



Flüssig, überkritisch, gasförmig

Membranpumpen helfen bei der Reinigung von Silizium-Wafern mit überkritischem Kohlenstoffdioxid

Abb. 1: Integrierte Schaltkreise werden aus Silizium-Wafer hergestellt.

Die reinraumtauglichen Membrandosierpumpen mit PTFE-Sandwichmembran von Lewa eignen sich besonders für den Einsatz beim Kohlenstoffdioxid-Reinigungsverfahren für Silizium-Wafer. Dieser Beitrag erläutert die Besonderheiten.

Sauberkeit spielt bei der Produktion von Silizium-Wafern eine essentielle Rolle, um eine ordnungsgemäße Leitfähigkeit und Funktion der daraus produzierten integrierten Schaltkreise (ICs) zu gewährleisten. Dabei muss die Oberflächenrauheit der Wafer in mehreren Arbeitsschritten auf wenige Nanometer reduziert und die Wafer während der Bearbeitungsprozesse gereinigt werden. Das fortschrittliche Reinigungsverfahren mit überkritischem CO_2 (engl. SCCO_2) birgt gegenüber dem früher etablierten Verfahren, der Reinigung im Ultraschallbad mit Wasser und Chemikalien, einige Vorteile, insbesondere im Hinblick auf die Metallpartikelbeseitigung. Diese gestaltete sich bei Nassprozessen schwierig.

Know-how im Handling von Flüssiggasen

Die Membranpumpen von Lewa haben sich in der Halbleiterindustrie für die Wafer-Reinigung mit CO_2 bestens bewährt. Dabei wird das CO_2 in der Prozesskammer der Reinigungsanlage mittels Membranpumpe auf mindestens 75 bar verdichtet und anschließend auf über 35°C erwärmt. Dadurch geht das CO_2 vom flüssigen in

den überkritischen (eng.: supercritical) Zustand über. Lewa verfügt über das notwendige Know-how im Handling von Flüssiggasen und hat mit den Membranpumpen der Serien Ecoflow

sowie Triplex optimal geeignete Pumpentechnik in ihrem Produktprogramm. Das Zertifikat für Reinraumtauglichkeit der Fraunhofer-Gesellschaft (Fraunhofer IPA – Tested Device) bestä-

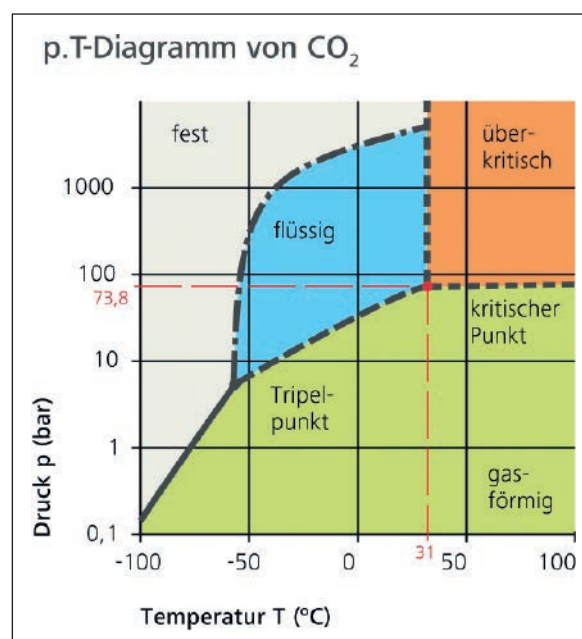


Abb. 2: Durch die Erwärmung auf über 35°C erreicht das CO_2 seinen überkritischen Aggregatzustand, der physikalisch gesehen einen Mix aus gasförmig und flüssig darstellt. In diesem Zustand besitzt es sehr gute Lösungseigenschaften gegenüber bestimmten Verschmutzungen wie Photoresists und darüber liegende Metallschichten.

tigt die Reinraumtauglichkeit der Pumpen nach anerkannten Standards und Richtlinien.

Elektronik-Bausteine wie z.B. integrierte Schaltkreise (kurz ICs) werden aus Silizium-Wafern hergestellt. Es handelt sich dabei um die grundlegenden Komponenten in jedem bildgebenden elektronischen Gerät wie z.B. Laptops, Tablets und Smartphones, Kameras und LCD-Fernseher. Die Produktion der Wafer unterliegt einem komplexen Verfahren, das über 100 Produktionsschritte umfasst und mehrere Wochen dauert. Viele der einzelnen Produktionsschritte werden dabei durch einen Reinigungsvorgang abgeschlossen, der entscheidend für ein qualitativ hochwertiges Ergebnis der unterschiedlichen Fertigungsstufen ist.

In der Vergangenheit – und teilweise heute noch – wurde die Reinigung der Wafer hauptsächlich mittels Ultraschallbad in Wasser oder mit Chemikalien durchgeführt. Dieses Verfahren ist einerseits sehr aufwendig, andererseits sind der hohe Wasserverbrauch und die Entsorgung einer Reihe chemischer Stoffe als Umwelt- und Kostenfaktoren zu nennen. Oftmals ist das Ergebnis der Nassreinigung zudem nicht einwandfrei, während die Reinigung mittels überkritischem CO₂ einige Vorteile für die Halbleiterindustrie mit sich bringt. „Beim Wafer-Cleaning unterliegen das Verfahren wie die eingesetzte Technik einem stetig fortschreitenden Entwicklungsprozess“, erläutert Joachim Bund, Head of Sales Division Process Industry & Downstream bei Lewa. „In der Halbleiterindustrie gibt es zahlreiche namhafte Hersteller, die mittlerweile komplett auf das Kohlenstoffdioxid-Reinigungsverfahren mit Membranpumpe umgestellt haben.“

CO₂-Reinigungsverfahren mit Membranpumpen im Reinraum

Der Leonberger Hersteller produziert reinraumtaugliche Membrandosierpumpen mit PTFE-Sandwichmembran, die für dieses Verfahren besonders geeignet sind. Zuverlässigkeit, absolut saubere, partikelfreie Dosierung, die Möglichkeit zur Inline-Reinigung sowie hohe Dosiergenauigkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse sind essentielle Parameter bei dieser Anwendung. Eine speziell entwickelte Membranbruchsignalisierung bietet zusätzliche Prozesssicherheit.

Die Membranpumpe ist in einem sogenannten „Wafer Cleaning Cabinet“ installiert. In diesem wird das flüssige CO₂ mit der Membranpumpe in der Prozesskammer auf mindestens 75 bar verdichtet, um die entsprechen-

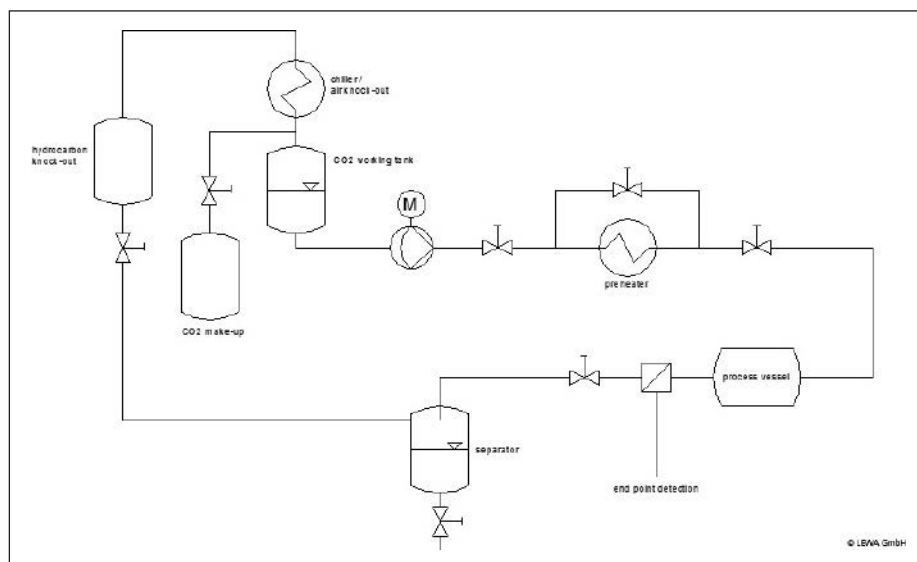


Abb. 3: Die Membranpumpe ist in einem sogenannten „Wafer Cleaning Cabinet“ installiert. In diesem wird das flüssige CO₂ mit der Membranpumpe in der Prozesskammer auf mindestens 75 bar verdichtet, um die entsprechenden Reinigungseigenschaften zu erzielen.

den Reinigungseigenschaften zu erzielen. „In einem nächsten Schritt wird das Kohlenstoffdioxid mittels Wärmetauscher auf über 35 °C erwärmt“, erklärt Product Manager Claudia Schweitzer den Vorgang. Damit erreicht das CO₂ seinen überkritischen Aggregatzustand, der physikalisch gesehen einen Mix aus gasförmig und flüssig darstellt. In diesem Zustand besitzt es sehr gute Lösungseigenschaften gegenüber bestimmten Verschmutzungen wie Photoresists und darüber liegende Metallschichten. Aufgrund der dabei erzielten sehr niedrigen Viskosität dringt das SCCO₂ in die kleinsten Spalten und Strukturen des Wafers ein.

Nach der Reinigung erfolgt eine Umspülung mit reinem CO₂, um sicherzustellen, dass keinerlei Rückstände auf dem Wafer verbleiben. Anschließend wird der Druck im System gesenkt, wodurch das CO₂ sublimiert. Durch diesen direkten Übergang in die Gasphase werden alle Komponenten nach der Reinigung vollständig getrocknet und sind frei von Rückständen und Verunreinigungen. Die Reinigung mit SCCO₂ ist umweltfreundlicher und wirtschaftlicher als herkömmliche Reinigungsverfahren.

Kompressionswärme erfordert zusätzlichen Kühlmantel

Im Bereich der Förderung von Flüssiggasen verfügt Lewa über jahrelange Erfahrungen aus sehr vielseitigen Projekten. Besonders die Entstehung unerwünschter Kompressionswärme spielt bei der Verdichtung von CO₂ und anderen Gasen eine besondere Rolle. „Die Kühlung ist bei Flüssiggasen immer ein zentrales Thema, da bei der Verdichtung im Pumpenkopf Wärme entsteht“, so Bund. „Wenn sich das

Fluid dem Siedepunkt nähert, besteht die Gefahr, dass im Saughub Dampf entsteht. Diesen Effekt beschreibt man auch als Kavitation im Saughub“. Um diesem unerwünschten Prozess vorzubeugen, stattet Lewa seine Pumpenköpfe mit einem zusätzlichen Kühlmantel aus, der die Kavitation bei CO₂ vermeidet. Die Kühlung verbessert darüber hinaus den hydraulischen Wirkungsgrad der Pumpe.

Die Materialauswahl der fluidberührten Teile wird individuell auf den jeweiligen Prozess angepasst. Diese umfasst bspw. die Reduzierung des Anteils an Metallen, die mit dem Fluid in Berührung kommen sowie spezielle Anforderungen an die Oberflächengüte des Pumpenkopfs. Diese individuellen Parameter und Werkstoffdaten werden je nach Anwendungsfall an die vorhandenen Anforderungen des Prozesses angepasst. „Auf diese Weise können wir für jede Reinigungsaufgabe das passende Aggregat konfigurieren“, resümiert Bund.

Die Autorin

Nicole Kochenburger, Lewa

alle Bilder © Lewa

Diesen Beitrag können Sie auch in der Wiley Online Library als pdf lesen und abspeichern:

<https://doi.org/10.1002/citp.202000419>

Kontakt

Lewa GmbH, Leonberg

Nicole Kochenburger · Tel.: +49 7152 140
nicole.kochenburger@lewa.de · www.lewa.de