Dipl.-Chem. Horst Müller, Dipl.-Ing. Ernstjürgen Klapp

Trägerflüssigkeiten für die Herstellung von Slurries zum Drahtsägen Entwicklung und Tendenz

Folie 1:

In der Halbleiterindustrie und in vielen anderen Anwendungsbereichen werden heute Wafer und ähnliche plattenförmige Werkstücke überwiegend mit dem so genannten Draht-Trennläppen hergestellt. Dabei wird eine Läppsuspension (Slurry) verwendet, deren Effizienz stark von den angewendeten Slurry-Trägerflüssigkeiten abhängt. Die MKU® - Chemie GmbH in D-63322 Rödermark ist weltweit tätig und beschäftigt sich schon seit mehr als 15 Jahren mit der Herstellung von Trägerflüssigkeiten.

Folie 2:

Wer ist die MKU®-Chemie GmbH

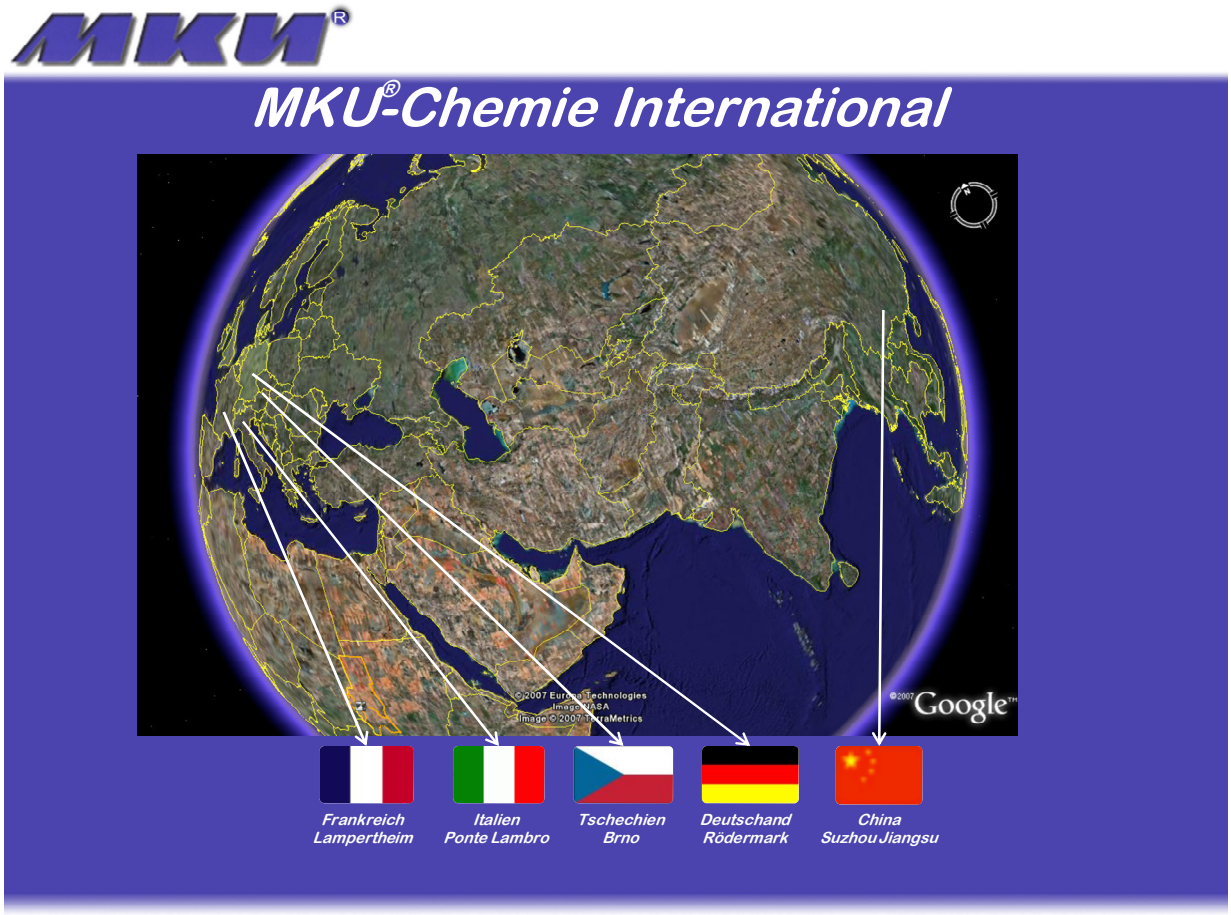
- MKU® beliefert die Metall-, Glas-, Keramik-, Halbleiter, Holz, Kunststoff- und Gummiindustrie
- MKU® ist Hersteller von wassermischbaren und nicht wassermischbaren, mineralölfreien und mineralölhaltigen Kühlschmierstoffen
- MKU® ist Hersteller von hydraulischen Flüssigkeiten, Getriebe- und Umlaufschmierölen (DIN – Schmierstoffe) sowie von Reinigern und Trennmitteln
- MKU® ist Hersteller der Zwischenprodukte (Korrosionsschutzinhibitoren, Emulgatoren, AW- und EP-Additiven)
- MKU® hat eine eigene Additiventwicklung und -fertigung
- MKU® hat ca. 1 600 Qualitäten im Lieferprogramm, wovon der überwiegende Teil (> 90 %) auftragsbezogen hergestellt werden

Folie 3:

Firmengeschichte

- 1956 – Gründung von „Mineralöl Klapp Urberach“ von Ernst Klapp sen. in der Gemeinde Urberach
- 1995 – Gründung von MKU®-Chemie CZ in Brno (Tschechien)
- 1996 – Gründung von MKU®-Chimie S.a.r.l. in Lampertheim (Frankreich)
- 2005 – Büroniederlassung in China eröffnet
- 2007 – Gründung der MKU®-Chemie China
- 2008 – Gründung der MKU®-Chemie Italien

Folie 4:



Entwicklung und Tendenz bei der Herstellung von Slurries zum Drahtsägen

In der Halbleiterindustrie und in vielen anderen Anwendungsbereichen werden heute Wafer und ähnliche plattenförmige Werkstücke überwiegend mit dem so genannten Draht-Trennläppen hergestellt. Dabei wird eine Läppsuspension (Slurry) verwendet, deren Effizienz stark von den angewandten Slurry-Trägerflüssigkeiten abhängt.

Anlässlich der Silikon Konferenz 2004 haben wir an dieser Stelle über technologische Grundlagen und Anwendungsergebnisse beim Drahttrennläppen von Si-Wafern unter Anwendung von MKU®-Trägerflüssigkeiten referiert.

Zwei Jahre später haben wir auf der Silikon Konferenz 2006 über die Aktivitäten unserer Firma im Allgemeinen und über unsere Produkte für das Drahttrennläppen im Besonderen informiert.

Diese vorgestellten Produkte werden bei der MKU®-Chemie mit ausgefeilten Formulierungen auf der Basis spezieller Mineralöle oder Polyglykole und entsprechenden Additiven hergestellt. Die hiermit hergestellten Slurries sind durch höchste Schnittraten (cm^2/min) und sehr niedrigen Schnittkräfte (Stromaufnahme der Trennmaschine, W/m) gekennzeichnet.

Heute möchten wir Sie über unsere weiteren Entwicklungen der Trägerflüssigkeiten und Reiniger in den vergangenen zwei Jahren unterrichten.

Unser ständiger Kontakt und die Zusammenarbeit mit den Herstellern und den forschenden Instituten ermöglichen es uns, unsere Entwicklungsarbeiten auf die jeweiligen Anforderungen abzustimmen und weiterzuführen.

Der Trend der Entwicklung des Drahttrennläppverfahrens steht wie alle industriellen Herstellverfahren unter starkem wirtschaftlichen Zwang. Ständig teurer werdende und knappe Rohstoffe, teure Energie, steigende Lohnkosten etc. zwingen zu verbesserten und ertragreicheren wirtschaftlichen Verfahren.

Die Wafer- und Photovoltaik-Industrie ist unter anderem auf eine Verbesserung und Erhöhung der Ausbeute beim Schneiden der Wafer fokussiert. Dies führte zur Tendenz, den Durchmesser der Drähte zu verringern, um eine höhere Ausbeute aus den Siliziumingots zu erhalten.

Diese Entwicklung setzt eine Anpassung der zum Prozess benötigten Hilfsmittel, wie Korngröße und Trägerflüssigkeit für das Korngut voraus sowie dessen Verhältnis in der verwendeten Slurry.

Zum Drahttrennläppen wird eine Slurry benötigt. Eine solche besteht aus einer Trägerflüssigkeit und fein verteilten, abrasiven Kornmaterial von bestimmter Korngröße.

Über die Eigenschaften einer Slurry sowie deren Zusammenwirken mit dem Werkzeugdraht und die Grundlagen der Slurry-Technologie wurde im Vortrag der MKU bei der Silikon Konferenz 2006 berichtet. Wichtig dabei ist, dass immer beachtet wird, ob von Volumen oder Massenkonzentration der Körner die Rede ist, wie in dem vorgenannten Vortrag ausführlich beschrieben ist.

Trägerflüssigkeiten – Rheologische Eigenschaften

Eine Trägerflüssigkeit hat die Aufgabe, das eingefügte Korngut optimal in Schwebe zu halten. Hierzu bedarf es einer guten Dispergierfähigkeit des Korngutes in der Trägerflüssigkeit, zumindest während des Arbeitsvorganges.

Ausschlaggebend für die Effektivität einer Trägerflüssigkeit sind ihre physikalischen, insbesondere aber auch ihre rheologischen Eigenschaften.

Die Trägerflüssigkeit kann eine dünnflüssige Mineralölmischung oder ein Polyglykolgemisch sein. Die Tragfähigkeit (Suspensionsfähigkeit) der Trägerflüssigkeit für das Korngut und somit die Leistungsfähigkeit der Slurry ist von mehreren Faktoren abhängig.

Folie 5:

Wichtige Parameter einer Slurry

1. Viskosität und Rheologie
2. Benetzungsfähigkeit des Korngutes
3. Oberflächenspannung der Trägerflüssigkeit
4. Korngröße und Kornanteil
5. Schmierfähigkeit der Trägerflüssigkeit für alle Maschinenteile

Mit dem Einsatz geringerer Korngrößen geht eine Anpassung der Trägerflüssigkeit einher, das heißt, dass die Viskosität der Trägerflüssigkeit erniedrigt werden muss, ohne dass sich das Korntrageverhalten verschlechtert.

Dünnere Trägerflüssigkeit verbunden mit veränderter Korngröße verändert und verschlechtert die Tragfähigkeit der Flüssigkeit für das Korngut. Dies gilt für beide Arten von Trägerflüssigkeiten: Mineralöl und Polyglykol. Außerdem verliert die Trägerflüssigkeit mit abnehmender Viskosität an Schmierwirkung und erhöht die Reibung des Drahtes an der Schnittfläche und an den Umlenkrollen.
Die Oberflächengüte der geschnittenen Wafer wird verschlechtert, die spezifischen Schnittkräfte werden erhöht, einhergehend mit einem erhöhten Drahtverschleiß und einer höheren Wärmeentwicklung. Ebenso hat die erhöhte Reibung einen erhöhten Energieverbrauch und somit eine höhere Stromaufnahme zur Folge.

Unter diesen Voraussetzungen ist Mineralöl als Trägerflüssigkeit dem Polyglykol überlegen, weil Mineralöl in allen Viskositätslagen durch Zumischung geeigneter Additive den entsprechenden Anforderungen angepasst werden kann.
Bei Polyglykol jedoch sind die Möglichkeiten einer Anpassung durch Additive stark limitiert, besonders wegen der fehlenden Kompatibilität der Zusatzstoffe.

Folie 6:

Vergleich Mineralöl und Polyethylenglykol

Eigenschaften	Mineralöl	Dionol Extra V 1591-Qualitäten	PEG
speziell entwickelt für Drahtsägen	nein	ja	nein
Suspensionseigenschaften	gut	exzellent	schlecht
Standzeit Slurry	gut	gut	akzeptabel
Viskosität/ SiC Konzentration	hoch	niedrig	akzeptabel
SiC Preis per Schnitt	akzeptabel	niedrig	hoch
Schmiereffekt	gering	exzellent	keiner
Reibung im SiC Film	akzeptabel	gering	hoch
Temperatur im Schnitt	akzeptabel	gering	hoch
Thermischer Stress im Schnitt	akzeptabel	gering	hoch
Energieverbrauch	akzeptabel	gering	hoch
Wasseraufnahme	gering	gering	hoch
Veränderung Viskosität	gering	gering	hoch
Prozessstabilität	ausreichend	exzellent	ausreichend

Quelle: Dr.-Ing. Rainer Godo, Dipl.-Ing. Ernstjürgen Klapp

Folie 7:

Vergleich Mineralöl und Polyethylenglykol

Eigenschaften	Mineralöl	Dionol Extra V 1591-Qualitäten	PEG
Schnittqualität	gut	exzellent	akzeptabel
Korrosion	keine	keine	hoch
Standzeit Wire Guides	ausreichend	hoch	niedrig
Standzeit Pulleys	ausreichend	hoch	niedrig
Vorteil bei dünnem Draht	ja	ja	nein
Abkitten	gut	gut	gut
Reinigung Wafer	gut	gut	gut
Handling	einfach	einfach	einfach
Arbeitssicherheit	sicher	sicher	sicher
Entsorgung	Verbrennung	Verbrennung	Recycling möglich
Preis	niedrig	hoch	niedrig
Preis-/Leistungsverhältnis	gut	exzellent	akzeptabel

Quelle: Dr.-Ing. Rainer Godo, Dipl.-Ing. Ernstjürgen Klapp

Welchen Einfluss haben nun die einzelnen Parameter auf die Leistung einer Slurry?

1. Die Viskosität

Die Trägerflüssigkeiten sind, ob Mineralöl oder Polyglykol, Newtonsche Flüssigkeiten, während die daraus hergestellte Slurry als Feststoff-Flüssigkeits-Gemisch keine Newtonschen Eigenschaften mehr hat. Trotzdem unterliegen die Trägerflüssigkeiten auch im Gemisch der Newtonschen Regel und verändern ihr Temperatur-Viskositätsverhalten wie eine Newtonsche Flüssigkeit, ohne Rücksicht auf den Feststoffanteil.

Mineralöle können in der Viskosität leichter eingestellt werden als Polyglykole, deren niederste Viskosität mit ca. 53-62 mm^2/s bei 20°C bzw. 20-26 mm^2/s bei 40°C, für PEG 200, je nach molarer Massenverteilung begrenzt ist.

Die niedermolekularen Polyglykole sind wasserlöslich und können Wasser in großer Menge aufnehmen. Dies wird häufig genutzt, um die Trägerflüssigkeit zu strecken. Die Wasseraufnahme hat jedoch eine starke Veränderung der Viskosität zur Folge. Die damit verbundene Viskositätserniedrigung birgt bei Polyglykolen eine Verschlechterung des Netzvermögens in sich, das nicht mehr einfach beeinflusst werden kann. Außerdem wird mit dem Wassergehalt die Schmierfähigkeit und der Korrosionsschutz verschlechtert. Außerdem besteht die Gefahr eines bakteriologischen Befalls durch die über das Wasser zugeführten Mikroorganismen.

Im Vergleich hierzu können Mineralöle sowohl zu höheren als auch zu niedrigeren Viskositäten (bis unter 10 mm^2/s bei 40°C) eingestellt werden. Eigenschaften, die dabei verändert werden, können durch entsprechende Additivierung korrigiert werden.

Derart niedere Viskositäten erlauben dem Anwender selbst eine Korrektur der Slurry vorzunehmen, sei es, dass die Slurry während des Gebrauchs eingedickt ist, niedrigere Temperaturen (im Winter) vorherrschen, oder dass für einen anderen Arbeitsgang eine niedrigere Viskosität gewünscht ist.
Da auch dünnere Trägerflüssigkeiten schon entsprechend mit Additiven eingestellt werden können, ergibt sich keine Veränderung der anderen Parameter.

Mit niederer Viskosität verringert sich bei allen Flüssigkeiten die Tragfähigkeit für Feststoffe. Solange die Slurry sich in Bewegung befindet, werden auch die Feststoffe in Bewegung gehalten und die Tendenz zur Separierung hält sich in Grenzen. Sobald die Slurry sich im Ruhezustand befindet, erhöht sich die Geschwindigkeit der Separation der Feststoffe schlagartig und dies umso rapider je dünner das Trägermedium und je größer der Korndurchmesser sind. Dies gilt für polare und unpolare Flüssigkeiten.

2. Die Dichte

Die Dichte einer Trägerflüssigkeit hat nur einen geringen Einfluss auf die Tragfähigkeit für Feststoffe, macht sich aber wegen der geringeren Differenz bei Polyglykolen in Bezug auf die Sinkgeschwindigkeit etwas mehr bemerkbar als bei Mineralölen. Die Dichte für Polyglykole PEG 200 – PEG 600 liegt bei ca. 1,12 – 1,14 g/cm³ je nach molekularer Massenverteilung bei 15°C.

Für Mineralöle liegt die Dichte bei ca. 0,85 bis 0,89 g/cm³ bei 15°C, je nach Struktur und Viskosität.

Folie 8:

Produkt	Spezifische Dichte 15°C kg/l	Viskosität bei 40°C mm²/s	Schmierung N/cm²
Polyethylenglykol			
PEG 300	1.13	30-40	1800
PEG 200	1.12	22-26	1600
Betronol® MF V 1016	1.13	30	2800
Betronol® MF V 1016-1	1.12	22	2000
Betronol® MF V 1016-2	1.08	23	1500
Betronol® MF V 1016-3	1.12	22	2000
Betronol® MF V 1016-4	1.12	28	1700
Betronol® MF V 1016-5	1.06	16	1550
Betronol® MF V 1016-6	1.04	14	1800
Betronol® MF V 1016-7	1.13	24	1800
Betronol® MF V 1016-8	1.08	26	1400
Mineralöl			
Dionol® Extra V 1591	0.88	25	3600
Dionol® Extra V 1591-1	0.87	22	3600
Dionol® Extra V 1591-2	0.88	25	3600
Dionol® Extra V 1591-3	0.86	14	3600
Dionol® Extra V 1591-4	0.85	9	3600
Dionol® Extra V 1591-5	0.87	20	3600
Dionol® Extra V 1591-6	0.85	15	3100
Dionol® Extra V 1591-7	0.87	20	2800
Dionol® Extra V 1591-8	0.85	18	4500
Dionol® Extra V 1591-9	0.85	8-12	4500

Den in Folie 8 gezeigten Daten kann man Folgendes entnehmen:

1. Auf Mineralöl basierende Slurries sind den PEG's in der Schmierfähigkeit weit überlegen.

2. Mineralöl basierende Trägerflüssigkeiten können in der Viskosität auch niedriger eingestellt werden, ohne die Schmierfähigkeit zu verschlechtern.

3. Polyglykole sind bei der Einstellung der Viskosität limitiert, die Schmierfähigkeit kann nicht beliebig verbessert werden.

3. Die Benetzungsfähigkeit

Die Benetzungsfähigkeit einer Flüssigkeit hängt unter anderem von ihrem Polaritätsverhalten ab.

Mineralöle sind von Hause aus unpolar und haben keine grenzflächenaktiven Eigenschaften.

Polyglykole haben ein etwas anderes Polaritätsverhalten als Mineralöle, können aber auch nicht zu den grenzflächenaktiven Substanzen gezählt werden. Deshalb haben Polyglykole in Bezug auf die Tragfähigkeit für Feststoffe keinen Vorteil gegenüber Mineralöl.

Eine wichtige Eigenschaft für das Tragevermögen einer Flüssigkeit für Feststoffe ist die Fähigkeit der Benetzung des Feststoffes.

Als unpolare Flüssigkeit hat Mineralöl von Haus aus keine nennenswerte Benetzungsfähigkeit. Diese Eigenschaft kann man aber durch Zugabe geeigneter, polar wirkender Additive stark positiv verändern.

Polyglykole besitzen eine begrenzte Polarität aufgrund ihrer Sauerstoff- und Hydroxylgruppen, können aber gerade deshalb nicht im gleichen Umfang und in der gleichen Weise durch Zugabe von Additiven zur höheren Benetzungsfähigkeit gebracht werden.

4. Die Oberflächenspannung

Die Oberflächenspannung steht im direkten Verhältnis zur Polarität einer Flüssigkeit und somit auch zur Benetzung. Auch die Oberflächenspannung kann man durch Zugabe von geeigneten Additiven verändern. Sie beträgt für Polyethylenglykol mit molaren Massen von 200-600 etwa 40 dyn/cm^2.

Für unlegiertes Mineralöl sind die Werte abhängig von der Viskosität etwa gleich wie bei Polyglykolen.

Die folgende Grafik zeigt die Oberflächenspannung verschiedener Trägerflüssigkeiten.

Aus diesem Vergleich wird ersichtlich, dass Trägerflüssigkeiten auf Mineralölbasis wesentlich bessere Werte erzielen als Polyglykole.

Folie 9:

Vergleiche von Oberflächenspannungen in Abhängigkeit von der Viskosität

Produkt	Viskosität bei 40°C mm²/s	Oberflächenspannung dyn/cm²
Polyethylenglykol		
PEG 200	22-26	37,5
PEG 300	30-40	43
Betronol® MF V 1016	30	39,5
Betronol® MF V 1016-2	23	43
Betronol® MF V 1016-5	16	33
Betronol® MF V 1016-6	14	33
Betronol® MF V 1016-7	24	33,5
Betronol® MF V 1016-8	26 (enthält Wasser)	49,5
Mineralöl		
Mineralöl A	100	32
Mineralöl B	4,5	29
Dionol® Extra V 1591-2	25	30
Dionol® Extra V 1591-4	9	29,5
Dionol® Extra V 1591-9	8-12	29
Dionol® Extra V 1591-10	10	29

5. Die Korngröße und die Kornform

Es ist selbstredend, dass kleinere Teilchen besser dispergiert und in Suspension gehalten werden können als größere.

Auch die Form der Teilchen ist von Bedeutung. Glatte Teilchen zeigen weniger Affinität zur Trägerflüssigkeit als raue und haben damit eine höhere Neigung zur Separation oder Sinkgeschwindigkeit.

Die MKU-Chemie hat bei einigen Trägerflüssigkeiten die Rheology und das Strukturverhalten derart verändert, dass das Korntrageverhalten wesentlich verbessert wurde, sowohl bei ausgesuchten Polyglykolen als auch bei auf Mineralöl basierenden Trägerflüssigkeiten.

Durch die Veränderung der Rheologie und Struktur der Trägerflüssigkeiten konnte das Mengenverhältnis zwischen Trägerflüssigkeit und Korn von 1:1, das zurzeit in der Praxis vielfach angewendet wird, auf 1:3 reduziert werden. Das bedeutet eine Einsparung von 50 % Korn.

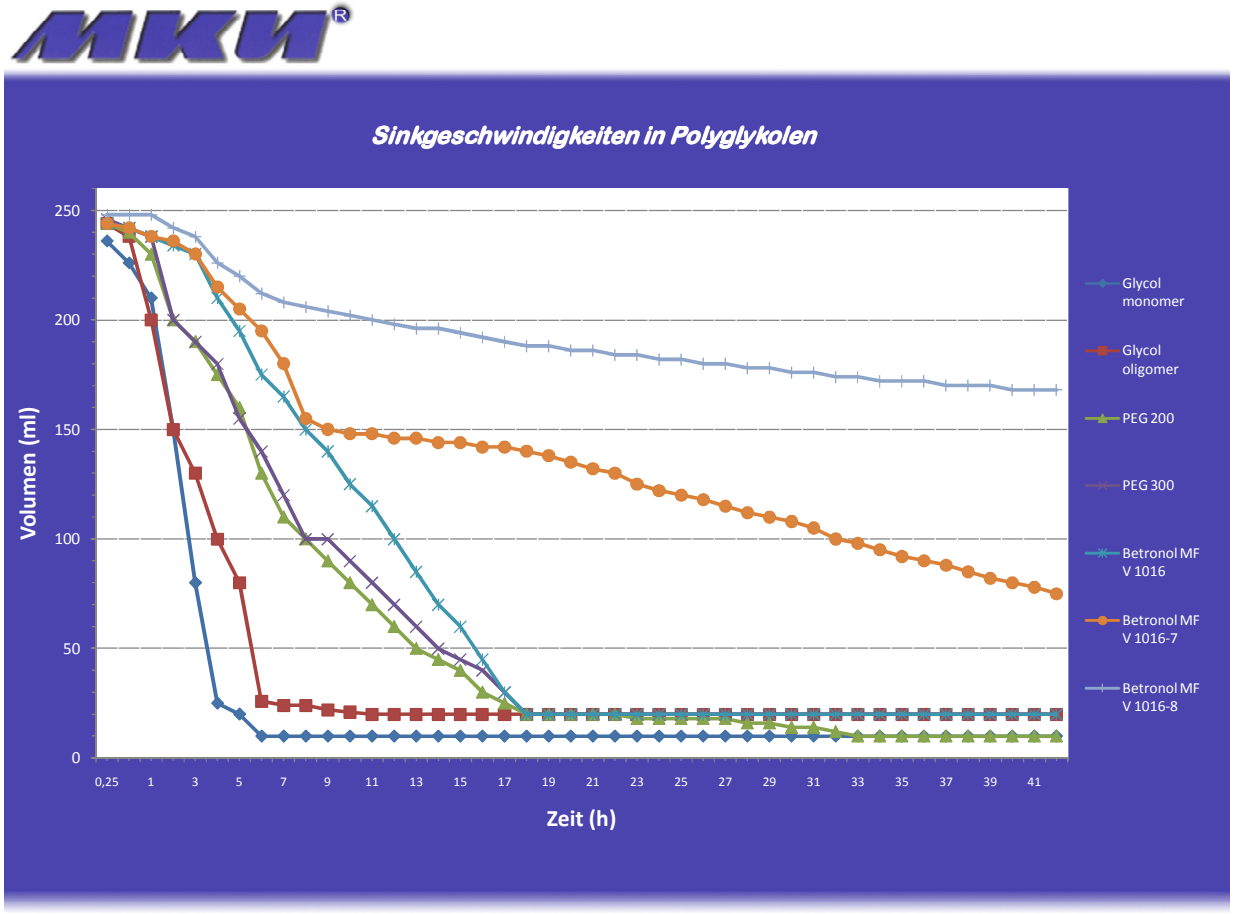
In weiteren Versuchen wurde mit einer geringeren Korngröße gearbeitet. Hierbei ergab sich, dass durch die größere Oberfläche der feineren Körnung weitere Einsparungen möglich gemacht werden können. Diese Versuche sind zurzeit noch nicht abgeschlossen, sodass noch keine gesicherten Ergebnisse vorliegen.

6. Sinkgeschwindigkeiten der Partikel in Slurries mit verschiedenen Träger-flüssigkeiten

In Folie 10 + 11 wird dargestellt wie sich gleichartige Partikel, in gleicher Konzentration in verschiedenen Trägerflüssigkeiten in Bezug auf ihre Sedimentation verhalten.
Für die Versuche wurde in einem Flüssigkeitsvolumen von jeweils 250 ml eine jeweils gleiche Menge (10 %) an Korngut F 400 zugegeben und homogen verteilt eingerührt.
Danach wurde die Sinkgeschwindigkeit des Korngutes im jeweiligen Testmuster alle 25 Minuten gemessen und das Ergebnis in die dargestellte Kurve eingetragen.
Das Resultat nach einer Messstrecke von 42 Stunden führte zu folgendem Ergebnis:

6.1. Sinkgeschwindigkeit in Polyglykolen.

Folie 10:



Vier von den auf Glykol basierenden Produkten sind ohne Additive, damit die Abhängigkeit der Sinkgeschwindigkeit von der Viskosität deutlich gemacht werden konnte.

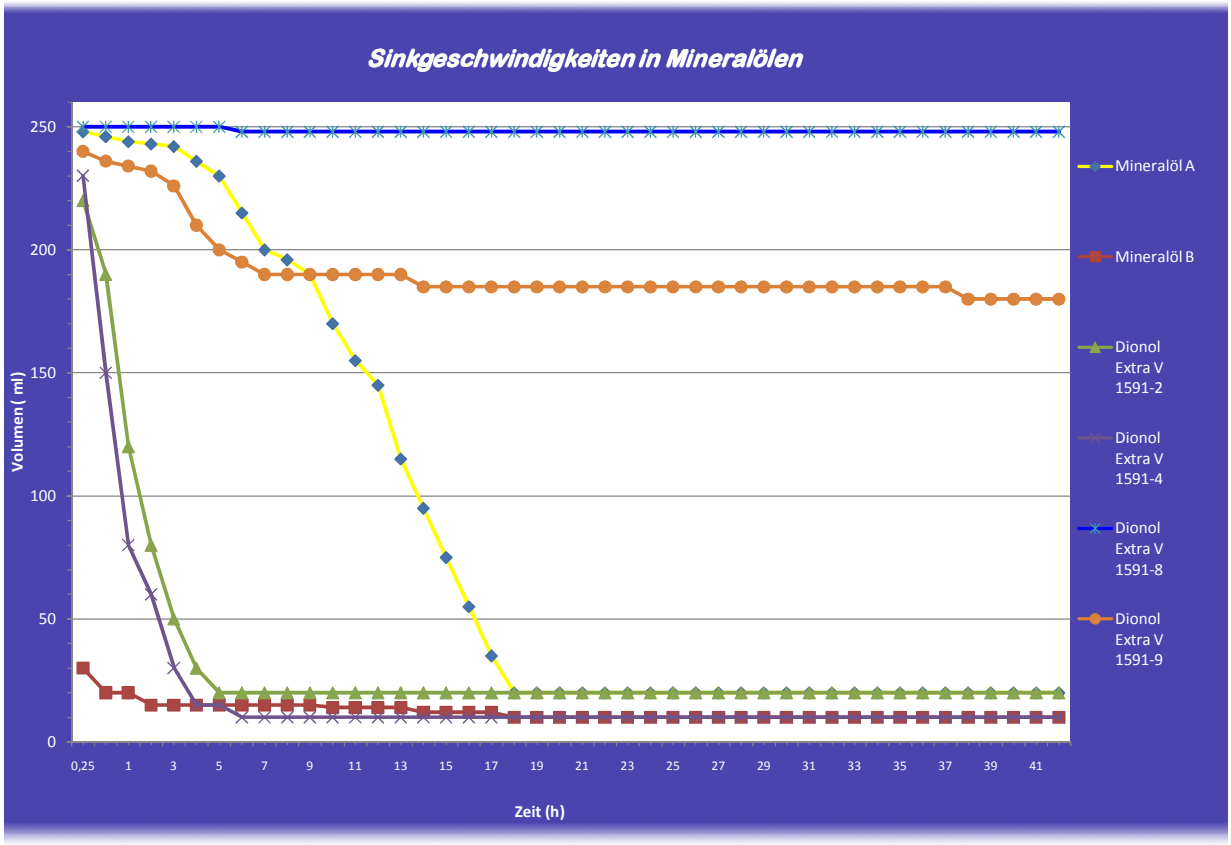
Bei den beiden sehr dünnflüssigen Glykolen ist die Absetzphase nach 6 Stunden beendet, während bei den dickflüssigeren Produkten PEG 200 und PEG 300 die Absetzphase dreimal solange andauert und nahezu gleich ist.

Betronol® MF V 1016 ist mit normalen Additiven versehen und hat eine Viskosität ähnlich PEG 300. Es zeigt sich zwar eine verzögerte Sinkgeschwindigkeit, aber die Absetzphase endet gleich wie bei PEG 300.

Ein völlig anderes Bild ergibt sich bei den Produkten Betronol® MF V 1016-7 und 1016-8. Bei diesen beiden Produkten handelt es sich um durch Nanotechnologie rheologisch strukturell veränderte Flüssigkeiten, bei denen die Sinkgeschwindigkeit für Feststoffpartikel stark verzögert und somit die Zeit für die Absetzgeschwindigkeit immens verbessert wurde.

6.2. Sinkgeschwindigkeit in Mineralölen

Folie 11:



Bei diesen Versuchen zeigte sich die gleiche Tendenz wie bei den PEG's, aber in einem weit deutlicheren Ausmaß.

Das sehr dünnflüssige Mineralöl B hat eine Viskosität bei 40 °C von 4,5 mm²/s und ist ohne Additive. Dieses Öl hat keinerlei Korntragevermögen und ist als Trägerflüssigkeit nicht brauchbar.

Recht gut in Bezug auf die Sinkgeschwindigkeit verhält sich Mineralöl A, mit einer sehr hohen Viskosität bei 40°C von 100 mm²/s, verliert aber die Tragfähigkeit abrupt nach 18 Stunden, ähnlich wie PEG 300. Abgesehen von der zu hohen Viskosität, hat das reine Mineralöl aber keinerlei positiven Eigenschaften in Bezug auf die Schnittleistungen und kann deshalb nicht als befriedigende Trägerflüssigkeit angesehen werden.

Dionol® Extra V 1591-2 hat eine Viskosität bei 40°C von 25 mm²/s und ist mit Additiven zur Verbesserung der Schnittwerte und Minderung der Reibwerte versehen. Hier zeigt sich nur eine leichte Verbesserung der Sinkgeschwindigkeit und Absetzgeschwindigkeit.

Dionol® Extra V 1591-4 ist mit einer Viskosität bei 40°C von nur 9 mm²/s ein sehr dünnflüssiges Produkt mit entsprechenden Additiven, das häufig nur zur Einstellung nachträglich eingedickter Trägerflüssigkeiten Verwendung findet.

Korntragfähigkeit kann von diesem Produkt aufgrund seiner Viskosität auch nicht erwartet werden.

Ganz anders verhalten sich die durch Nanotechnologie rheologisch strukturell veränderten Trägerflüssigkeiten Dionol® Extra V 1591-8 und 1591-9.

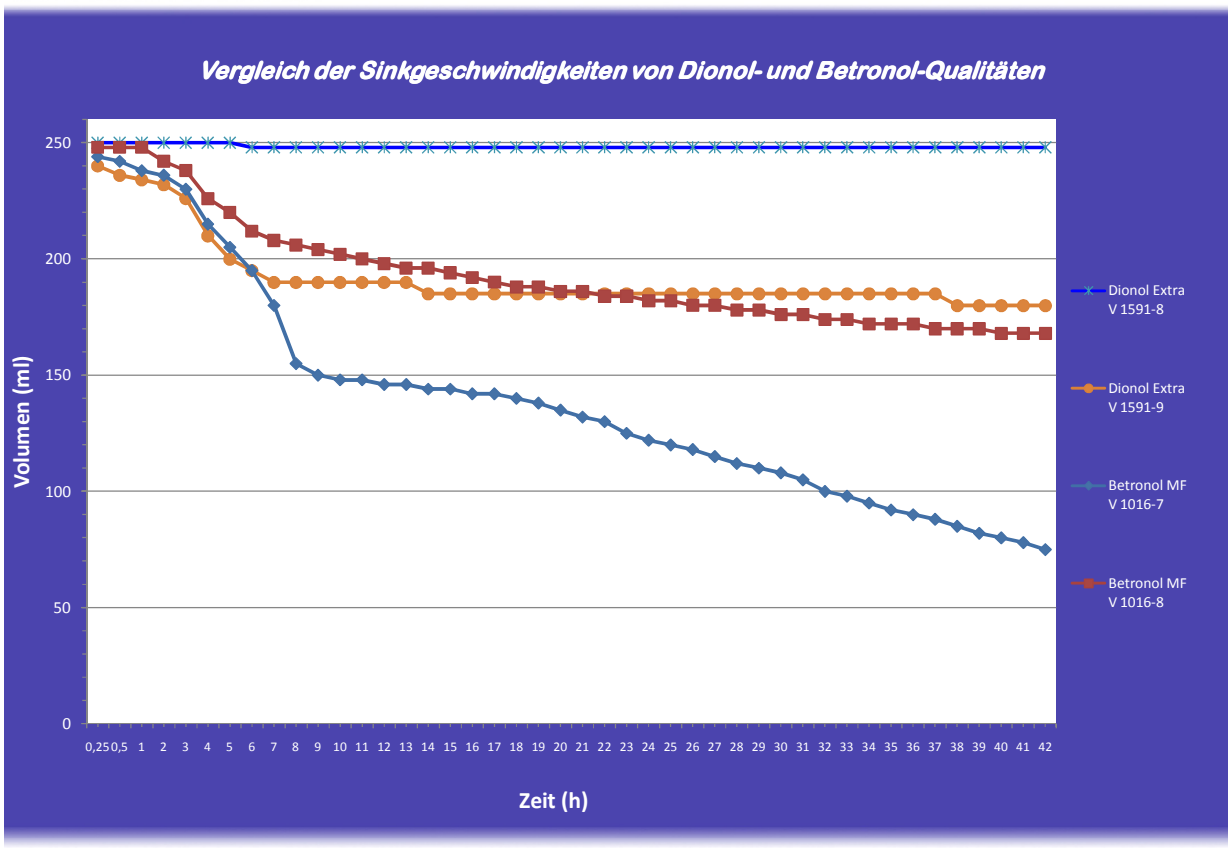
Bei diesen beiden Produkten zeigt sich insbesondere bei Dionol® Extra V 1591-8 auch noch nach 42 Stunden eine absolute Stabilität der Slurry. Dies ist ein gewaltiger Vorteil bei Ruhezeiten der Maschineneinheit.
Eine Trennung von Korn und Flüssigkeit ist in einer vertretbaren Zeit nur noch mit mechanischen Mitteln möglich.

Weitere Entwicklungsarbeiten sind bei MKU in vollem Gange. Über die Ergebnisse werden wir Sie anlässlich der Silikon Konferenz 2010 unterrichten.

6.3. Zusammenfassung

Das rheologische Verhalten von Trägerflüssigkeiten, die auf Mineralöl basieren, kann besser beeinflusst und verändert werden als das der Polyglykole. Das bedeutet, dass es durch rheologische Strukturveränderung möglich ist, Trägerflüssigkeiten mit niedrigeren Viskositäten und trotzdem verbesserten Absetzverhalten einzusetzen, und damit auch den Kornanteil zu verringern.

Folie 12:



7. Recycling

Das Recycling von Slurries gestaltet sich insofern schwierig, weil das einmal gebrauchte Korngut durch Abrundung und Verunreinigung durch Silizium für weitere Trennarbeiten wertlos wird.

Für das Recyceln von Polyglykolen gibt es wirtschaftliche Verfahren. Recyceltes Polyglykol unterlag während des Gebrauchs einer gewissen Alterung (Oxidation) und kann deshalb nicht mehr ohne Zusatz von frischem Polyglykol eingesetzt werden.

Mineralöl unterliegt ähnlichen Alterungsbedingungen und kann, wie Polyglykol nach Separation des Korngutes, anteilig wieder verwendet werden.
Ein spezielles Recyclingverfahren ist bei Mineralöl nicht nötig. Ein reines Absetzen lassen (Sedimentation) des Korngutes und ein nachfolgendes Dekantieren ist ausreichend. Nach Zugabe einer Menge von 60 % - 70 % Frischöl kann das dekantierte Mineralöl wieder zum Ansatz einer Slurry verwendet werden.

Rheologisch strukturveränderte Trägerflüssigkeiten haben zwar ein stark erhöhtes Tragevermögen für das Kornmaterial, aber gerade deshalb ist die Sinkgeschwindigkeit außerordentlich langsam und eine Sedimentation in ausreichender Zeit kaum noch durchführbar. Eine Trennung vom Korngut ist nur noch mechanisch apparativ möglich.

8. Beschreibung der MKU-Produktreihe zum Trennläppsägen

Folie 13:

Trägerflüssigkeiten zur Erzeugung von Slurries für das Trennläppen

Die einzelnen Trägerflüssigkeiten unterscheiden sich durch ihre Formulierung für unterschiedliche Einsatzparameter wie z. B. Korngröße, Korngutverhältnis, Drahtgeschwindigkeit, Drahtdurchmesser und Durchmesser des Ingots.

Bei den Trägerflüssigkeiten der MKU®-Chemie, deren Entwicklung auf intensiver Forschung und auf praktischen Trennversuchen basiert, handelt es sich um die beiden folgenden Produktreihen:

Dionol®-Reihe: Dionol® Extra V 1591-1 – 1591-15

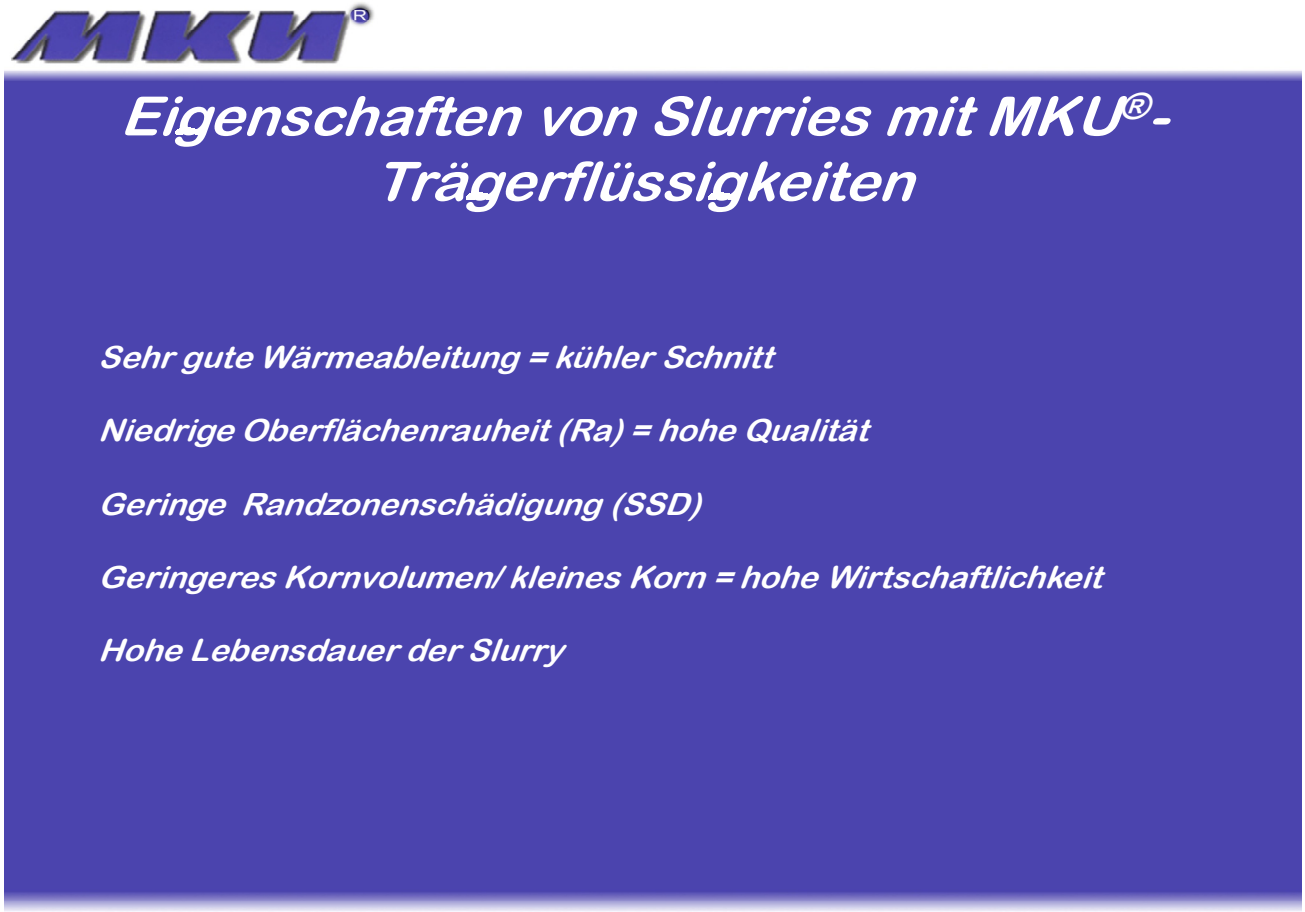
Diese Medien bestehen aus unterschiedlich formulierten Mineralölen, die entsprechend ihrer Anwendungen mit unterschiedlichen Additiven legiert sind.
Die damit hergestellten Slurries zeichnen sich durch hohes Dispergiervermögen, beste Schnittschärfe (Grip) und niedrigste Reibungsverluste aus.

Betronol®-Reihe: Betronol® MF V 1016-1 – 1016-15

Diese auf speziellen Glykolen aufgebauten Slurry-Trägermedien werden vorwiegend in der Photovoltaik eingesetzt und zeichnen sich durch gutes Dispergiervermögen, hohe Trennraten, beste Oberflächengüten und optimales Recyclingvermögen aus.

Neben der deutlich verringerten Energieaufnahme (von 30 % und mehr) zeichnen sich die Produkte beider Produktreihen auch durch ihre hohe chemische Stabilität und eine sehr gute Steuerbarkeit des zugeordneten maschinellen Trennprozesses aus. Hierzu sind folgende Merkmale hervorzuheben:

Folie 14:



Im Zusammenhang mit dem letzten Punkt ist besonders wichtig, dass die mit MKU Produkten hergestellten Slurries nur eine sehr geringe Entmischungstendenz zeigen und dass sich auch bei längeren Standzeiten keine harten Sediment-Konglomerate bilden.

9. Entwicklungstendenz

MKU®-Chemie GmbH arbeitet kontinuierlich an Entwicklungen zur weiteren Verbesserung der Trägermedien, unter Einbeziehung moderner Nanotechnology, um die Vorteile beider Trägermedien – Mineralöl und Polyglykol – zu verbessern und zu vereinen, um weitere wirtschaftliche Vorteile bei der Herstellung von Wafern etc. zu erzielen.

10. Reinigungsmittel für trenngeläppte Hartstoffplatten

In Verbindung mit den Trägerflüssigkeiten hat die MKU®-Chemie auch neuartige wasserlösliche Reiniger entwickelt. Für die effektive Reinigung sind sowohl hoch alkalische als auch neutrale Reiniger erhältlich. Diese Alkalox- und Neutralox-Reiniger entfernen die an den Werkstücken haftenden Slurry-Rückstände (auch bei Slurries auf Mineralölbasis) mit höchster Effizienz und bester Oberflächenqualität. Trägerflüssigkeiten und Reiniger sind optimal aufeinander abgestimmt und ergänzen sich in hervorragender Weise.

Nach dem Trennen der Platten (z. B. Siliziumwafer) mittels des Drahttrennläppens kleben die Werkstücke sehr fest aneinander und sind von der Slurry stark benetzt und verunreinigt.
Um die erforderliche Vereinzelung und Reinigung der Wafer zu einem unproblematischen Folgeprozess zu machen, hat die MKU-Chemie spezielle wasserlösliche Reinigungsmittel entwickelt, die insbesondere auch bei Slurries auf Ölbasis beste Ergebnisse liefern. Die hiermit erzielbare vollständige Reinigung und Entfettung beruht auf einer optimalen chemischen Anpassung der Reiniger an die MKU®-Trägerflüssigkeiten.

Folie 15:

Alkalox 580

Dieses neuartige, wasserlösliche alkalische Reinigungskonzentrat gestattet die vollständige Abreinigung der Wafer.
Alkalox 580 enthält kein organisches Lösungsmittel und die wässrigen Lösungen sind schaumarm. Es wird zur Reinigung aller Arten von Verschmutzungen und Ablagerungen an Werkstückoberflächen verwendet.
Zur Vorreinigung von Halbleiterwafern, die mit mineralölbasierender Slurry geschnitten wurden, wird vielfach herkömmliches Dieselöl verwendet.

MKU-Chemie hat zu diesem Zweck, als Ersatz für Dieselöl, ein spezielles Spülöl Dionol® V 1685 entwickelt, das nicht feuergefährlich und nicht krebserregend ist sowie nicht der VOC-Verordnung unterliegt. Die anschließende Grundreinigung wird mit Alkalox 580 in einer Konzentration von 50 % in Wasser bei einer Reinigungstemperatur zwischen 70°C und 75°C durchgeführt.

Für Wafer, die mit glykolbasierender Slurry geschnitten sind, fällt die vorgenannte Vor- und Grundreinigung weg.

Die Ultraschallreinigung der mit mineralöl- als auch mit glykolbasierender Slurry hergestellten Wafer wird in einer Konzentration von 10% bis 15% bei 70℃ bis 75℃ und anschließendem Spülen mit dest. Wasser bei 25℃ drei- bis viermal wiederholt durchgeführt. Für die Endreinigung der Wafer ist eine Konzentration von 2% bis 5% bei 25℃ ausreichend. Nach der Reinigungsarbeit kann Alkalox 580 mit dest. Wasser bei 25℃ abgespült werden.

Neutralox 590

Neutralox 590 ist ein spezieller, wasserlöslicher, lösungsmittelfreier Neutralreiniger mit geringer Schaumbildung.

Neutralox 590 entfernt alle Arten von Verschmutzungen und Ablagerungen von Werkstücken aus Metall und Keramik und kommt zum Einsatz, wenn erhöhte Anforderungen an die Oberflächengüte der Werkstücke gestellt werden.
Neutralox 590 ist eines der wirksamsten Mittel zur Reinigung von Halbleiterwafern.
Neutralox 590 wird bei der Ultraschallreinigung der Reinigungslösung aus Alkalox 580 in einer Konzentration von 0,5 % bis 3 % zugesetzt, um eine verbesserte Abreinigung zu erzielen.

Zusammenfassung

Bei PEG werden zwei Reinigungsvorgänge weniger benötigt, dies wirkt sich aber nicht auf den SiC-Preis per Schnitt aus.

Folie 16:

11. Literaturhinweis

1. Application Results in Wire-Saw Slicing of Silicon Wafers based on the use of MKU® Carrier Fluid Technology.
   Günter Werner, Ernst Klapp/MKU®-Chemie GmbH Rödermark
   Silicon Conference 2004 in Roznov

2. Application Results in Wire-Saw Slicing of Silicon Wafers based on the use of MKU®-Carrier Fluids continued
   H. Müller, E. Klapp, MKU®-Chemie GmbH Rödermark
   Silicon Conference 2006 in Roznov