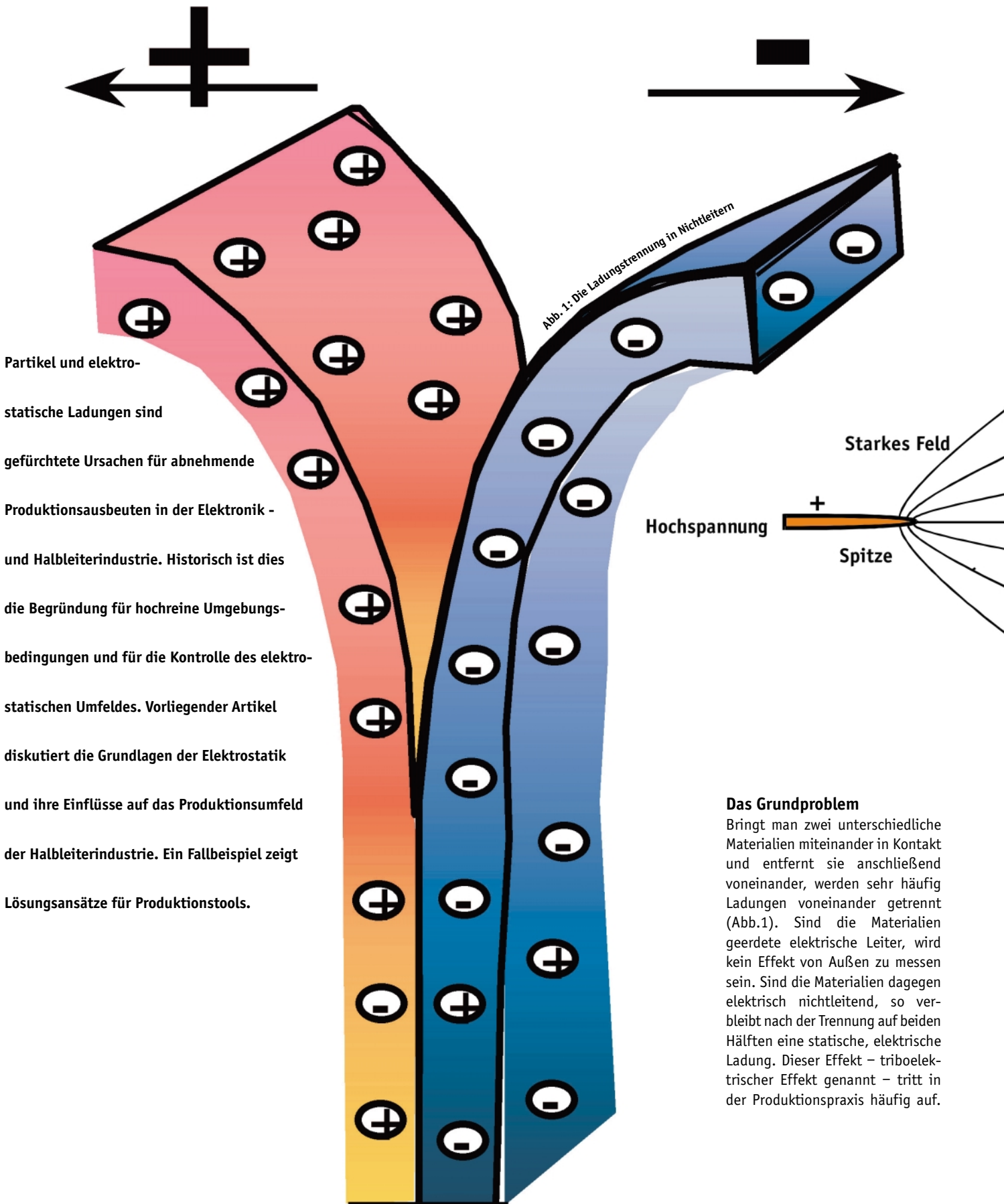


ESD-Management in Produktionstools



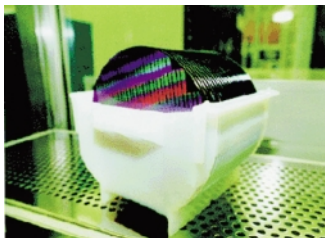


Abb. 2: Grundszenario für Ladungstrennung: SiO₂ Wafer in Teflonlager

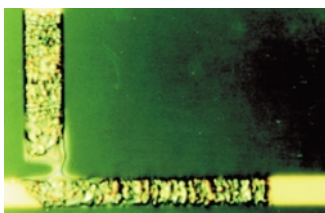


Abb. 3: Strukturzerstörung an Photomaske durch ESD Ereignis

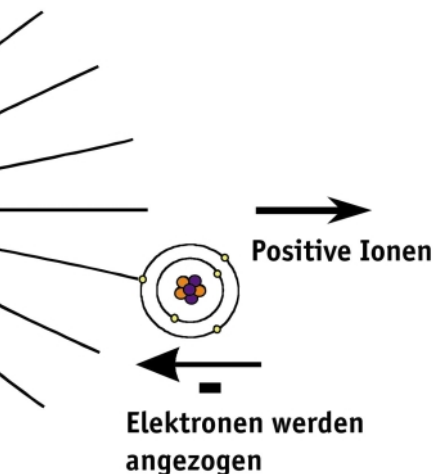


Abb. 4: Bildung von Ionen an elektrisch geladener Spitze

Werden beispielsweise SiO₂ Wafer in Teflonboxen gelagert, liegt bereits das oben beschriebene Szenario vor. Nach Entfernen eines Wafers aus dem Teflonlager werden mit Sicherheit Ladungen getrennt. Da beide Materialien als Nichtleiter nicht zu erden sind, wird nach dem Entfernen von Wafern eine verbleibende Spannung im Kilovoltbereich zu messen sein. Ähnliche Effekte treten auf beim Reinigen von Wafern (hochreines, nichtleitendes Wasser strömt am SiO₂ Wafer vorbei), bei Routine- reinigungen mit Tüchern und vielen anderen Prozessschritten im Reinraum auf.

Die Störeffekte

Sehr häufig generieren die beschriebenen Mechanismen im Produktionsumfeld hohe elektrostatische Felder (mit Feldstärken im Bereich von einigen kV/cm). Drei Folgeeffekte haben dann einen negativen Einfluss auf Produkt und Produktion.

Zunächst werden durch die Linien des elektrischen Feldes Partikel angezogen. Diese Partikel können beschleunigt werden und sich an der Produktoberfläche absetzen. Dieser geschilderte Effekt arbeitet gegen das Reinraumprinzip an und verschlechtert scheinbar die Reinraumklasse lokal an der Produkt- oberfläche. Prinzipiell kann durch eine Optimierung des reinen Raumes diesem Effekt entgegen- gewirkt werden.

Haben sich Baugruppen erst einmal elektrostatisch aufgeladen, ist es häufig nur eine Frage von Zeit und Höhe der Aufladung, bis eine Funkenentladung einsetzt. Dieses Ereignis wird ESD (Electro Static Discharge) genannt. Im Extremfall können die hohen lokalen Energieumsätze dieses ESD- Events feine Halbleiterstrukturen zerstören und sind Killerereignisse höchster Priorität (Abb. 3).

Über den thermischen und direkt materialschädigenden Effekt hinaus erzeugen ESD-Ereignisse weiterhin elektromagnetische Energie in Form hochfrequenter Radiowellen. Für einen prozesssteuernden Mikroprozessor/Mikrocontroller einer Produktionsanlage stellt sich dieses "zündende" Ereignis als Zusatz- information auf seinen Daten- und Instruktionsleitungen dar. Die unvermeidbare Konsequenz ist ein Equipmentstillstand, verbunden mit Produktionsausfall bis hin zur Fehlsteuerung und daraus resul- tierendem Waferbruch. Also ist ESD auch dann eine Gefahr im Produktionsalltag, wenn das Pro- dukt nicht unmittelbar betroffen ist.

Die Lösungsansätze

Um Partikelanziehung und ESD- Ereignisse zu unterdrücken, gibt es zunächst eine Reihe von sehr pragmatischen und effektiven Lösungsansätzen. Zunächst einmal sind alle elektrisch leitfähigen Komponenten einer Produktions- anlage zu erden. Wenn möglich sind elektrisch nichtleitende Materialien mit dissipativen (Leit- fähigkeit herstellenden) Materia-



Abb. 5: 300mm Sorter von InnoLas

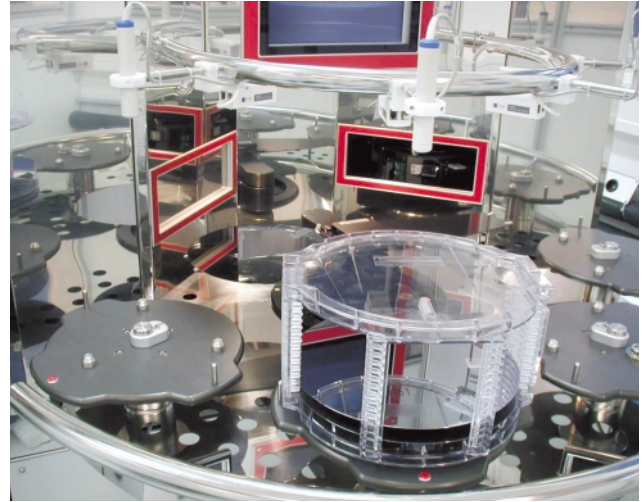


Abb. 6: Quadbar Ionisator von PMT

lien zu überziehen, die wiederum geerdet werden können. Ferner sind – wo immer technisch sinnvoll – leicht aufladbare nichtleitende Materialien wie Teflon, Vinyl oder Plexiglas zu vermeiden. Die Praxis zeigt aber, dass schließlich doch noch eine Vielzahl von elektrostatisch problematischen Materialien in der Halbleiterproduktion verbleibt. Aluminium-Robotersysteme behalten immer noch ihre isolierende Beschichtung, Minienvironments sind nicht ohne Kunststoffwände vorstellbar, Glasfenster und Plexiglasfenster sind nicht aus dem Reinraum zu verbannen, Teflonmaterial ist im Produktionsumfeld nasschemischer Prozesse unverzichtbar und schließ-

lich soll der SiO_2 Wafer selber ja keinesfalls aus dem Reinraum verbannt werden.

Aktives ESD-Mangement - Ionisationsysteme

Selbst wenn alle oben beschriebenen Präventivmaßnahmen durchgeführt werden, verbleiben noch mehr als genug Problembereiche mit starken elektrostatischen Aufladungen. Ab diesem Punkt muss die elektrostatische Aufladung aktiv abgebaut werden – und zwar mittels sogenannter Ionisationsysteme.

Das Funktionsprinzip dieser Ionisatoren lässt sich auf die Bereitstellung hoher Ionenkonzentrationen bei der Bildung eines Plasmas

(an einer elektrisch stark aufgeladenen Emitterspitze) zurückführen. Lädt man eine nadelförmige Elektrode auf ein hohes Spannungsniveau auf, so wird in einer Koronarentladung ein Plasma erzeugt, in dem eine große Anzahl von Ladungsträgern zur Verfügung steht (Abb. 4). Diese Ladungsträger sind nichts anderes als ionisierte Luftmoleküle und prinzipiell dazu geeignet, unerwünschte elektrostatische Felder auf kritischen Produktoberflächen zu eliminieren. Dazu muss lediglich sichergestellt werden, dass diese Ladungen auch wirklich zum Produkt transportiert werden und dass die Polarität der Emitterspitze stetig geändert wird, um in einem betrachteten

Zeitintervall genauso viel positive wie negative Ionen bereitstellen zu können.

Dazu wird beim einfachsten Konstruktionsprinzip ein Gebläse hinter die Ionen-Emitterspitze positioniert, welches dem Ionenstrom eine Richtung vorgibt. Die Emitterspitze wird in diesem einfachsten Fall mit der Netzfrequenz von 50 Hertz umgepolt. Weitere Strategien sind, den vorhandenen Luftstrom im Reinraum oder im Produktionstool als Trägermedium für die Ionen zu benutzen, oder gar das elektrische Feld der Emitterspitze zum Transport heranzuziehen.

Diese recht einfachen Grundprinzipien ergeben daher in der Praxis



Abb. 7: PMT Quadbars in Produktionstool integriert

eine sehr große Zahl von unterschiedlichen baulichen Ausführungen. Zur Detaildiskussion der verschiedenen Konstruktionsprinzipien muss daher auf die Literatur [1] verwiesen werden.

Fallbeispiel

Die bisher allgemein formulierten Grundsätze sollen am Beispiel eines 300 mm Wafer Sortierers erläutert werden. Das InnoLas IL 3000 (Abb. 5) dient zum Sortieren und Beschriften von 300 mm Silizium-Wafern. Durch die vier Be- und Entladestationen und einen 5-Achsen Roboter können bis zu 100 Wafer aus mehreren Chargen in einem Arbeitsvorgang prozessiert werden. Leider wird auch

durch den erheblichen Gewinn an Substratfläche bei 300 mm Wafern deutlich mehr elektrostatische Oberflächenladung generiert als bei kleineren Scheibendurchmessern. Trotzdem nehmen gleichzeitig die Anforderungen an Partikelminimierung, Prozesssicherheit sowie Produktivität und Verfügbarkeit dieser Anlage zu. Dies nicht zuletzt deshalb, weil der Trend hin zu immer mehr Chips auf einem Wafer ständig zunimmt, und damit im Falle eines Produktionsausfalls oder einer Schädigung des Produkts erhebliche Kosten entstehen.

Das unverzichtbare ESD-Management in der IL 3000 wird mit sogenannten Quadbar Ionisatoren

realisiert. Dies sind kleine Ionisationseinrichtungen mit 33 x 33 x 91 mm Kompaktabmessung und lediglich 100 Gramm Gewicht (Abb. 6 und 7), die so konstruiert sind, dass sie sehr nah am Produkt platziert werden können.

Vier hochreine Emitterspitzen erzeugen nicht nur Ionen, sondern formen ein elektrisches Feld mit spezieller Geometrie. Dieses Feld sorgt dafür, dass die produzierten Ionen vom Feld in Richtung Produkt befördert werden. Diese Systeme benötigen weder einen Luftstrom im Produktionstool noch ein integriertes Gebläse zur Ionisation. Das Ionisationssystem ist mit einkristallinen Silizium-Emitterspitzen ausgestattet, was zum einen die Anforderungen für ISO Reinraumklassen 3 (Class 1 nach altem Federal Standard) bei weitem übertrifft und zum anderen, bezüglich des Materials, kompatibel zu den Anforderungen der Halbleiterhersteller ist.

„Entscheidend für uns ist die sehr kompakte Bauform dieser Art von Ionisation, die eine einfache Integration der hocheffizienten Ionisation in das Prozess-Tool erlaubt“, erläutert Andreas Behr, Geschäftsführer bei InnoLas. „Das ist wichtig für unsere anspruchsvollen Kunden aus dem Halbleitergeschäft. Gerade bei 300 mm-Technologien wird immer mehr Wert auf Partikel-Performance und Kontaminationskontrolle gelegt“,

so Andreas Behr. „Entscheidend für den Einstieg in das aktive ESD-Management war auch, dass der Lieferant nicht nur prozessspezifische Ionisationssysteme für Produktionstools anbietet, sondern darüber hinaus ausführliches Consulting durchführt und Gesamtkonzepte zum Thema anbietet“.

Literatur

[1] Themenheft Luftionisation, Selbstverlag PMT

DER AUTOR

Jörg Dressler

PMT Partikel Messtechnik AG
Steinstr. 3/1 · D – 71296 Heimsheim
j.dressler@pmt-ag.com
Tel.: 07033/5374-0 · Fax: 07033/5374-22

INFORMATIONEN Easy Info 202