

Druckluft, nicht nur sauber - sondern rein

Höchstmögliche Qualität, Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit für die Wafer-Produktion



Norbert Barlmeyer

Eine Druckluftversorgung der Superlative - diesen Titel führt zu Recht die Druckluftstation bei Siltronic in Freiberg in Sachsen. Gefordert waren höchstmögliche Druckluftqualität, Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit. Redundante Leistungen und Überwachungen sowie ein ausgeklügeltes Steuerungskonzept ermöglichen auch in Notfällen eine kaum mehr zu überbietende Versorgungssicherheit mit absolut ölfreier Druckluft. Alle wichtigen Komponenten wurden durch Standby-Geräte ergänzt und so ausfallsicher konzipiert, damit ein Fehler in einer Komponente nicht zum sofortigen Ausfall der Station führt.



Autor: N. Barlmeyer betreibt in 33611 Bielefeld ein Pressebüro für Druckluft-Technik

Die Siltronic AG fertigt am Standort Freiberg so genannte Wafer, hauchdünne Scheiben aus Reinstsilicium - optisch entfernt vergleichbar mit einer CD. Sie bilden die Grundlage der modernen Mikroelektronik für Computer, Mobiltelefone, Internet, DVD-Player, Flachdisplays, Navigationssysteme, Airbags, Computertomografen, Flugzeugsteuerungen und vieles mehr. Siltronic ist nicht nur ein weltweit führender Hersteller von Wafern und Partner nahezu aller führenden Chiphersteller. Das Unternehmen hat die Chancen und Perspektiven dieser revolutionären Technik auch frühzeitig erkannt und deshalb rechtzeitig zielgerichtet investiert. Im Juni 2004 wurde ein neuer Werksbereich für die Herstellung von Wafer-Scheiben mit 300 mm Durchmesser in Betrieb genommen. Für ihn wurde auch eine zusätzliche Druckluftstation der Superlative realisiert. Diese maßgeschneiderte Referenzanlage produziert mit drei CompAir-Schraubenkompressoren auf dem aktuellen Stand der Technik absolut öl- und silikonfreie Druckluft mit höchster Reinheit und einer kaum mehr zu überbietenden Versorgungssicherheit.

„Wir benötigen die Druckluft unter anderem zum Reinigen der Wafer und in Reinnräumen, für die Lagerung an hochdrehenden Maschinen, als Steuerluft und als Hilfsenergie für viele Automatisierungsprozesse. Diese Verbraucher versorgen wir über ein Steuerluftnetz mit Höchstdruck 7 bar und

ein Arbeitsluftnetz mit Höchstdruck 8,3 bar. An unsere Druckluft stellen wir allerhöchste Ansprüche“, betont Facility-Manager Uwe Großmann. Die Druckluft muss folgende Kriterien erfüllen:

- sie darf nur maximal drei Partikel pro m^3 enthalten;
- die maximale Partikelgröße darf $0,3 \mu m$ nicht übersteigen;
- sie muss absolut ölfrei sein;
- sie muss absolut trocken sein (Drucktaupunkt $-40 \text{ }^\circ\text{C}$);
- sie muss immer in ausreichender Menge mit einem konstanten Druck von 7 bar bei den Verbrauchern verfügbar sein.

Bei der Planung der neuen Druckluftstation für die Werksweiterung konnte man auf den Erfahrungen aufbauen, die seit 1992 bei der Erzeugung von Druckluft für das Stammwerk in Freiberg, sowohl mit der Firma D & A Energietechnik (Riesa) als Druckluft-Generalunternehmer, als auch mit CompAir als Lieferant von ölfrei verdichtenden Schraubenkompressoren gewonnen wurden. „Unsere ab 1992 realisierte erste Druckluftstation arbeitet auch nach über zwölf Jahren noch immer absolut pro-

An unsere Druckluft stellen wir allerhöchste Ansprüche

blemlos und versorgungssicher“, betont Engineering-Mitarbeiter Thomas Triebe. Jacob Niederberger, Geschäftsführer von D & A und selbst ein alter „Druckluftphane“, rüstet diese ölfrei verdichtenden Schraubenkompressoren von CompAir wegen ihrer hohen Zuverlässigkeit und langen Lebensdauer seit vielen Jahren in den verschiedensten Industriezweigen erfolgreich um.

Für die erste Station 1991 zur Deckung des Anfangsbedarfs von etwa $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ hatte D & A ursprünglich zwei drehzahlge-regelte, ölfrei verdichtende CompAir-Schraubenkompressoren mit Frequenzumrichter vorgeschlagen (Typ 6507, Volumenstrom je $1000 \text{ m}^3/\text{h}$). Aus Kostengründen wurde jedoch nur eine drehzahlgeregelte Hauptanlage und eine zweite nicht drehzahlgeregelte Reserveanlage als 100-%ige Redundanz gekauft, die bei einem Bedarf über $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ auch als Grundlast-Anlage zusammen mit der drehzahlgeregelten Anlage als Spitzenlast-Maschine gefahren werden sollte. Dieses Konzept führte bei einem

Bedarf zwischen 1000 und 1500 m³/h jedoch zu regelungstechnischen Problemen, weil diese drehzahlgeregelten Anlagen konstruktionsbedingt nur zwischen 50 und 100% betrieben werden können. Deshalb wurde die Anlage mit „fester“ Drehzahl nachträglich durch einen zusätzlichen Frequenzumrichter umgerüstet. Außerdem wurden die ursprünglichen CompAir-Steuerungen durch die Siemens-Steuerung S5 ersetzt. Auf Grund der positiven Erfahrungen wurde 1998 ein dritter, baugleicher CompAir-Kompressor installiert, diesmal sofort drehzahl geregelt. Eine vierte CompAir-Anlage folgte 2003, allerdings mit einem mehr als doppelt so großen Volumenstrom von 2400 m³/h (Typ S 250-10W).

Aus Erfahrung gut

„Wir haben mit D & A als Generalunternehmer für die Druckluftherzeugung und mit CompAir als Hersteller der Kompressoren seit 1992 sehr erfolgreich zusammengearbeitet. Deshalb haben wir uns für die neue Druckluftstation in unserer Werkserweiterung zu einer Fortsetzung dieser bewährten Zusammenarbeit entschieden“, betont Uwe Großmann. Die neue Druckluftstation besteht in der ersten Ausbaustufe aus drei zweistufigen, ölfrei verdichtenden CompAir-Schraubenkompressoren (Typ D 250 RS, Nennleistung 300 kW, Leistungsaufnahme maximal 282 kW). Diese ursprünglich nicht drehzahlgeregelten Anlagen des CompAir-Programms wurden in enger Zusammenarbeit zwischen D & A Energietechnik und CompAir kunden- und einsatzspezifisch zu drehzahlgeregelten Anlagen optimiert. Die Station soll später parallel zum Ausbau der Werkskapazität auf fünf Anlagen erweitert werden. Alle übrigen Komponenten sind bereits für die Endausbaustufe ausgelegt. Alle drei Kompressoren verfügen über eigene integrierte Steuerungen S7-300 zur Überwachung aller wichtigen Parameter, die über ein Profibus-DP-Bussystem mit einer übergeordneten Steuerung verbunden sind. Bei deren Ausfall werden die Kompressoren über die integrierte Steuerung der Einzelanlagen gefahren. Alle drei Maschinen können über Frequenzumrichter sehr feinfühlig und wirtschaftlich ohne Leerlaufzeiten im Bereich von jeweils 958 bis 2179 m³/h an den schwankenden Bedarf angepasst werden. Die Umrichter erhalten ihre Frequenz-Sollwerte durch die übergeordnete Steuerung (in Sonderfällen durch die anlageninterne Steuerung).

Zunächst startet ein Kompressor. Bei einem Bedarf über 2179 m³/h wird die zweite Anlage aktiviert. Dann fahren beide Anlagen drehzahlparallel mit gleicher Liefermenge. Die dritte drehzahl geregelte Anlage wird als Reserve vorgehalten. Über die Masterstation erfolgt ein automatischer Grundlastwechsel. Für höchstmögliche Sicherheit und Wirtschaftlichkeit wird der

Siltronic ist Partner nahezu aller führenden Chiphersteller



Druckluftstation für die Wafer-Produktion bei Siltronic in Freiberg in Sachsen, im Vordergrund die Freiflächen für zwei weitere Kompressoren



Die Drehzahl der drei ölfrei verdichtende CompAir-Schraubenkompressoren wird über Frequenzumrichter geregelt



Höchstdruck der Station nicht am Eintritt in das Netz, sondern über den Durchschnittswert von zwei Messpunkten bei den Verbrauchern ermittelt (ein dritter Messpunkt ist redundant). Die Station wird im Normalfall mit einem engen Druckband nahe 8,5 bar gefahren, um Druckverluste im Netz auszugleichen. Die wassergekühlten Anlagen werden über einen offenen Kreislauf zurück gekühlt. Die Zuluft wird ganzjährig jedem Kompressor in getrennten, gegen Kondenswasserbildung isolierten Kanälen von draußen zugeführt. D & A hat die Gesamtstation bis auf den Kühlwasserbereich geplant und installiert und führt den Service durch. Das Rohrleitungssystem wurde in Zusammenarbeit mit dem Gas-Lieferanten realisiert.

Sorgfältige Aufbereitung

Für die Trocknung der von den Kompressoren gelieferten, feuchtigkeits-gesättigten Druckluft wurden zwei warmregenerierende Adsorptionstrockner mit extern erhitzter Ventilatorluft installiert (Drucktaupunkt -40 °C). Jeder Einzelrockner kann die Gesamtmenge von fünf Kompressoren der Endausbaustufe trocknen. Ein Trockner ist jeweils aktiv, während die zweite Anlage im Standby vorgehalten wird. Beide Anlagen können aber auch parallel gefahren werden. Ein Vorfilter und ein Nachfilter (mit Differenzdruckanzeige, Schwellwertüberwachung und Umgehungsleitung) filtern Staub, Schmutz und Trockenmittelabrieb aus der Druckluft aus. Taupunkt-Messgeräte hinter



Zwei extern warmregenerierende Adsorptionstrockner mit Vor- und Nachfilter, Differenzdruckanzeige, Schwellwertüberwachung und Umgebungsleitung

jedem Trockner und im Netz vor den Verbrauchern sorgen für höchstmögliche Sicherheit.

Reserve bei kurzem Stromausfall

Für eine höchstmögliche Versorgungssicherheit wird die getrocknete Druckluft zunächst in einem 10-m³-Behälter mit 8,3 bar gespeichert. In zwei weiteren 10-m³-Behältern wird Druckluft mit Höchstdruck 16 bar, die von einem kleinen ölfrei verdichtenden Kolbenkompressor nachverdichtet wurde, als Reserve bevorratet. Mit dieser zusätzlichen, höherverdichteten Reservemenge können Stromunterbrechungen bei der Druckluftzeugung von maximal 2 s überbrückt werden, um das Risiko von Kompressor-Abstellungen z. B. durch Blitzschlag oder bei externen Schaltvorgängen im Versorgungsnetz zu überbrücken. In dieser „Stromlücke“ speisen die zwei 16-bar-Behälter sofort druckreduziert in das Produktionsluft-Netz (Höchstdruck 7 bar beim Verbraucher) ein. Mit dem Wiederbeginn der Stromversorgung startet sofort der Reserve-Kompressor, da sich die abgeschalteten Kompressoren noch in der etwa 7 s dauernden Auslaufphase befinden. Danach startet bedarfsabhängig zusätzlich zum bereits aktiven Reserve-Kompressor der über die Grundlast-Wechselschaltung aktivierte Grundlastkompressor, die als „Notkompressor“ zunächst gestartete Reserve-Anlage wechselt dann wieder in den Stand-by-Zustand. Für eine höchstmögliche Versorgungssicherheit z. B. während einer TÜV-Prüfung können die Aufgaben dieser drei Behälter (Druck 8,3 oder 16 bar) gewechselt werden.

Die etwa 35 °C warme Druckluft wird in einem wassergekühlten Nachkühler auf 22 °C (± 2 °C) zurück gekühlt und passiert dann einen von zwei redundanten Feinstfiltern. Feuchtigkeitssensoren in diesen Filtern erkennen eine Leckage im vorgeschalteten wassergekühlten Wärmetauscher und informieren sofort die übergeordnete Steuerung, die dann auf den redundanten Filter umschaltet und die Kühlwasser-Zufuhr in den Wärmetauscher stoppt. Wenn im bisher red-

undanten Filter ebenfalls Feuchtigkeit gemeldet wird, schaltet die Station sofort ab.

Notversorgung in Extremsituationen

Der neue Werksabschnitt wird über ein Allgemeinluft-Netz (Höchstdruck 8,3 bar) und Steuerluft-Netz (Höchstdruck 7 bar) getrennt versorgt. Bei einem längeren Stromausfall (mehr als 2 s) erhält der Master-Kompressor sofort ein so genanntes Notstrom-Signal. Der Druckluft-Eintritt in das Allgemeinluft-Netz wird sofort geschlossen. Außerdem werden die zwei Trockner abgeschaltet, da sie die Druckluft auch ohne Regeneration noch bis zu 36 Stunden trocknen können. Der für das ordnungsgemäße Abfahren der wichtigsten Produktionsvorgänge erforderliche Druckluftbedarf von 1400 m³ wird sofort aus den zwei 16-bar-Behältern entnommen und über zwei redundante Druckminderventile mit einem auf 7 bar reduzierten Druck ausschließlich in das Produktionsluft-Netz eingespeist. Nach 30 s liefert außerdem ein inzwischen aktiviertes Notstromaggregat wieder Strom - allerdings nur für einen Kompressor, der dann mit reduzierter Liefermenge den planmäßigen Abfahrvorgang im 7-bar-Bereich sicherstellt. Sobald die Stromversorgung wieder durch das EVU erfolgt, schaltet die Station wieder auf Nor-

malbetrieb um.

„Dieses Gesamtkonzept konnte nur in langjähriger Zusammenarbeit zwischen Siltronic, D & A und CompAir entstehen. Wir haben uns von Anfang an darauf spezialisiert, Standardkomponenten - und hier nicht nur Kompressoren - auf die Bedürfnisse der Betreiber umzurüsten. In enger Zusammenarbeit mit der Elektronik-Industrie haben wir wirtschaftliche und versorgungssichere übergeordnete Steuerungen entwickelt, die eine nahtlose Einbindung in die Leitsysteme der Betreiber erlauben“, betont Jakob Niederberger von D & A Energietechnik. „Schon bei der Realisierung der ersten Station seit 1991 haben wir durch die sehr enge Zusammenarbeit mit den Betreibern viele Erfahrungen gesammelt, die wir bei der zweiten Station einbringen konnten.“

Eine vollautomatische Druckluftstation muss in jeder Situation eine ausreichende Versorgungssicherheit gewährleisten

Außerdem kennen wir als Spezialisten die Anforderungen an besonders ausfallsicher und wirtschaftlich arbeitende Druckluftsysteme und deren Realisierungsmöglichkeiten. Eine vollautomatische Druckluftstation muss in jeder Situation eine ausreichende Versorgungssicherheit gewährleisten.“

Übergeordnete Überwachung

Mit Ausnahme des kleinen Nachverdichters verfügt jeder CompAir-Kompressor und jeder Trockner über eine Einzelsteuerung mit Anzeige- und Bedienungstableau. Alle Komponenten melden zunächst an die übergeordnete Steuerung in der Station, wo sich auch alle Betriebsdaten ablesen lassen. Diese - ebenfalls redundant vorhandene - Managementzentrale berichtet dann an die zentrale Leittechnik, wo die aktuellen Ist-Zustände am Bildschirm angezeigt werden. Sollwert-Veränderungen lassen sich aber nur an der Managementzentrale in der Sta-

INFO Druckluftstation für die Wafer-Produktion

- drei ölfrei verdichtende CompAir-Schraubenkompressoren, über Frequenzumrichter drehzahl geregelt (Typ D 250 RS, Volumenstrombereich: 958 bis 2179 m³/h, Nennleistung: 300 kW, Leistungsbedarf an der Welle: 282 kW, Siemens-Steuerung S7-300);
- ein ölfreier Nachverdichter für 16 bar Höchstdruck;
- drei 10-m³-Druckluftbehälter (einer mit 8,3 bar, zwei mit 16 bar);
- zwei extern warmregenerierende Adsorptionstrockner (Drucktaupunkt -40 °C) mit Vor- und Nachfilter, Differenzdruckanzeige, Schwellwertüberwachung und Umgebungsleitung;
- Taupunkt-Messgeräte hinter jedem Trockner und im Netz;
- zusätzlicher wassergekühlter Druckluft-Nachkühler;
- zwei redundante Feinstfilter mit Feuchtigkeitssensoren;
- Notversorgungskonzepte bei Stromausfall bis 2 s und bis 30 s;
- zweistufige Überwachung über eine redundante Managementzentrale in der Station und eine übergeordnete zentrale Leittechnik



Vor den drei 10-m³-Druckluftbehältern sieht man den ölfreien Nachverdichter für 16 bar Höchstdruck

tion oder an der jeweiligen Komponente vornehmen. Bei Ausfall, sowohl der Managementzentrale in der Station, als auch der übergeordneten Leittechnik, fahren die Kompressoren sofort und automatisch autark über ihre eigenen Druckaufnehmer.

„Für unsere neue Ausbaustufe haben wir genaue Spezifizierungen, Druckluftmengen und Parameter vorgegeben. Für deren Realisierung wurden uns dann von den einzelnen Anbietern sowohl Turbokompressoren als auch Verbundkonzepte mit Kompressoren mit fester und mit bedarfsabhängiger Drehzahl vorgeschlagen. Wegen der extrem schwankenden Abnahmemengen hielten wir das von D & A empfohlene Konzept mit drei drehzahlgeregelten ölfrei verdichtenden CompAir-Schraubenkompressoren für die beste Lösung. Außerdem hatten wir mit D & A und CompAir schon seit mehr als zwölf Jahren sehr erfolgreich zusammengearbeitet. Für die bei uns installierten Kompressoren rechnet man mit einer normativen Wirtschaftsdauer von rund 40000 Bh. Die CompAir-Anlagen haben inzwischen mehr als doppelt so lange gearbeitet - und das ohne Stufenwechsel. Außerdem sind die CompAir-Anlagen sehr stabil gebaut. Diese Argumente und die hohe Zuverlässigkeit von D & A und CompAir waren mitentscheidend, dass wir uns wieder für die bewährte Partnerschaft und für ölfrei verdichtende Schraubenkompressoren von CompAir entschieden haben“, erläutert Uwe Großmann.

Anmerkung der Redaktion

Nähere Informationen über die im Beitrag beschriebenen Schraubenkompressoren erhalten interessierte Leser, wenn sie die folgende Kennziffer auf ihrer Leserdienstkarte vermerken und diese bald absenden.