

Ionische und Partikel-Kontamination durch das Verbrauchsmaterial

von Win Labuda in Lübeck

Während die Kontaminations-Möglichkeiten im Reinraum für eine Vielzahl von Werkstoffen und Equipment in der Literatur ausgiebig beschrieben sind, findet man nur wenige Arbeiten über die mögliche Kontamination durch das reinraum-spezifische Verbrauchsmaterial wie z. B. Handschuhe und Wischtücher. Ebenso läßt sich feststellen, daß sehr viele Arbeiten über Partikel-Kontamination aber sehr wenige über ionische Kontamination vorliegen, obwohl diese Art der Kontamination für alle LSI Fertigungs-Prozesse von wesentlicher Bedeutung ist.

Die vorliegende Arbeit soll nicht nur einen Beitrag leisten, einzelne Zusammenhänge aufzuhellen und soweit möglich quantitative Anhaltspunkte zu geben, sondern sie soll vor allem dazu anregen, den bisher geübten Praktiken der Produkt-Auswahl für Reinraum-Verbrauchsmaterial das Gebiet Ausgangsstoffe und Fertigungs-Vorgänge als sinnvolle Betrachtungsbereiche hinzuzufügen.

Ionische Kontamination allgemein

Bei der Fertigung von LSI Schaltkreisen muß ein Phänomen besonders beachtet werden: Die frei beweglichen Ionen bestimmter Elemente dringen zumeist bei höheren Temperaturen in die Wafer-Oberfläche ein und wandern dort zu den PN-Übergängen, wo sie deren Kennlinien in unerwünschter Weise beeinflussen, so daß der Wafer unbrauchbar wird. Diese Ionen finden sich vermehrt in solchen Produkten, bei deren Herstellung Schwermetall-, Alkali- oder Halogen-Verbindungen eingesetzt werden. Eine der wichtigen Aufgaben des

Reinraum Ingenieurs im Sinne einer Optimierung der Produkt-Ausbeute ist daher die Aussperrung von Materialien die im Reinraum als Ionen-Carrier fungieren können. In diesem Aufsatz sollen die wesentlichen Verbrauchs Materialien der Reinraum Fertigung nämlich Handschuhe und Wischmittel bis zu ihren Fertigungs-Ursprüngen und Ausgangs Materialien hin zurückverfolgt werden, um so dem Reinraum Ingenieur zu ermöglichen, Produkten welche bereits vom Fertigungs Verfahren her weniger Zonenbelastet sind, bei seiner Produktauswahl den Vorzug zu geben

Ionische Kontamination durch Reinraum Handschuhe

Handschuhe gehören zu den meist benutzten und wichtigsten Verbrauchsmaterialien im Reinraum. In einem Jahr durchwandern eine große Reinraum Fertigung etwa 200 000 Quadratmeter Handschuh Fläche. Ohne Handschuhe ist hier keine Arbeit denkbar. Der Auswahl geeigneter Handschuhe kommt daher nicht nur aus bekleidungs -physiologischer Sicht oder aus Behaglichkeits Erwägungen besondere Bedeutung zu sondern insbesondere bei der LSI Fertigung auch als mögliche Kontaminations-Quelle ersten Ranges.

verschiedene Handschuh-Arten im Gebrauch

Es finden in den modernen Reinräumen der LSI-Fertigung fast ausschließlich 2 Arten von Handschuhen Verwendung. Das sind getauchte Handschuhe und Folien Handschuhe. Handschuhe aus Gestricken und Gewirken haben im Reinraum an Einsatzpotential verloren weil die Partikel

der Haut durch das Gewirke hindurchtreten. Bei den getauchten Ausführungen muß man wiederum unterscheiden in säurefeste und Standard-Handschuhe. Die starkwandigen säurefesten Typen sollen jedoch wegen ihres geringen Aufkommens am Gesamt-Volumen in diesem Beitrag nicht untersucht werden.

getauchte Handschuh-Ausführungen

Getauchte Handschuhe werden prinzipiell alle nach dem gleichen Verfahren gefertigt: Eine große Anzahl von Handformen aus Metall oder Keramik, befestigt an langgestreckten Transport-Bändern, durchlaufen eine Reihe von Tanks, welche mit mittelviskosen Flüssigkeiten gefüllt sind. Im ersten Tank befindet sich bei Latex-Handschuhen ein Gerinnungsförderer (welcher bei PVC-Handschuhen wegfallen kann) im zweiten die flüssige Handschuhmasse, im dritten ein Entzugsbad für hautschädliche Chemikalien im geformten Handschuh. Anschließend durchlaufen die Handschuhe auf den Formen einen Vulkanisierunnel und werden dann durch Mitarbeiter mit der Hand von der Form abgezogen. Dieses Abziehen ist nur dann möglich, wenn Handschuh und Form nicht zu stark aneinander haften. Um eine schnelle Entfernung des Handschuhs von der Form sicherzustellen, bedienen sich die Hersteller verschiedener Methoden des Präparierens der Formen. Die Formen werden entweder mit Talkum oder Reismehl, oder was teurer ist, mit Wachs oder mit Silikonöl präpariert. Durch das Präparieren der Formen ergibt sich später außerdem der Vorteil des leichteren Überstreifens über die Hand. Obwohl es eine ganze Reihe von geeigneten

Grundmaterialien für die Herstellung von getauchten Arbeits Handschuhen gibt, haben sich in der Praxis nur 2 Arten wirklich durchsetzen können. Das sind PVC-Handschuhe und Latex-Handschuhe. Diese Tatsache steht im Zusammenhang mit dem Masseneinsatz solcher Handschuhe im medizinischen Bereich.

PVC-Handschuhe

PVC ist die Abkürzung für den bekannten Kunststoff Polyvinylchlorid. Dieser Kunststoff gehört zur Gruppe der halogenhaltigen Polymere. Da es sich bei Handschuhen um ein weiches Material handeln muß, werden der plastischen Masse Verarbeitungs Hilfsstoffe hinzugefügt. Die wesentlichen Hilfsmittel sind Weichmacher und Gleitmittel. Bei den Weichmachern handelt es sich um hochsiedende Ester der Phosphorsäure oder Phtalsäure wie z.B. Trichlorethylphosphat. Mittels derer wird das von Natur aus spröde Material biegsam und dehnbar gemacht. Die Weichmacher reduzieren die Wechselwirkungskräfte zwischen den Makromolekülen und setzen damit die Härte der Kunststoffe herab. Sie haben jedoch die nachteilige Neigung zum Ausschwitzen, Ausdünsten und Auswaschen aus dem Kunststoffkörper. Die Oberfläche wird dann leicht klebrig. Als Weichmacher finden zumeist die folgenden Stoffe Einsatz:

DOP	Diocetylphthalat
DITDP	Diisotridecylphthalat
TCF/TKP	Tricresylphosphat

Bei hochwertigen Weichmachern ist das Ausschwitzen, Ausdünsten und Auswaschen nur in reduzierter Form feststellbar. Das macht sich natürlich im Preis des Endproduktes bemerkbar. Für sehr billige Produkte werden den Weichmachern nochmals sog. Extender oder Sekundär-Weichmacher hinzugesetzt. Das sind preisgünstige, schwerflüchtige Flüssigkeiten.

Ein weiteres Hilfsmittel für die Herstellung von PVC sind Gleitmittel.

Diese dienen der Verringerung der Oberflächen-Klebrigkeit der Endprodukte. Sie bestehen zumeist aus mit dem Kunststoff unverträglichen Substanzen, welche sich dann an dessen Oberfläche konzentrieren. Das sind Erdalkalisalze der Fettsäuren oder ausgewählte, hochmolekulare Wachse.

Latex Handschuhe

Latex gehört als Material in die Gruppe der Natur- oder Synthesekautschuke. Aus beiden Materialien werden dünnwandige Handschuhe hergestellt, welche zumeist eine höhere Dehnbarkeit haben als Vinyl Handschuhe. Es gibt verschiedene Arten der Polymerisation von Synthesekautschuk mit unterschiedlichen Hilfsmitteln. Das Endprodukt der Polymerisation ist eine Emulsion. In diese lassen sich die auf ca. 80 Grad Celsius erwärmten Handformteile tauchen wobei an der Oberfläche der Form eine dünne Schicht koaguliert. Zur Erzielung der gewünschten Gebrauchsfestigkeit erfolgt anschließend eine Vulkanisation durch Heißluft, Dampf oder Heißwasser. Zur Vulkanisation werden dem Polymerisat Vulkanisations Hilfsstoffe hinzugegeben. Dazu gehören u.a. Zinkoxyd und Titan-Oxyd oder bei der Vulkanisation von Polychlorbutadien Zinkoxyd und Magnesium Oxyd. Als Vulkanisations Beschleuniger findet außerdem Bleioxyd Anwendung.

Im Wesentlichen ist es wie bei Vinyl-Handschuhen. Weichmacher z.B. niedermolekulares Butadien-Polymerisat werden dem Polymerisat zur Erzielung bestimmter Material-Eigenschaften hinzugefügt.

Es scheint noch relativ schwierig zu sein, ungepuderte Latex Handschuhe zu fertigen, welche sich dennoch leicht über die Hand streifen lassen.

Folien-Handschuhe

Folien-Handschuhe werden durch trennendes Verschweißen von zwei übereinander gelegten Kunststoff-Folien gefertigt. Dabei wird die Form

der menschlichen Hand durch ein beheizbares Metallband nachgebildet. Die Heizung kann durch Gas oder auch elektrisch erfolgen. Beim Berühren der Kunststoff Folien durch die erhitzte Metallband Form kommt es unter etwas Druck zum Austrennen des Handschuhs aus dem die Form umgebenden Folien-Material bei gleichzeitigem Verschweißen der Folienränder.

Der Fertigungs-Prozess erfordert Werkzeuge von höchster Präzision und eine extrem genaue Temperaturführung, wenn Undichtigkeiten an den Schweißnähten vermieden werden sollen. Dies gilt insbesondere für Rotations-Folien-Schweißmaschinen .

Als Folienmaterial finden zumeist Polyethylen und die Copolymere des Ethylens Verwendung. Für spezielle Einsatzzwecke werden die verschiedensten Folien zu Handschuhen verarbeitet.

Folien-Handschuhe haben im Vergleich mit getauchten Handschuhen im Hinblick auf die mögliche ionische Kontamination mehrere Vorteile:

Folien-Handschuhe werden im modernen und überwachten Fertigungs-Prozess automatisch abgelegt und gelangen somit nicht in die Hand von Fertigungs-Personal mit evtl. verschwitzten Händen. Im Handschweiß befinden sich erfahrungsgemäß Natrium-Ionen.

Folien-Handschuhe passen sich der Handform nicht in der gleichen Weise an wie getauchte Handschuhe. Das hat den Vorteil eines ungleich höheren Rauminhalts von Verdampfungs-Räumen in welche die Transpiration der Hand kurzzeitig verdampfen kann. Das wiederum erhöht die Arbeits-Behaglichkeit.

Kunststoff-Folien lassen sich relativ leicht mit Prägerastern versehen. Solche Prägeraster können für ver-

schiedene Einsatzfälle konzipiert werden. Prägeraster mit nach außen hin rauhen Rasterpunkten erhöhen die Griffsicherheit für Miniatur-Gegenstände. Prägeraster mit auf der Haut anliegenden rauhen Rasterpunkten verursachen weniger Schwitz-Gefühl und steigern die Behaglichkeit.

Besonders ausgeklügelte Prägeraster-Anordnungen können außerdem die elektrostatische Aufladung der Handschuhe vermindern, ohne daß der Folie Antistatik-Zusätze beigemischt werden müssen, welche möglicherweise zur ionischen Kontamination beitragen.

Folien-Handschuhe lassen sich bei Verwendung guter, ausgesuchter Folien vollkommen ohne Mikroporositäten fertigen durch welche wiederum Handschweiß oder Partikel nach außen dringen könnten. Das ist bei getauchten Handschuhen ein großes Problem.

Folien-Handschuhe liegen preislich weit unter dem Preisniveau von getauchten Handschuhen. Hochwertige Folienhandschuhe liegen im Preis z. T. bei etwa 50 % verglichen mit den getauchten Ausführungen und für Billigprodukte aus Fernost-Ländern liegt der Preis bei etwa 10 %.

Diese sind naturgemäß wegen der Unwägbarkeiten und der Unkontrollierbarkeit der zur Kontamination beitragenden Inhaltsstoffe für eine LSI-Fertigung ein viel zu großer Risikofaktor im Vergleich zur möglichen Ersparnis.

den feinsten Tastsinn ankommt ungeeignet. Auch hier jedoch arbeitet man an einer Verbesserung der Dehnbarkeit des Folienmaterials. Dieser Nachteil steht jedoch nicht im unmittelbaren Zusammenhang mit der ionischen Kontamination und deshalb soll er hier nicht weiter erörtert werden.

Schwachstellen bei allen Arten von Folien-Handschuhen sind die kleinen, oberen Rundungen der 3 Finger-Zwischenräume. Durch die Wärmeverteilung im beheizten Werkzeug, welche bei engen Kurven anders ist als bei langgestreckten Abschnitten kommt es an diesen Stellen zwar sehr selten aber immer wieder einmal zu Schweißnähten mit ungenügender Festigkeit. Die Schweißnaht reißt dann an diesen Stellen bei entsprechender Arbeitsbelastung.

PE-Handschuhe

Polyethylen ist ein langkettiges Paraffin mit geringster Wasseraufnahme, geringer Quellung in polaren Lösungsmitteln und relativ hoher Kristallinität. Es läßt sich relativ leicht zu Folien verarbeiten, welche je nach Polymerisation in ihrer Dichte zwischen 0,91...0,97 variieren und von weicher bis zäher Beschaffenheit sein können.

Einer der großen Vorteile von PE für die Handschuh-Verarbeitung liegt im Hinblick auf die ionische Kontamination in der Tatsache begründet, daß PE bereits als Grundsubstanz keine Alkali-, Halogen- oder Schwermetallionen enthält und außerdem bei der Polymerisation so weich eingestellt werden kann, daß es zur Erzielung

dieser Eigenschaft nicht des Zusatzes von Weichmachern bedarf, welche evtl. als Ionenbildner fungieren könnten.

PE ist außerdem ideal zu entsorgen weil seine Bestandteile bei der Verbrennung in Wasser und Kohlendioxid übergehen. Das Material ist außerdem noch im hohen Maße grundwasserfreundlich.

Aufgrund der erzielbaren innigen Schweißnaht Verbindungen von PE Folien lassen sich beim Einsatz hochwertiger Folien Schweißmaschinen und besten Folienmaterials PE-Folienhandschuhe so verschweißen, daß in der Zerreißprüfung an den langgestreckten Kanten das Folienmaterial sogar vor der Schweißnaht reißt.

Urethan-spunbond-Handschuhe

Eine neue und beachtenswerte Entwicklung hat im Bereich der Folien-Handschuhe stattgefunden. Seit kurzer Zeit gibt es ein thermoplastisches Polyurethan-Elastomer-Vlies, welches Urethan-Spunbond genannt wird. Dieses Vlies Material besteht aus elastischen Filamenten und läßt sich an seinen Kanten auf die gleiche Weise verschweißen wie eine Folie. Es ist zudem durchlässig für die feuchte Wärme der Hand. Da die Filamente untereinander thermofixiert sind und die Fabrikation dieses Vliesstoffs ohne ionisierende Zusätze auskommt, wäre es ein ideales Material für die Herstellung von Reinraum Handschuhen. Leider ist jedoch der Filtrationseffekt für Partikel bisher noch auf Partikel in der Größenordnung von 5µ beschränkt. Das Material hat folgende Trapping Werte:

Es gibt jedoch auch Nachteile der Folien-Handschuhe gegenüber getauchten Handschuhen.

Das ist insbesondere die etwas verringerte Material-Anlage bzw. Umschließung der Fingerkuppen. Dieses Phänomen macht Folien-Handschuhe für einige Arbeiten ohne Werkzeug bei denen es auf

Partikelgröße in Mikron	Partikel vor Filter	Partikel nach Filter	Trapping in %
0,3	70362	49872	29,1
0,5	7014	4562	35,0
1,0	652	322	50,6
2,0	177	40	77,4
5,0	23	1	95,7

Tabelle 1

Für moderne VLSI Reinräume wird jedoch ein Trapping von 95,7 % bei Partikelgrößen von 0,1 µ benötigt. Wenn es möglich sein wird, solche Werte zu erreichen und die Ausdünnung der Hand über die arbeitsabgewandte Seite entweichen zu lassen, wird diese Technologie wegen der mit ihrer Hilfe erzielbaren Behaglichkeit sicher eine willkommene Aufnahme in der Praxis finden.

Handschuhe aus mikroporösen Folien

Von einem amerikanischen Hersteller mikroporöser Folien wurden in den vergangenen Jahren verschiedentlich Versuche gemacht, Handschuhe aus gereckter Teflon Folie zu fertigen. Das Material ist wasserdampfdurchlässig und hat sich im Bereich Sportkleidung bewährt. Bisher jedoch schien die Verschweißung der Folien Probleme aufzuwerfen und so ist es noch nicht zu einer Einführung in den Markt gekommen. Ein Nachteil der bisher bekannten mikroporösen Folien ist ihre begrenzte Elastizität.

Es mag sich auch in der Zukunft zeigen, daß die Behaglichkeits-Komponente Ableitung der Handfeuchtigkeit unzulässige ionische Kontamination mit sich bringt. Darüber muß man mehr Material sammeln, bevor sich ein abschließendes Urteil bilden läßt.

Ursachen der Kontamination und deren Beseitigung

die Ursachen der ionischen Kontamination durch Reinraum-Handschuhe liegen bei den PVC-Handschuhen im Ausgangsmaterial begründet, welches prinzipiell ionogen ist. Mögliche Verfahrensänderungen oder zusätzliche Verfahrensschritte zur Verminderung oder Beseitigung dieser Kontamination sind dem Verfasser z. Zt. nicht bekannt. Dieses Gebiet soll jedoch Gegenstand weiterer Arbeiten sein.

Ionische Kontamination durch PE-Folien-Handschuhe entsteht durch den während des Fertigungsverfahrens oder der nachfolgenden Schritte

bis zur Verpackung kontaminierten Handschuh. Der Handschuh selbst funktioniert nur als Ionen-Carrier. Abhilfe kann leicht durch entsprechende Fertigungs Überwachung herbeigeführt werden.

Meßverfahren und Daten

die nachfolgenden Vergleichsmessungen wurden für die Anionen ionenchromatographisch und für die Kationen mit Hilfe der Atom-Absorptions-Spektrophotometrie unter

Reinstraumbedingungen von Klasse 10 durchgeführt. Meßwerte in Nano-gramm / 100 ml DI-Wasser (1 ppm= 100 ng/100 ml)

Zur Messung wurden ungepuderte Standard PVC-Handschuhe für die Zeitdauer von 60 Sekunden in einen Teflonbecher mit 100 ml DI-Wasser bei einer Temperatur von +20 Grad Celsius getaucht. Nach Entnahme wurde das DI-Wasser auf ionische Kontamination hin untersucht.

	PVC-Handschuhe	PE-Handschuhe
KATIONEN		
Natrium	4000	250
Kalium	-	-
Calcium	-	-
Magnesium	-	-
Eisen	-	-
Aluminium	-	-
Kupfer	-	-
ANIONEN		
Chlorid	20000	-
Nitrat	400	100
Sulfat	13000	500
Phosphor	700	-

Tabelle 2

Anmerkung: Es handelt sich bei diesen Messungen nur um die Handschuhe eines einzigen Herstellers. Eine ganze Testserie müßte mit verschiedenen Fabrikaten durchgeführt werden, wenn man zu verbindlichen, endgültigen Aussagen kommen will.

Auswirkungen

die Meßwerte unterstreichen hier, was man nach Studium der Prozesstechnik bereits absehen konnte. Erheblich höhere ionische Kontamination bei den PVC-Handschuhen als bei den PE-Folienhandschuhen. Da das Verhältnis von 1:40 bereits bei der relativ kurzen Tauchzeit von 30 s doch gravierend ist, wurde in einigen dem Verfasser bekannten Fällen der weitere Einsatz von PVC-Handschuhen in der LSI-Fertigung untersagt.

Zusammenfassung Handschuhe

Aufgrund der beschriebenen Sachverhalte kann man feststellen, daß es Anhaltspunkte dafür gibt, daß der Einsatz von Standard-PVC-Handschuhen bei der LSI-Produktion zur Reduzierung der Fertigung-Ausbeute beitragen kann, weil das Produkt prinzipiell ionogen ist. Es bedarf jedoch weiterer Meßreihen, um diesen Verdacht zu erhärten.

Einwandfreien und preisgünstigen Ersatz bieten Folienhandschuhe aus spezieller, ionenarmer Polyethylenfolie mit besonders eingestellter Kristallinität und somit Schmierfreiheit bei minimalen elektrostatischen Eigenschaften.

Zukunftsweisende Entwicklungen wie Urethan-Spunbond- und Mikroporen-

Handschuhe aus gerecktem Polyetrafluorethylen konnten sich bisher wegen einiger noch nicht ausgereifter technischer Eigenschaften einerseits und wegen des bisher relativ hohen Preises nicht auf breiter Basis durchsetzen.

Weitere Forschungen im Hinblick auf die zu verbessernde Behaglichkeit sollten unbedingt die Komponente ionische Kontamination mit einschließen.

Reinraum-Wischtücher

Nach den Reinraum-Handschuhen sind es die Reinraum-Wischtücher, welche eine mögliche Quelle ionischer Kontamination sind. Reinraum-Wischtücher werden aus Vliesstoffen konvertiert, welche als breite Bahnware in Spezialbetrieben gefertigt werden. Die Hersteller von Vliesstoffen fertigen ihr Produkt ohne Kopplung an die Bedürfnisse der LSI-Halbleiter-Fertigung. Für eine besonders auf die Bedürfnisse der Reinraum-Industrie abgestimmte Vliesstoff-Produktion ist der Markt viel zu klein. Die technische Auswahl der geeigneten Roh-Vliesstoffe sowie die Konfektionierung und eventuelle Nachbehandlung derselben wird von Spezial-Konverterbetrieben übernommen, welche sich mehr oder weniger auf die verschiedenen Technologien der Reinraum-Betreiber eingearbeitet haben und teilweise hervorragende Arbeit leisten.

Ionische Kontamination durch Reinraum-Wischtücher

Um die ionischen Verunreinigungen welche von Reinraum-Wischtüchern ausgehen, zu verstehen, bedarf es eigentlich keiner Gliederung der Vliesstoffe nach Fertigungs-Technologien. Art und Menge der ionischen Kontamination stehen bei einem Großteil der Vliese nicht wie bei den Reinraum-Handschuhen in direktem Zusammenhang mit den ursprünglichen und unterschiedlichen Fertigungsverfahren.

Die folgenden Vliesstoffe finden Einsatz als Reinraum-Wischtücher:

Cellulose / Polyester-Gemisch-Vliese
Naturfaser-Vliese / Papiere aus Hanf

Polyester-Vliese
Polyurethan-Vliese
Polypropylen-Vliese
Polyamid-Vliese

Die o.a. Vliesstoffe werden nach unterschiedlichen Fertigungsverfahren hergestellt und so unterscheiden sich auch ihre technischen Daten. Für unsere Betrachtung sind jedoch andere Merkmale wichtig.

Die Spinnfaser-Vliese aus synthetischen Polymeren (Polyester, Polyurethan, Polypropylen, Polyamid) sind prinzipiell nicht ionogen - auch im gefertigten Grundzustand nicht. Erst die Nachbehandlung durch die sogenannte Ausrüstung gibt dem Vlies die für den LSI-Reinraumbetrieb unerwünschten, kontaminierenden Eigenschaften.

Die Ausrüstungen haben den Sinn die ursprünglichen Roh-Vliesstoff-Eigenschaften im Sinne einer Reihe von Einsatz-Zwecken der jeweiligen Haupt-Abnehmer-Industrie des Vlies-Herstellers (z. B. Bekleidungs- oder Polster-Branche) zu verbessern. Dabei werden Chemikalien aufgesprüht oder eingetränkt, welche oftmals zur Ionen-Abgabe neigen.

Einige dieser Ausrüstungen seien nachstehend angeführt:

weichmachende Ausrüstung
kationische Amino-Fettsäure-Kondensate

saugfähige Ausrüstung
durch Wiederbenetzer, modifizierte Betaine und auch quartäres Ölsäuretriisopropanolamid, Tenside

Antistatik-Ausrüstung
Phosphorsäure-Ester und polystyromalsaures Natrium

Staubaufnahme-Ausrüstung
Paraffine

wasserabweisende Ausrüstung
Silikone, aluminium- oder zirkonhaltige Paraffin-Emulsionen

Hygiene-Ausrüstung
fungizide und antimykotische Chemikalien

Da alle verschiedenen Arten von Vliesstoffen mit einer beliebigen Ausrüstung versehen sein können, ist es sehr schwierig betreffend die ionische Kontamination zu einer artbezogenen Aussage zu kommen. Man kann also auf dem Gebiet der Vliesstoffe nicht zum Beispiel zu einer eindeutigen Aussage kommen alle Polyamide seien prinzipiell hochgradige Kontaminatoren wie das bei den PVC-Handschuhen eher möglich war.

Bei den Cellulose- oder Naturfaser-Vliesstoffen oder -Papieren kommt ein anderes fertigungstechnisches Moment hinzu. Die zur Vervliesung anstehenden Rohstoffe sind zumeist von brauner bis beiger Farbe. Um eine Bleiche durchzuführen wird in einigen Fällen z.B. Natrium-Hydroxyd eingesetzt. Dies wiederum ist hochgradig ionogen.

In diesem Zusammenhang haben die Amerikaner Hendrickson & Hovatter eine interessante Studie mit 34 Vlies-tuch-Proben gemacht, welche vom Verfasser einer weiteren statistischen Auswertung unterzogen wurde. Aus den Tabellen 3, 4 und 5 geht deutlich hervor, daß es an jeglicher Zuordnungsmöglichkeit fehlt. Die Tabelle 4 zeigt die Prüflinge geordnet nach ansteigendem Natrium-Gehalt und gekennzeichnet nach ihrer Vliesstoff-Gruppen-Zugehörigkeit.

Meßverfahren

Als Meßverfahren für ionische Kontamination mit Kationen bietet sich die Atom-Absorptions-Spektrophotometrie in der Graphitrohr-Technik an. Mit Hilfe dieser Technik sind Spurenanalysen bis in den Absolut Bereich

Tabelle 3 - ionische Kontamination nach Vliesstoffart gegliedert

	Kationen			Anionen					
	Na	Ka	Gruppe	SO4	Cl	PO4	Gruppe	pH	µS
Polyester-Vlies									
Prüfling Nr	1,2	0,03	2	0,4	0,3	0,1	1	7,0	28
2	0,9	0,20	1	0,4	0,1	0,1	1	6,2	53
3	0,9	0,07	1	0,8	0,6	0,1	1	6,1	11
4	0,3	0,03	1	0,4	0,4	0,1	1	6,4	8
5	2,6	0,20	3	1,4	0,8	0,1	2	6,3	8
6	0,4	0,28	1	0,2	0,2	0,1	1	5,8	5
7	0,9	0,22	1	2,1	6,0	0,3	5	7,0	25
8	0,6	0,41	1	0,2	0,3	0,1	1	5,4	7
Baumwoll-Vlies									
9	0,6	0,29	1	0,6	0,3	0,8	1	7,0	15
10	4,4	0,43	5	0,1	3,1	0,1	4	9,8	30
11	5,7	1,18	5	0,8	0,2	1,1	1	3,7	25
12	1,7	0,28	2	0,9	0,8	0,1	1	7,0	24
Cellulose-Vlies									
13	4,4	0,18	5	1,3	1,7	0,4	2	6,9	43
14	3,7	0,20	4	1,5	6,3	0,1	5	6,2	17
15	2,1	0,34	3	1,3	4,5	1,3	5	6,8	32
16	3,9	0,10	4	2,0	3,2	0,8	4	6,0	46
17	1,6	0,06	2	0,6	0,1	0,1	1	6,1	4
Cellulose-Gemisch-Vlies									
18	1,0	0,48	2	1,0	1,8	0,1	2	5,9	34
19	1,1	0,54	2	2,1	1,9	0,1	3	6,8	19
20	1,1	0,02	2	0,4	1,3	0,1	2	5,8	5
21	0,9	0,23	1	1,2	1,5	0,1	2	6,3	34
22	1,2	0,50	2	1,2	2,3	0,1	3	6,7	15
Naturfaser-Vlies									
23	1,2	0,11	2	1,5	1,2	0,1	2	4,9	14
24	1,7	0,16	2	3,0	0,3	0,1	3	5,4	42
25	2,3	0,15	3	1,8	0,8	0,1	2	5,4	20
Polyamid-Vlies									
26	10,8	0,07	5	3,4	10,7	1,6	5	9,6	78
27	28,8	0,37	5	1,3	1,6	0,5	3	3,8	340
28	1,2	1,36	2	0,2	0,8	0,4	1	6,9	11
29	11,3	0,20	5	4,9	0,7	0,4	5	3,7	145
Polyurethan-Vlies									
30	1,6	0,03	2	1,2	1,3	0,1	2	6,7	9
31	2,5	0,03	3	0,1	2,0	0,1	2	7,8	6
32	2,4	0,04	3	1,9	0,5	0,1	2	7,3	7
Polypropylen-Vlies									
33	1,8	0,05	2	0,8	0,9	0,1	1	6,7	17
34	0,6	0,03	1	0,6	1,5	0,1	2	5,1	4

alle Werte in ppm/100cm Vliesstoff. Prüflinge in 150ml Reinstwasser über 6 Stunden bei leichter Bewegung im Reinstraum. Kationen mit AAS, Anionen mit Ionen-Chromatographie. 34 Prüflinge von 13 verschiedenen Lieferanten. (Hendrickson & Hovatter, Lockheed USA)

Gruppe	Kationen in ppm (nur Natrium)	Anionen in ppm (eines von allen)
1	<1	<1
2	1...2	1...2
3	2...3	2...3
4	3...4	3...4
5	>4	>4

Tabelle 3

von einigen Picogramm möglich. Die Einrichtung und das Betreiben einer solchen Anlage ist jedoch nicht allen mit der Herstellung, Lieferung und Verpackung von LSI Reinraumprodukten befaßten Stellen zuzumuten. Die Anlage kostet min ca 80 000.- DM und für das Betreiben ist ein mittelmäßig ausgestatteter Reinraum notwendig.

Es wäre zu prüfen, ob sich mit Hilfe der Leitfähigkeits- oder pH-Meßmethoden für die Praxis ähnlich wertvolle Ergebnisse erzielen lassen. In Tabelle 3 sind bei allen angeführten Meßergebnissen der Anionen mittels AAS und Kationen mittels Ionen-Chromatographie auch der gemessene pH Wert und die Leitfähigkeit angeführt. Es bleibt abzuwarten, ob eine sinnvolle Korrelation zwischen den Werten herstellbar ist. Das würde für die Praxis von großem Wert sein weil für diesen Fall preiswerte on-line Messungen während der Produktion und Qualitätskontrolle möglich würden.

Auswirkungen

Die beschriebene Situation führt zu einer Unsicherheit am Einsatzort der Wischtücher. Einige Hersteller geben zwar in ihren Technischen Unterlagen Kenndaten für Ionische Belastung der Wischtücher an. Diese Werte dürften jedoch in vielen Fällen nicht den Tatsachen entsprechen, weil diese Art der Kontamination großen Schwankungen aus verschiedensten Herkunftsrichtungen unterworfen sein kann und der Konverter-Betrieb die Rohmaterialien nicht nach einem maximalen kationischen Spurengehalt bestellen kann. Er hat also gemeinhin bei evtl. hohen Kontaminationswerten einer Charge keine Rückgabemöglichkeit an den Hersteller. Außerdem gibt es noch eine große Anzahl von weiteren wichtigen Parametern bei einem Reinraum-Wischtuch zu beachten, wie z. B. Partikelaustritt, denen manche Reinraum-Ingenieure den Vorzug geben.

Zusammenfassung

Eine sachgerechte Auswahl von Reinraum-Wischtüchern mit kontinuierlich minimaler ionischer Kontaminationstendenz ist nur bei genau geführten Meßreihen möglich aufgrund von Langzeit-Erfahrungen mit bestimmten Spezial-Konverter-Betrieben und wenn diese mehr oder weniger zufällig auf einen Vliesstoff-Hersteller gestoßen sind, der unter Ansehung aller Fertigungskriterien und Zusatzstoffe, ständig eine kontaminationsarme Rohmaterial-Qualität liefert.

Die Erweiterung des Wissens um die maximal tolerierbaren Kontaminationswerte seitens der Reinraum-Betreiber ist notwendig. Eine Erweiterung der Meßmethoden in Richtung Schnellmessung ohne übertrieben aufwendige Genauigkeits-Anforderungen sollte das nächste Ziel sein.

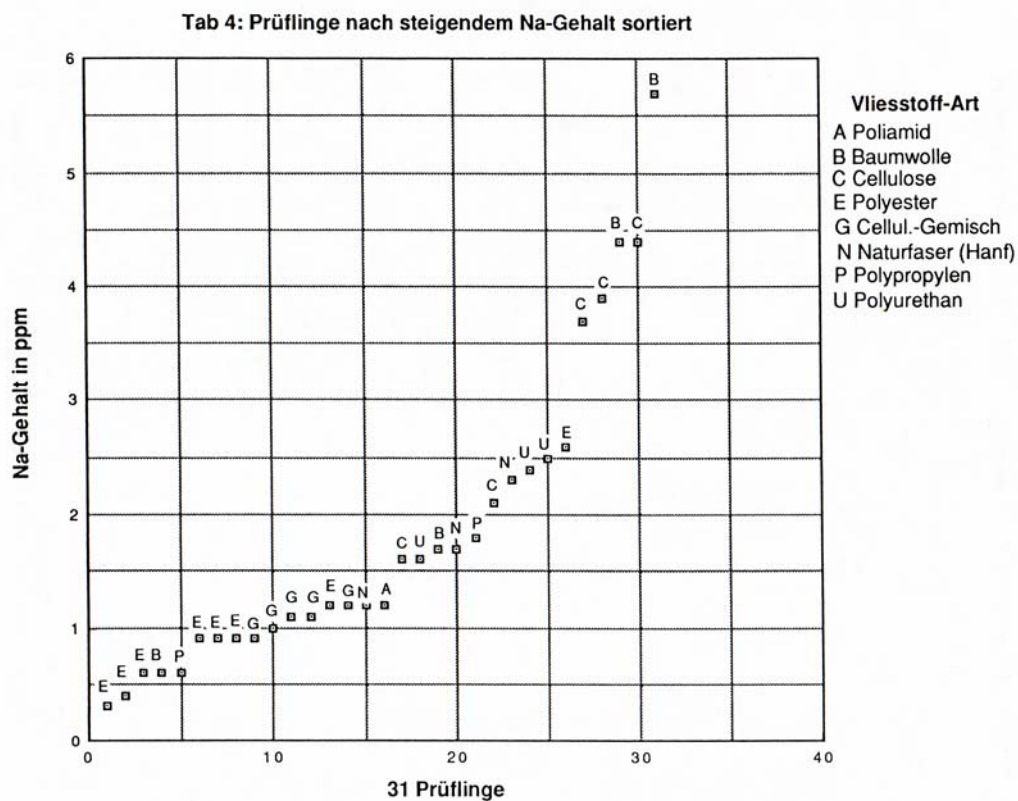


Tabelle 4

Tab 5 - Statistik Na-Gehalt: 34 Reinraum - Wischtücher nach Vliesstoff-Gruppen

Art	Anz	min	max	Ber	Med	Mittel	St Fehl	Varianz	St Abw	Var Koe
alle Prüflinge	34	0,3	28,8	28,5	1,6	3,16	0,89	27	5,2	164,49
Polyester	8	0,3	2,6	2,3	0,9	0,98	0,25	0,52	0,72	73,91
Baumwolle	4	0,6	5,7	5,1	3,05	3,1	1,18	5,55	2,36	76,02
Cellulose rein	5	1,6	4,4	2,8	3,7	3,14	0,54	1,48	1,22	38,78
Cellulose-Gemisch	5	0,9	1,2	0,3	1,1	1,06	0,05	0,01	0,11	10,76
Naturfaser (Hanf)	3	1,2	2,3	1,1	1,7	1,73	0,32	0,3	0,55	31,77
Poliamid	4	1,2	28,8	27,6	11,05	13,02	5,75	132,2	11,5	88,28
Polyurethan	3	1,6	2,5	0,9	2,4	2,17	0,28	0,24	0,49	22,77

Tabelle 5