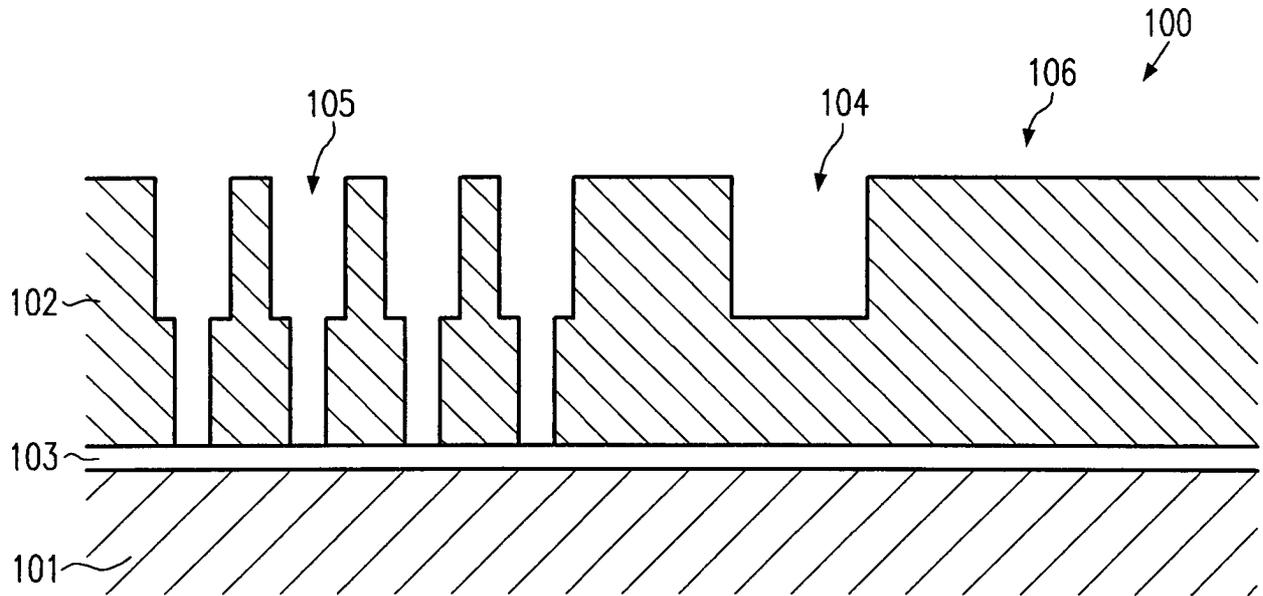


Fig.1a

(Stand der Technik)

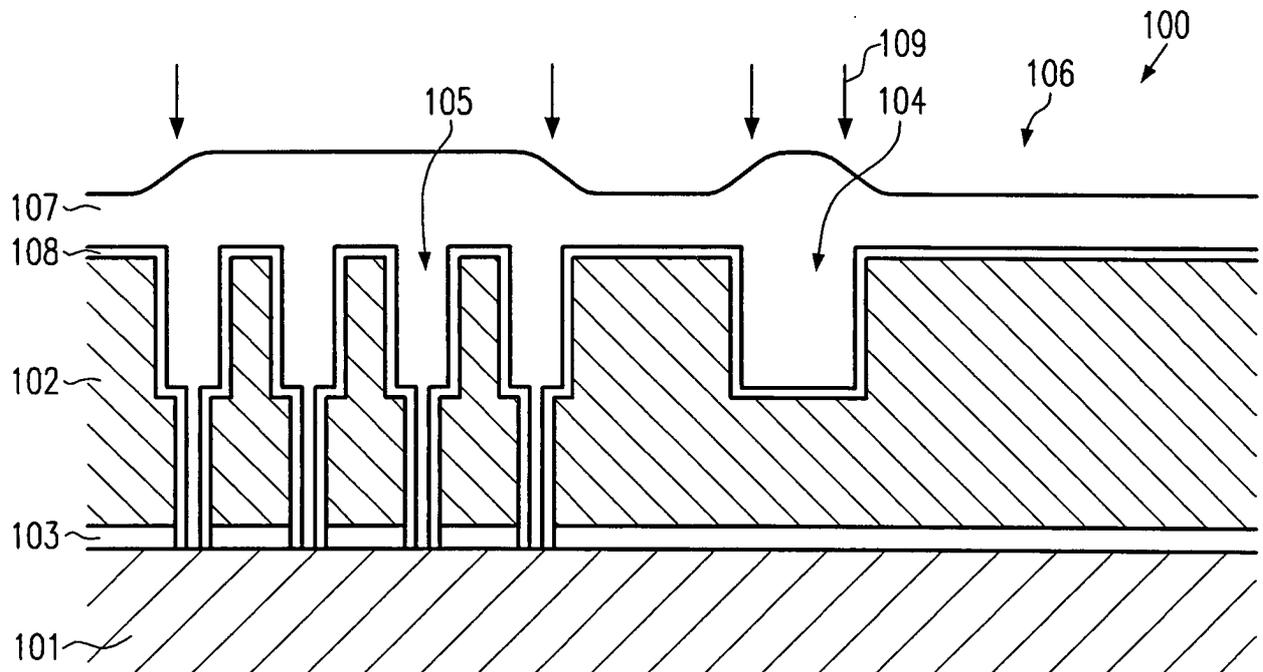


Fig.1b

(Stand der Technik)

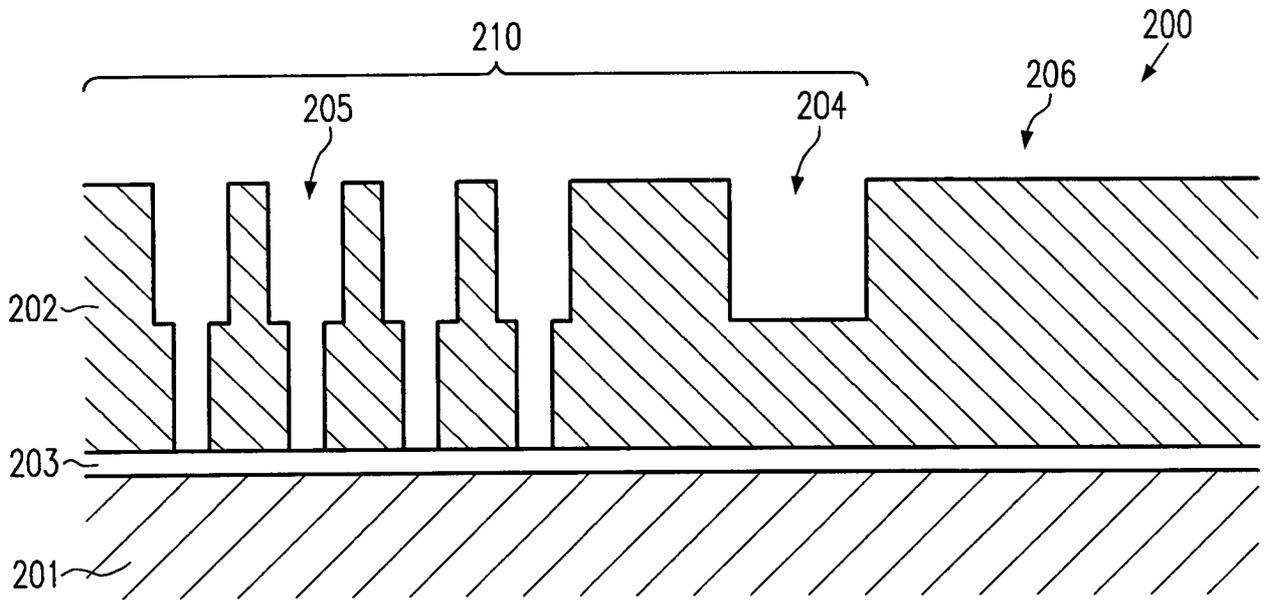


Fig.2a

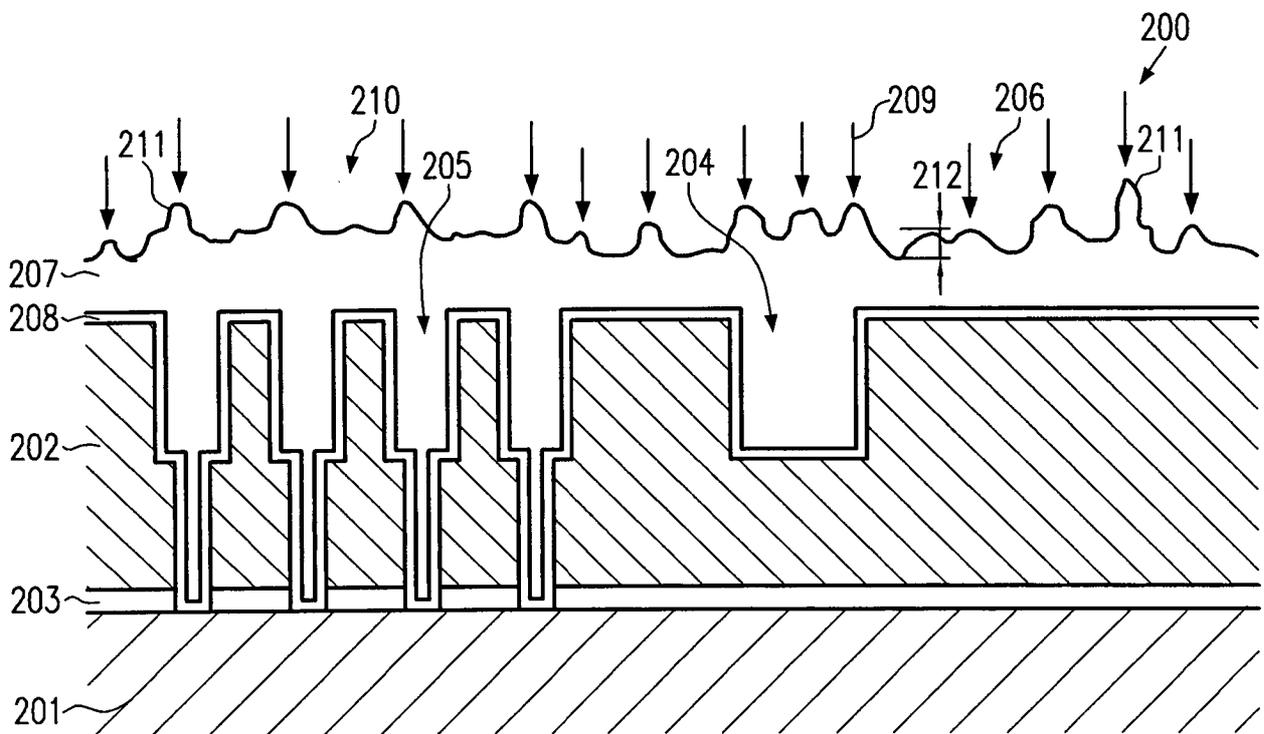


Fig.2b

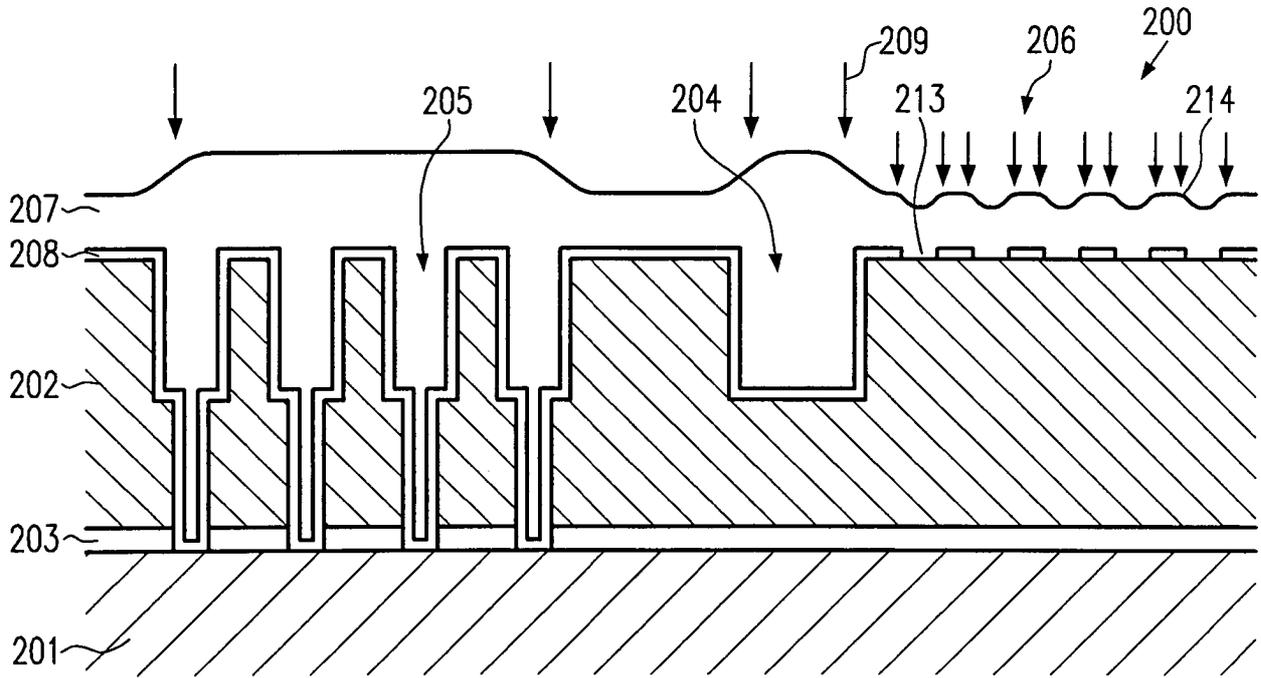


Fig.2c

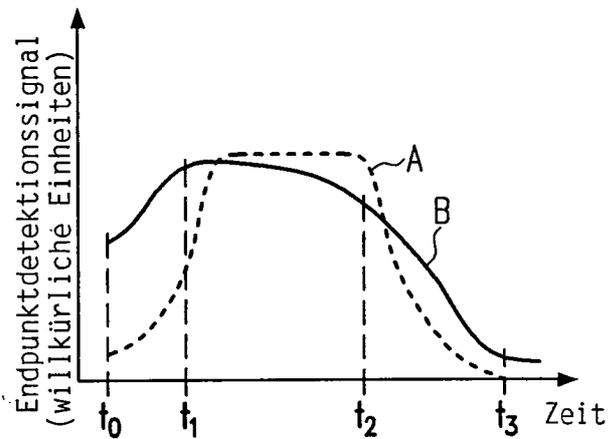


Fig.3

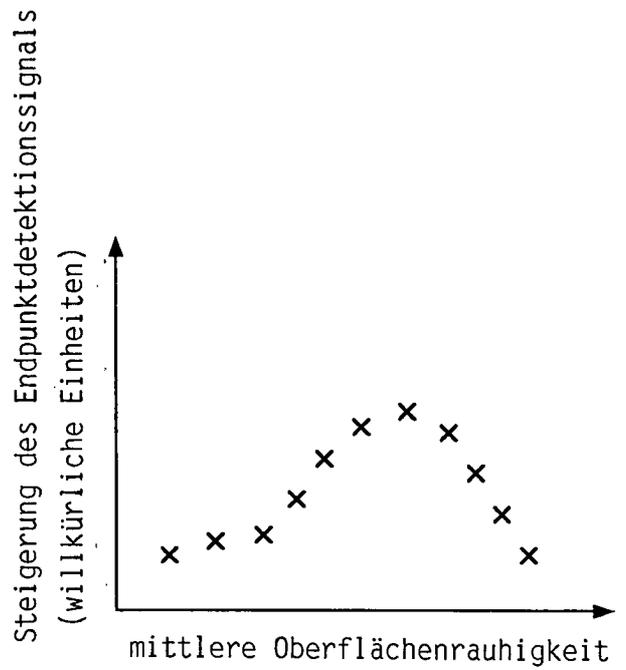


Fig.4