

Technologie der Leistungselektronik

Heft 2

**Technologische Spezialausrüstungen
für die Leistungselektronik**

Zyklus I

"Technologie der Leistungselektronik"

Allgemeingültige Arbeitsunterlage für wissenschaftlich-technische Mitarbeiter im VEB MLS

Heft 2

Technologische Spezialausrüstungen für die Leistungselektronik,
Zyklus I

Autoren: Ing. Hubert Giese
 Ing. Rudolf Pitzki

Herausgegeben von: Kammer der Technik
 Betriebssektion
 VEB Mikroelektronik "Karl Liebknecht" Stahnsdorf

Redaktion: Kommission für Weiterbildung der KDT-BS



Umschlag: Uwe Reuter

Druck:

Reg,-Nr.

1986

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers!

Alleinvertrieb: KDT-Betriebssektion im VEB MLS

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. TSA zur naßchemischen Bearbeitung im Zyklus I	1
2. TSA zur Herstellung von pn-Übergängen im Zyklus 1	11
2.1. Diffusions-, Oxidations- und Tempersysteme	11
2.2. Ionenimplantationsanlage	16
2.3. CVD-Reaktoranlagen	21
2.4. Epitaxie-Reaktoranlagen	26
3. TSA zur Metallisierung von Emitter-, Basis- und Kollektorkontaktflächen	27
3.1. TSA zum naßchemischen Verfahren	27
3.2. TSA zum physikalischen Verfahren	28
3.2.1. Hochvakuum-Bedampfungsanlagen	28
3.2.2. Hochvakuum-Sputteranlagen	33
4. TSA zur Fotolithografie im Zyklus I	41
4.1. Kontaktprinter	41
4.2. Justier- und Belichtungseinrichtungen	44
5. TSA zur mechanischen Oberflächenbearbeitung durch Lappen und Polieren im Zyklus I	49
6. Reine Räume	53
6.1. Historischer Überblick	53
6.2. Grundsätzlicher Aufbau Reiner Räume	53
6.3. Spezielle Ausführungsvarianten Reiner Räume	56
6.4. Reinraumregime	57
6.5. Reinraumüberwachung	62
6.5.1. Mehrmalige, tägliche Kontrolle	63
6.5.2. Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit	63
6.5.3. Staubmessungen	64
6.5.4. Langzeiteinflüsse	64
6.6. Partikelzähler	66
6.7. Reparaturarbeiten in Reinen Räumen	68
6.7.1. PVI und Reparaturen an TSA	68
6.7.2. PVI und Reparaturen am Reinraum	69
6.8. Zukünftige Reine Räume	70
Literaturverzeichnis	73

Autoren: Ing. Hubert Giese - Kap. 1, 2, 3, 4 und 5
 Ing. Rudolf Pitzkl - Kap. 6

1 . TSA zur naßchemischen Bearbeitung im Zyklus I

In der Mikroelektronik und auch Leistungselektronik kommen Ausrüstungen zum Einsatz, die für die unterschiedlichsten Prozesse, bei denen die chemische Naßbehandlung von Si-Scheiben charakteristisch ist, gleiche Ausführungs- und Konstruktionsmerkmale tragen.

Im zusammenfassenden Ausdruck spricht man vom Einsatz von *Naßarbeitsplätzen* für die verschiedenen Prozesse wie folgt:

- Scheibenreinigung mittels flüssiger Chemikalien (Säuren, Laugen und Netzmittel); unterstützt durch mechanische Behandlung mittels Ultraschall, Bürsten oder Walzen, Spülen mit deionisiertem Wasser und Trocknen durch Zentrifugieren, Trockenblasen oder Behandlung mit wasserverdrängenden Lösungsmitteln, wie Alkohol, Aceton, Tri, Tetra u.a,
- einige Prozesse der Fotolithografie, wie ebenfalls Reinigungs-, Ätz-, Spül- und Trocknungsprozesse sowie Entwickeln von fotolackbeschichteten Si-Scheiben durch Behandlung mit speziellen Fotolack-Entwicklerlösungen und chemischen Ablösen der Fotolacke durch bestimmte Lösungsmittel,
- chemisches Metallisieren, d. h. chemisches Vernickeln oder Vergolden von Si-Scheiben, gekoppelt mit den erforderlichen Prozessen der Vor- und Nachbehandlung, wie Reinigen, Aktivieren, Spülen und Trocknen.

Die *Naßarbeitsplätze* (NAP) untergliedern sich in Plätze für das *Tauchverfahren* und *Sprühverfahren*.

Tauch-NAP sind Ausrüstungen, die nach altbekannten Verfahrensweisen ausgeführt sind, aber durch moderne elektronische Steuerung der Prozeßabläufe heute noch und auch zukünftig sehr wirkungsvoll und effektiv eingesetzt werden.

Charakteristische Merkmale und Vorteile der Tauchverfahren mit solchen NAP sind:

- Bearbeitung großer Stückzahlen von Si-Scheiben in Scheiben-Magazinen und mehrere Magazine pro Bad bzw. Prozeßbecken,
- gleichzeitige Behandlung der Si-Scheiben beidseitig,
- Anordnung der Prozeßbecken auf engstem Raum und kurze Transportwege.

Nachteile sind hoher Medienverbrauch durch häufigen Badwechsel zur Vermeidung von verschleppbaren Verunreinigungen und verringerte Badkonzentrationen.

Für die Tauch-NAP kommen als Grundanlage häufig staubfreie Arbeitsplätze mit Laminar-Flow-Boxen zum Einsatz, die oft auch als Chemieboxen bezeichnet werden.

In Abb. 1.1 ist eine solche Chemiebox dargestellt und in ihrem Grundaufbau erläutert.

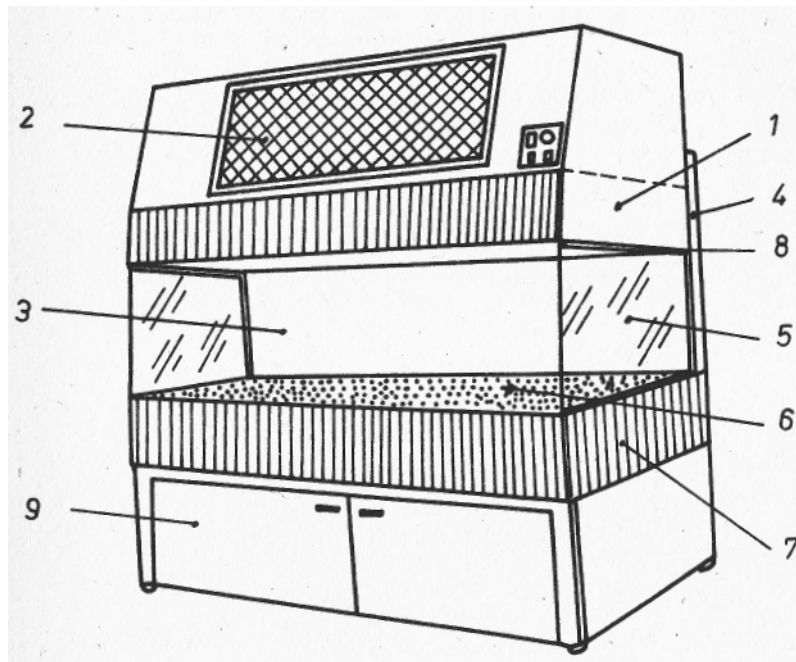


Abb. 1.1 Chemiebox

- 1 Box-Oberteil, 2 Vorfilter, 3 Rückwand, 4 Absaugschacht, 5 Seitenscheibe,
6 Loch-Tischplatte, 7 Hauptwanne (vollständig aus PVC oder PP),
8 Leuchtstoffröhren, 9 Boxunterteil mit Flügeltüren

Staub, Keime, Bakterien und andere Schwebstoffe in der Umgebungsluft bilden Hindernisse für die Verfahrenstechniken, die in den NAP realisiert werden sollen.

Um die Einwirkungen der Außenluft zu eliminieren, benutzt man diese Reinraum-Boxen, die lokal begrenzt, bioreine Arbeitsbereiche schaffen, d. h. sie erfüllen in Bezug auf Staubbefreiheit in der "first air" die Anforderungen der Klasse 100 des US-Federal-Standards 209a bei Außen-Reinraumlufte der Klasse 10000.

Die staubfreien Arbeitsplätze oder -kabinen arbeiten nach dem Laminar-Flow-Prinzip bzw. nach der "turbulenzarmen Verdrängungsströmung".

Man unterscheidet Flow-Boxen nach dem Laminar-Fallstrom- oder Laminar-Querstrom-Arbeitsverfahren.

In beiden Systemen entnimmt ein Gebläse über Hochleistungs-Schwebstoff-Filter die für den Laminar-Flow erforderliche Luftmenge. Das wichtigste des Laminar-Flow-Systems besteht nun darin, daß die so gereinigte Luft den Innenraum des staubfreien Arbeitsplatzes turbulenzarm durchströmt und diese Reinluftströmung, die sich durch den gesamten Querschnitt des abgegrenzten Arbeitsbereiches mit gleichförmiger Geschwindigkeit

fortbewegt, Schwebstoffe aller Art, emittiert durch den Arbeitsprozeß oder freigesetzt vom Bedienungspersonal, innerhalb von Sekunden kontrolliert aus dem Reinraumbereich abführt.

Da die Luftströmung sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit über den gesamten Querschnitt des Innen-Reinraumes bewegt, ist ein Querwandern von Partikeln senkrecht zur Strömungs-richtung ausgeschlossen.

Für die NAP kommen nur Laminar-Flow-Boxen nach dem Laminar-Fallstrom-Arbeitsverfahren als Chemieboxen im Arbeitsbereich beständig gegen Chemikalien (Säuren, Laugen und Lösungsmittel.), wie sie in der Halbleitertechnologie verwendet werden, zum Einsatz.

Das Bedienungspersonal ist damit von dem Prozeß getrennt, so daß einerseits der Arbeitsprozeß weitgehend gegen Einflüsse von außen geschützt ist und andererseits kann die Bedienungsperson ohne spezielle Schutzmaßnahmen frei beweglich arbeiten.

In die Tischplatte der Chemiebox sind die Becken für die Durchführung von verschiedenen Prozessen eingebaut zur Ausführung eines NAP als manueller oder automatischer Arbeitsplatz. Gleichfalls befindet sich bei automatisierten Arbeitsplätzen die Magazin-Transportbahn im Innenraum der Chemiebox (siehe Abb. 1.2).

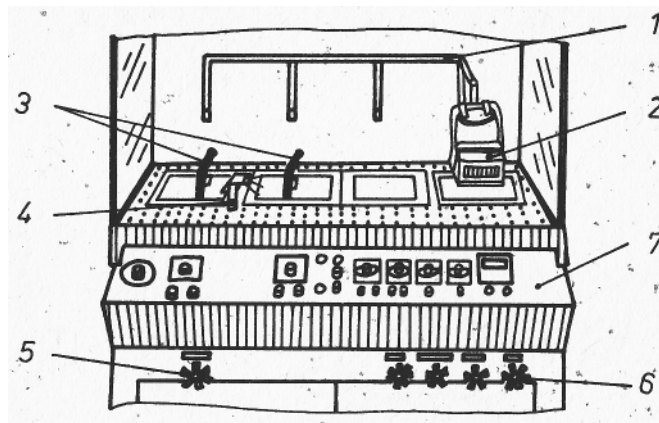


Abb. 1.2. Innenraum Chemiebox. mit eingebauten Prozeßbecken und automatischem Magazin-Transportsystem

- 1 Magazin-Transportbahn, 2 Magazine mit Halter, 3. Medienzufluß für Becken,
- 4 Handduche, 5 Hahn für Zufluß deionisiertes Wasser, 6 Haupthähne für Medienzufluß, 7 Steuerpult mit Programmgeber, Badtemperatur-Regler, MOhm-Meter, Kontroll-Leuchten und Schalter

Das Steuerpult vorn an der Chemiebox enthält die elektronischen Steuer- und Kontrollgeräte. An der Vorderseite der Box sind die Hauptventile für den Medienzufluß installiert. Das Untergestell der Box unterhalb der Hauptwanne enthält die erforderlichen Armaturen und die Verrohrung sowie Platz zur Aufbewahrung von Materialien zum Arbeitsprozeß.

Wie in Abb. 1.2 dargestellt, ist ein automatisierter NAP ausgelegt mit einem automatischen mikroprozessorgesteuerten Magazintransportsystem für jedes Prozeßbecken mit frei programmierbarer Prozeßfolge, unterschiedlicher Oszillation sowie Verweildauer der Magazine in den Becken.

NAP nach dem Tauchverfahren werden auch als automatisierte Linear-Arbeitsplätze ausgeführt zu Prozeßanlagen (siehe Abb. 1.3) für z. B. Reinigung, Entwicklung und Trocknung mit automatischem Magazintransport von Becken zu Becken, gesteuert über freiprogrammierbare Mikroprozessor-Steuerungen.

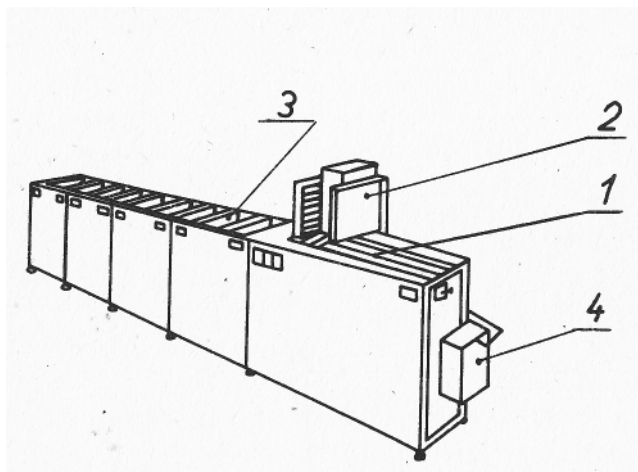


Abb. 1.3 Linear-Prozeßanlage

- 1 Scheiben-Belade/Entladeeinrichtung, 2 Magazintransporter,
3 Prozeßbad-Moduleinheiten, 4 Medien-Vorratstank

Die gesamte Anlage ist aus einzelnen Modulen (Baukastensystem) zusammengesetzt mit unterschiedlicher Beckengröße, -art, -anzahl und -folge je nach Durchführung der verschiedenen Prozesse.

Bei Vorhandensein von Arbeitsräumen in der Reinraum-Klasse 100 werden die NAP nicht in Chemieboxen ausgeführt, sondern ähnlich Abb. 1.3 in einzelnen Modulen bzw. nach Prozeßabschnitten als Einzel-, oder Lineararbeitsplätze.

- NAP nach dem Sprühverfahren unterteilen sich in Anlagen für:
Sprüh-Schleuder-System und

Sprüh-in-line-System.

In Anlagen des Sprüh-Schleuder-Systems sind die zu behandelnden Si-Scheiben in Scheibenmagazinen gemäß Abb. 1.4 eingeordnet und mehrere Magazine, meist 6 bis 8 Stück, sind vertikal gleichmäßig verteilt in einem Aufnahmekorb einer Zentralzentrifuge eingesetzt. Von einem zentrisch angeordneten Sprühkopf mit mehreren Düsennadeln für verschiedene Medien werden die Si-Scheiben beidseitig besprüht, indem der Aufnahmekorb in der Zentralzentrifuge rotiert. Der Trocknungsprozeß erfolgt durch Zentrifugieren bei hoher Drehzahl des Aufnahmekorbes. Damit sind die Naßprozesse und der Trocknungsgrozeß nacheinander ohne Magazintransport in einer Sprühkammer bzw. Sprühglocke rationell möglich. Der Prozeßablauf ist dabei frei programmierbar und wird automatisch über Mikroprozessor gesteuert.

Der Einbau der Sprühglocke in eine Chemiebox bzw. Laminar-Flow-Box garantiert Staubklasse 100 bei den Prozessen.

Komplett mit Chemikalienvorrats- und Auffangbehältern sowie mit einer Kreislaufanlage für die Zu- und Abführung von deionisiertem Wasser bietet die Sprüh-Schleuder-Anlage (SSA) einen hohen effektiven Einsatz. Die Temperierung der verschiedenen Medien ist ebenfalls möglich im Bereich von 80 bis 140°C durch Aufheizung der Chemikalienvorratsbehälter. Damit ist die Sprühbehandlung der Si-Scheiben mit erwärmten Medien wirksamer und verkürzt die Arbeitszeiten gegenüber Kaltbehandlung (20 – 25°C).

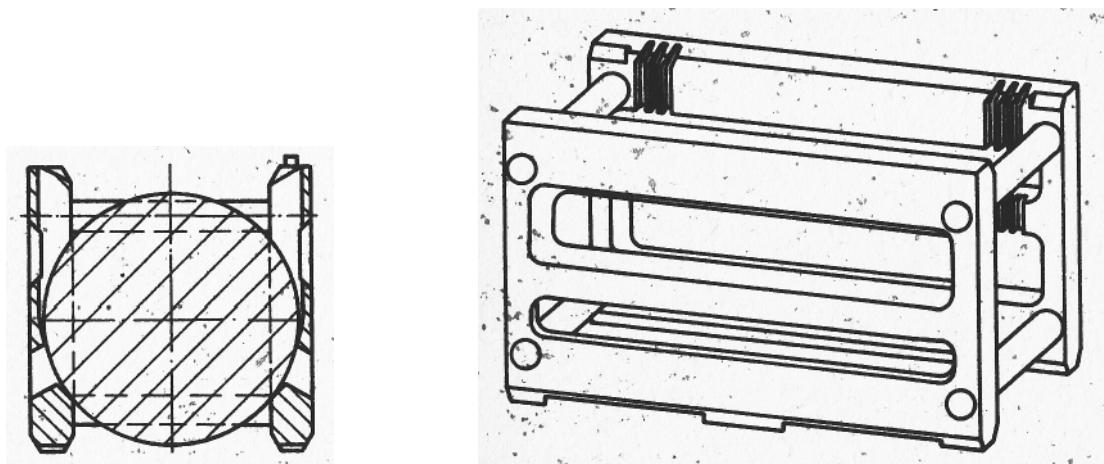


Abb. 1.4, Scheiben-Magazin (Werkstoff PTPS oder PP)
mit Schnittbild: Magazin mit Scheibe.

Anlagen der Sprüh-in-line-Systeme werden für viele Prozesse ausgeführt und eingesetzt. Neben den Naßprozessen sind Anlagen für Trocknung (Heizplatten-Infrarot- und Mikro-

wellentrocknungsanlagen), Belackung (Fotolithografie) sowie optischen Test und Sortierung der Si-Scheiben im internationalen Angebot und auch im Einsatz. Automatische Produktionsanlagen werden in Einbahn- bis Vierbahn-Ausführung hergestellt für die Bearbeitung der Si-Scheiben von Magazin-zu-Magazin oder im "in-Line"-Betrieb.

Abb. 1.5 zeigt eine automatische Produktionsanlage im grundsätzlichen Aufbau für verschiedene Prozesse als Zweibahn-Ausführung in der Arbeitsweise von Magazin-zu-Magazin mit den Be- und Entladestationen für die Maschinenmagazine.

Im "in-Line" Betrieb angeordnete und arbeitende automatische Produktionsanlagen können für verschiedene Prozeßfolgen zusammengestellt und eingesetzt werden (siehe Abb. 1.6 und 1.7).

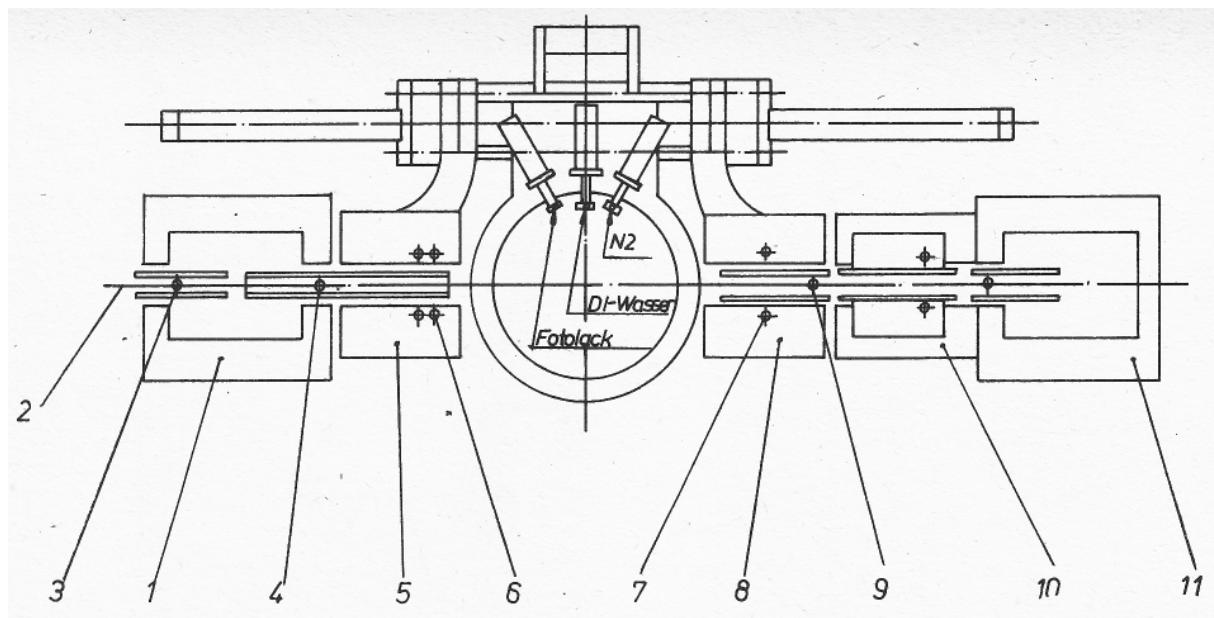


Abb. 1.5 Automatisches Fotolackbeschichtungs-System

1 Entlader, 2 Scheibentransport-Bahn, 3 Sensor, 4 Sensor, 5 Schiebetisch A, 6 Stopper, 7 Vakuum, 8 Schiebetisch B, 9 Sensor, 10 Heizplatte, 11 Belader

Alle diese Produktionsanlagen besitzen gleiche technische Ausführungen, wie

- Mikroprozessor-gesteuert über leistungsfähige Software
- Einfache Prozeßprogrammierung
- Bildschirmdialog und
- Standardanlagen für Scheiben von 2" bis 5".

Der Transport der Scheiben erfolgt auf den Transportbahnen zu den Prozeßstationen entweder über Luftkissen-Transport oder Riemetrieb- bzw. Schnurtrieb-Bahnen.

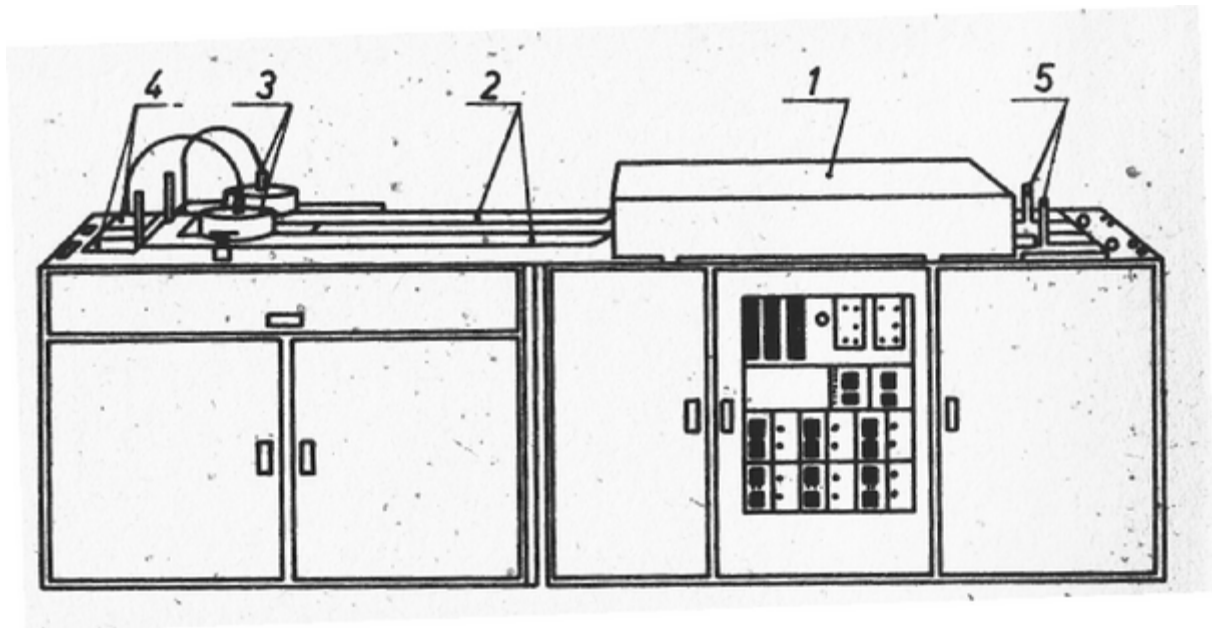


Abb. 1.6 Automatische "in-line"-Produktionsanlagen: ,

- Automatische Fotolackbeschichtungs-Anlage

- automatische Infrarot-Trocknungs-Anlage

1 Infrarottrocken-Station, 2 Zwei-Bahn-Scheibentransport,

3 zwei Belackungs-Stationen, 4 zwei Magazin/Scheiben-Entladestationen,

5 zwei Scheiben-Magazin-Beladestationen

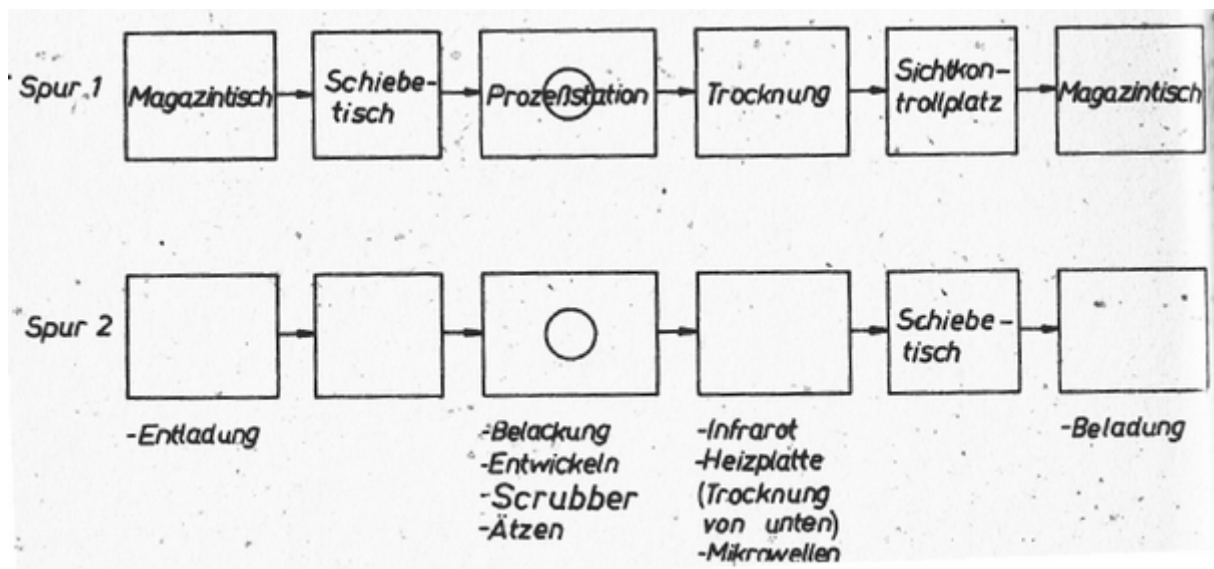


Abb. 1.7. Schema: "In-line"-System-Anlage

2. TSA zur Herstellung von pn-Übergängen im Zyklus I

2.1. Diffusions-, Oxidations- und Tempersysteme

Für die Prozesse Diffusion, Oxidation und Tempern von Si-Scheiben sind gleiche Anlagensysteme im Einsatz sowie im internationalen Angebot.

Wurden noch vor wenigen Jahren einfache Einzelanlagen mit teilweisen Komplettierungs- bzw. Zubehöreinrichtungen getrennt eingesetzt und angeboten, so haben sich doch in den letzten Jahren komplette mikrocomputergesteuerte Prozeß-Anlagen-Systeme durchgesetzt, die automatische Prozeßabläufe garantieren.

Wenn auch die Anschaffungs- bzw. Investitionskosten für solche automatischen Anlagensysteme beträchtlich sind, so erreicht man in der Produktion mit diesen Anlagensystemen doch eine kurzfristige Amortisation aufgrund entscheidender Vorteile bei der Massenproduktion von Bauelementen der Mikro- und Leistungselektronik.

Einige wichtige technisch-ökonomische Vorteile sind:

- hohe Produktivität,
- Ausschaltung subjektiver Fehler bei der Bedienung.
- subjektiv, unabhängige Überwachung, Steuerung, Ablauf und Kontrolle der Prozesse,
- hohe Genauigkeit durch Mikroprozessor-Steuerung aller Prozeßdaten führt zu erhöhter Produktionsausbeute,
- Durchführung der verschiedensten Diffusions-, Oxidations- und Tempertechnologien durch freiprogrammierbare Prozeßläufe.

Der grundsätzliche Aufbau solcher automatischen Anlagen-Systeme ist in Abb. 2.1 dargestellt.

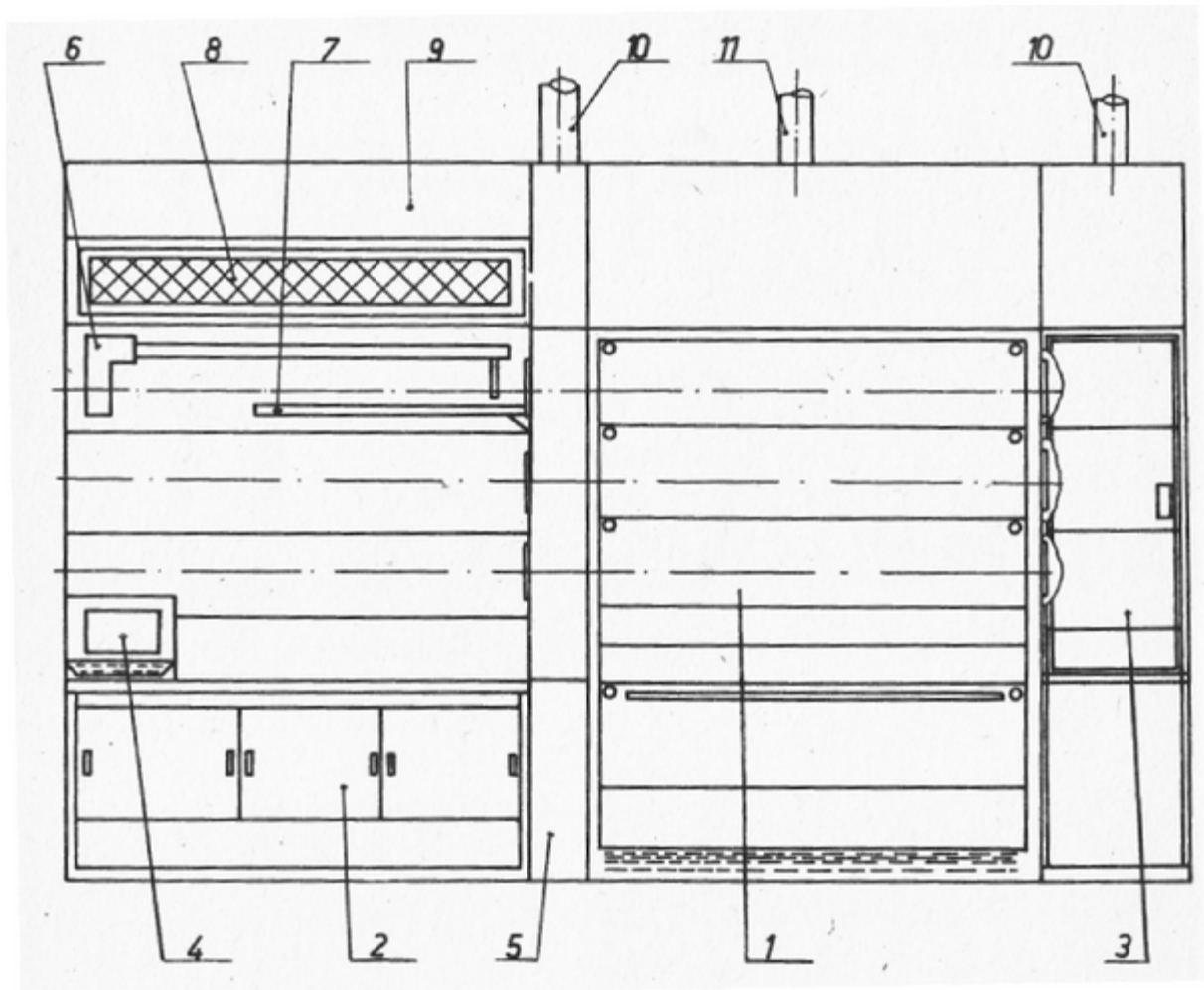


Abb. 2.1 Diffusions-, Oxidations- oder Tempersystem

1 Drei-Rohr-Ofenanlage, 2 Laminarbox mit eingebautem Mikrorechner und Prozeßsteuereinheiten, 3 Drei-Gassteuereinschübe im Gasversorgungsachrank, 4 Bildschirm-Terminal, 5 Absaugschacht, 6 Chargiereinrichtung, 7 Chargierbühne, 8 Vorfilter der Laminarbox, 9 Lufteinheit der Laminarbox mit Gebläse und Laminarfilter, 10 Toxische Absaugung, 11 Ofenabluft zur Rückkühlung und Umluft

Von dem Anlagensystem sollen hier nur die Hauptanlagen-Bestandteile in ihrem grundsätzlichen (bei den meisten Herstellern gleich ausgeführt) Aufbau dargestellt werden.

Eine Diffusionsanlage bestehend aus:

- 1, 2, 3 oder 4 (wahlweise nach Forderung den Anwenders) Diffusionsöfen mit folgendem Einzelaufbau:
- Heizkassette aus 6 bis 8 mm starker Kanthal A1-Drahtwendel, eingebettet in elektrisch- und wärmeisolierende spezielle keramische u. a. wärmebeständige Isolierstoffschichten, gleicher Windungsabstand über die gesamte Wendel durch fest eingefügte Keramikabstandsstücke, 3mal getrennte elektrische Einspeisung

der Wendel zu 2 Seitenzonen und 1 Mittelzone, für jede Zone mittig eingesetztes Thermoelement (Pt-Pt/Rh 10 oder 13 %) in Keramik-Zweilochröhrchen. Alu-Blech-Ummantelung (rund oder rechteckig) der in Isolierstoff eingebetteten Drahtwendel bzw. Heizwicklung bei verschiedener Ausführung mit Innendurchmesser von 100 bis 165 mm und einer temperaturkonstanten Heizzone von 500 bis 800 mm bis $\pm 0,5$ °C Temperaturtoleranz für Temperaturbereich 400 bis 1300 °C.

- Arbeitsrohr aus Quarz- bzw. Kieselglasrohr oder Si- bzw. SiC-Rohr im Außendurchmesser von 90 bis 140 mm je nach Innendurchmesser der Heizkassette. Die Länge des Arbeitsrohres richtet sich nach der Länge der Heizkassette und der Position des Rohrverschlusses an der Beschickungsseite. Das Arbeitsrohr liegt in der Heizkassette auf den Keramikabstandstücken der Heizwicklung auf.
- Anlagengestell zur Aufnahme der Diffusionsöfen im Oberteil, im Mittelteil in Einschubbauweise Aufnahme der Temperaturregler für jede Zone eines Ofens sowie Temperatur-Ramper bzw. Programmer. Sie erlauben in der Mehrzahl zwei unabhängige einstellbare Temperatur-Profil-Flanken (Aufheizen und Abkühlen). Übertemperaturschutz-Steuerung und im Unterteil Leistungseinheiten für jeden Ofen, bestückt mit Thyristorstellgliedern und Heizzonentransformatoren. An der Gestellrückwand, d. h. über die gesamte Hinterfront der Diffusionsöfen (Heizkassetten) und im Dachteil des Gestells sind Wasser-, Haupt- und Einzelkühler zur Wärmeabfuhr der Wärmeverluste der Heizkassetten angeordnet. Manche Anlagengestelle besitzen auch nur einen oberen Hauptkühler. Auf der untersten Bodenplatte des Gestells sind meistens 3 Ventilatoren angeordnet zur Warmluftförderung in vertikaler Richtung aus dem Elektro-Raum über die Heizkassetten nach oben zur Warmluft-Absaugung. Diese Absaugung wird oft noch durch zusätzlich montierte Vertikal-Ventilatoren auf der Dachplatte des Anlagengestells unterstützt. Alle angeordneten Diffusionsöfen sind zugänglich zum Heizkassettenwechsel über entsprechende Etagen- oder Flügeltüren an der Frontseite des Gestells.

Absang- bzw. Abgasschränke beinhalten:

- automatische Rohrklappensteuerung für Arbeitsrohre
- einstellbare Regelklappen für Abgaskanal
- Anschlußstutzen zur oberen Abgasabführung.

Laminar-Flow-Box zur Beschickung der Arbeitsrohre. Arbeitsweise wie bei Chemiebox, vergleiche Abschnitt 1, mit horizontalem Luftaustritt über der ungelochten Tischplatte.

Automatische Chargier- bar: Beschickungseinrichtung, meistens angebaut an der Innenseite der Rückwand der Laminar-Flow-Beschickungsbox.

Beschickung der Arbeitsrohre ist möglich über

- Chargiergestänge,
- Chargierbühne,..

wobei, die Si-Scheiben in Diffusionsmagazinen aus Kieselglas oder Si bzw. SiC.(unterschiedlichste Ausführungen je nach Technologie des Prozesses) eingesetzt werden.

Chargierung erfolgt zum Ein- und Ausfahren der Boote bzw. Scheibenmagazine.

Dabei sind einstell- und regelbar:

- Fahrweg,
- Geschwindigkeit,
- Oszillieren des Magazins an beliebiger Stelle des Arbeitsrohres (meistens Mitte der temperaturkonstanten Heizzone im Arbeitsrohr)

Gassteuerschrank in unterschiedlichster Ausführung für die einzelnen Technologien mit Dotier- und Oxidations-Gaseinschüben.

Zum vollautomatischen Betrieb sind die Einschübe zur Gassteuerung mit “Mass-Flow-Controllen“ MFC aus Edelstahl für die erforderlichen Prozeßgase ausgestattet.

Weitere Edelstahllarmaturen sind zur Gasversorgung und Dotandenversorgung je nach erforderlichem Gaseinschubsystem pro Diffusionsofen notwendig, wie z. B.:

- Druckminderer
- Druckregler
- Elektro-Pneumatik-Ventile (Auf/Zu)
- Rückschlagventile
- Source-Gefäße
- Rohrleitungen und -verbindungen.

Prozeßsteuerung und Programmierung erfolgt über einen Mikrocomputer, der über vorprogrammierte Festprogramme für ausgewählte Technologien oder frei

programmierbar die zentrale Prozeßsteuerung der Hauptanlagenbestandteile übernimmt. Von dieser Prozeßsteuerung aus erfolgt dann z. B. das Steuern der

- Temperatur-Regler
- Linear-Programmer
- Chargiermaschinen
- Rohrverschlußkappen
- Gasfolgen
- Prozeßinformationen
- zeitlichen Abläufe
- Selbstkontrollen.

Zusätzlich zu dem Anlagensystem, auch teilweise zugehörig, werden zum Unschädlichmachen der oft giftigen Abgase (Dotandengase) Gas-Scrubber bzw. Purifier, d. h. Gasauswasch- und Reinigungsanlagen angeschlossen nach der Gas-Abführung der Abgasschränke. In zunehmendem Maße wird das zum Schutz unserer Umwelt immer notwendiger und gehört zur Standardausrüstung.

2.2. Ionenimplantationsanlagen

International bieten nur wenige namhafte Hersteller solche komplizierten und kosten-aufwendigen Anlagen an. In der Mikro- und Leistungselektronik sind gleiche Anlagen im Einsatz, die Mittelstrom- bis Hochstromimplanter aufweisen.

Nachfolgend soll der grundsätzliche Aufbau eines Mittel- bis Hochstromimplanters in wesentlichen Fakten am Beispiel einer ausgewählten Anlage aufgezeigt werden. Der funktionelle Ablauf und Aufbau des Implanters ist in Abb. 2.2 gezeigt. Eine bildliche Darstellung bietet Abb. 2.3.

Kurzbeschreibung:

1. Heißkatoden-Quelle

Die Lichtbogen-Entladungsquelle erzeugt einen Ionenstrahl im üblichen Bereich von 500 μA und 25 keV.

2. Ionen-Gasquelle

Meistens 3 Gaszylinder, ausgerüstet mit Absperrventil, Reduzierventil und Gasleitungen. Mit der Zuführung der gasförmigen Verbindungen (Dotiergase) kommt es über die

Gasentladung mit den in der Heißkatoden-Quelle erzeugten Elektronen zur Bildung eines Plasmas.

3. Extraktions- und Fokussierelektroden

Sie saugen die zum Implantationsprozeß nötigen Dotierungionen aus der Plasmastrahlung ab und führen einen gebündelten Ionenstrahl dem magnetischen Massentrenner zu.

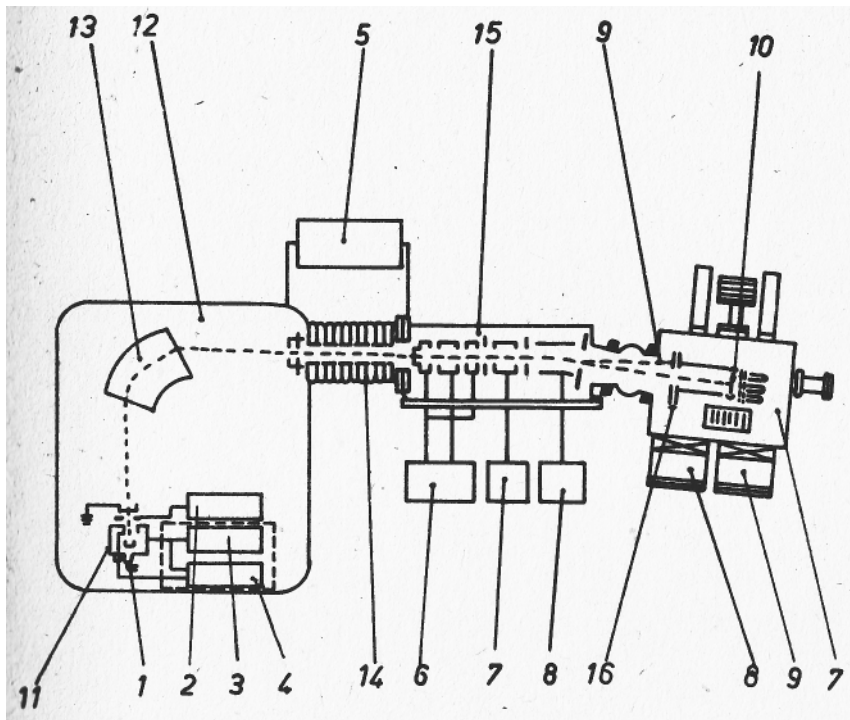


Abb. 2.2 Schema: Implantationsanlage

1 Gas, 2 Beschleunigung 2 keV, 3 Erzeugung 25 keV, 4 Lichtbogen 2 keV,
5 Hochspannungsversorgung 0-180 keV, 6 Quadrupollinsen, 7/8 Y/X-Ablenkung,
9 Neutraler Strahl, 10 Si-Scheibe, 11 Ionenquelle, 12 Hochspannungs-Terminal-Kammer,
13 Magnetischer Massentrenner, 14 Linearbeschleuniger, 15 Linsen-Kammer,
16 Schablone, 17 Probenkammer, 18 Eingabeschleuse, 19 Ausgabeschleuse

4. Magnetischer Massentrenner

Der magnetische Massentrenner ist ausgebildet als 90° doppelt fokussierender Trennmagnet zum Trennen und Konvergieren des Ionenstrahles. Der Ionenstrahl tritt mit einer Energie von 25 keV ein, die ausgewählten Ionen werden erhalten durch Änderung des magnetischen Stromes und die nicht gebrauchten Ionen werden absorbiert beim Aufprall gegen die Magnetkammerwandung. Der Magnet ermöglicht die Auflösung bzw. Trennung von Ionen im Massenbereich von 75 bei 25 keV oder niedrigerer Energie.

Der Strahlstrom und die Strahlform werden justiert durch Steuerung einer variablen Blende, damit nur die ausgewählten Ionen in den anschließenden Linearbeschleuniger gelangen.

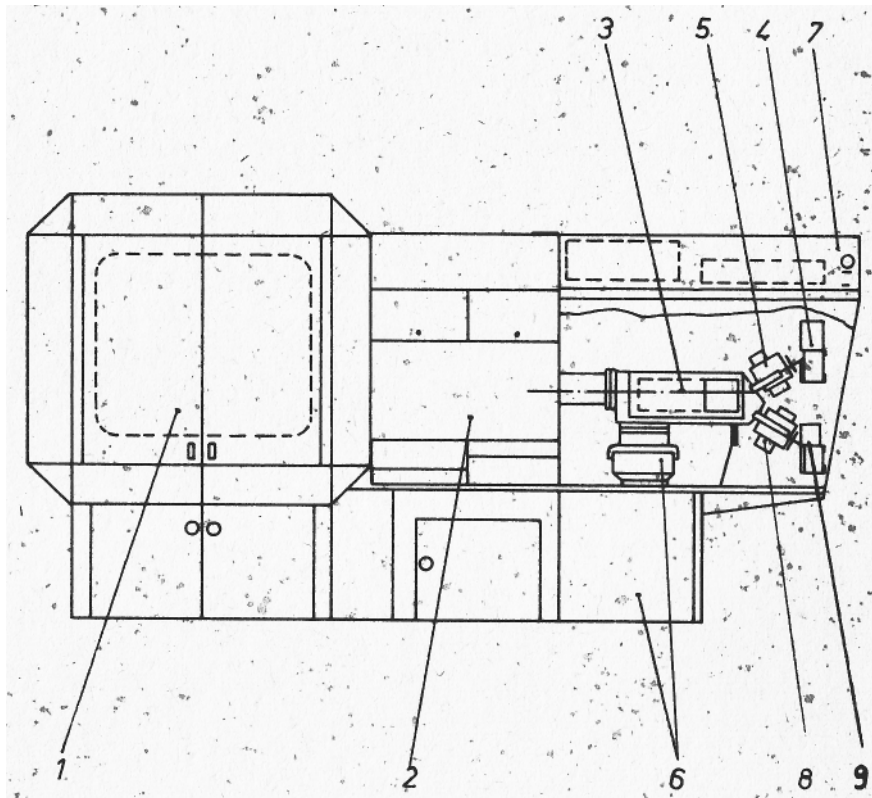


Abb. 2.3. Implantationsanlage

1 Hochspannungs-Terminal-Kammer, 2 Prozeßsteuerteil, 3 Probenkammer, 4 Magazin-Eingabe, 5 Eingabeschleuse, 9 Vakuumanlage, 7 Laminarbox, 8 Ausgabeschleuse, 9 Magazin-Ausgabe

5. Hochspannungs-Linearbeschleuniger

Er beinhaltet eine hoch stabilisierte Hochfrequenz-Stromversorgung und Beschleuniger-Kammer für Beschleunigung des Ionenstrahles auf einen Energiebereich von 10 bis 200 keV.

Die Beschleuniger-Kammer ist als Mehrfachelektroden-Ringkammer ausgelegt.

Das Potential zwischen den einzelnen Elektroden-Sektionen ist einheitlich, und die Sektionen weisen gleiche präzise elektrische Widerstände auf. Diese Anordnung ist so vorgenommen, daß Hochspannungsüberschläge oder Koronaeffekte minimiert sind.

Die Elektroden sind aus poliertem Alu hergestellt und durch Epoxidharz isoliert.

6. Quadrupol-Linsensystem und Ablenkeinheit

Der beschleunigte Ionenstrahl wird hier durch elektrostatische oder magnetische Linsen weiter fokussiert und mit der Ablenkeinheit kann der Ionenstrahl über ähnliche Linsen, die von einem Wobbelgenerator gesteuert werden, in x- und y-Richtung so abgelenkt

(gewobbelt) werden, daß eine gleichmäßige große Fläche auf der in der Probenkammer eingeschleusten Si-Scheibe mit dem fokussierten Ionenstrahl überstrichen wird. Damit wird eine homogene Dotierung auf den Si-Scheiben erreicht.

7. End- bzw. Probenkammer

In die Probenkammer werden über angeflanschte Eingabe- und Ausgabeschleusen durch Scheibenbelade- und -entladestationen aus Maschinenmagazinen die Si-Scheiben einzeln eingegeben.

Zur Si-Scheibenaufnahme befindet sich ein spezieller (auch gekühlter) Scheibenhalter in der Probenkammer, der entsprechend zum Einfallwinkel des Ionenstrahles mit der aufgelegten Scheibe geneigt wird. Der gesamte Vorgang zur Be- und Entladung geschieht automatisch von Magazin zu Magazin.

8. Vakuum-System

Es besteht aus 3 einzelnen Vakuumstationen und 2 Vakuum-Schleusenkammern zur Ein- und Ausgabe der Si-Scheiben.

1. Vakuumstation für Ionenquelle und Massentrenner,
versorgt durch HV/VV-Pumpeinheit.
2. Vakuumstation für Ionen-Beschleunigungs-Kammer und Ionenstrahl-Linie,
versorgt durch HV/VV-Pumpeinheit.
3. Vakuumstation für Endstation-Kammer,
versorgt durch HV/VV-Pumpeinheit.
4. Vakuumstation für 2 Schleusenkammern,
versorgt mit VV-Pumpeinheit.

9. Regelungs- und Kontrollsystem

Die gesamte Anlage und der Prozeßablauf ist automatisch gesteuert über entsprechenden Mikrocomputer.

Alle Prozesse von der Implantationsdurchführung bis zum Si-Scheiben-Handling laufen automatisch ab in Übereinstimmung mit den programmier- und erreichbaren Implantations-Bedingungen bzw. Parametern.

Ein automatisches Kontroll- und Überwachungssystem, Mikroprozessor-gesteuert, eliminiert auftretende Fehler und zeichnet die Implantationsparameter während des Prozeßablaufes auf.

2.3. CVD-Reaktoranlagen

In der allgemeinen Anwendung in der Mikro- bzw. Leistungselektronik sowie auch im Angebot verschiedener internationaler Herstellerfirmen unterscheidet man

- Normaldruck-CVD-Anlagen und
- Niederdruck-LPCVD-Anlagen (low pressure CVD) in Horizontal- und Vertikal-Reaktorausführung.

Sind bis heute in der Mehrzahl noch Horizontal-Reaktor-Anlagen im Einsatz, so ist in den letzten Jahren doch der eindeutige Trend zur Anwendung von Vertikal-Reaktor-Anlagen zu verzeichnen.

Die technologischen Vorteile überwiegen dabei für die Vertikal-Reaktor-Anlagen aufgrund erreichbarer höherer Homogenität und Reproduzierbarkeit der CVD-Schichten auf den Si-Scheiben.

Der grundsätzliche Aufbau von Horizontal-Reaktor-Anlagen für beide Verfahrensweisen ist gleich und analog dem des Diffusionssystems mit zusätzlicher Vakuumausrüstung zur Evakuierung der Prozeßrohre bzw. Reaktoren bei den LPCVD-Anlagen.

Mit der Abb. 2.4 ist eine gebräuchliche LPCVD-Anlage dargestellt in Horizontal-Reaktorausführung, die sich durch folgende Zusatzausrüstung vom Diffusionssystem (vgl. Pkt. 2.1.) unterscheidet:

- Vakuumschrank, ausgerüstet mit zur Evakuierung der Arbeitsrohre erforderlichen Vakuumpumpen mit speziellem Ölumlauf-, Spül- und Filtersystem, automatischer Vakuum-Messung, Steuerung und Überwachung,
- Flaschenschrank zur Aufnahme und Verbindung der Prozeßgasflaschen mit der Reaktoranlage. Er beinhaltet weiterhin alle erforderlichen Armaturen (Edelstahl), Schalt- und Steuerelemente und ein Spülsystem für die Entfernung von toxischen und pyrophoren Dotiergasen aus den Gasleitungen und Reaktoren durch Spülung des gesamten gasführenden Systems, z. B. mit N_2 in den Scrubber.

Die prinzipielle Wirkungsweise einer LPCVD-Reaktoranlage ist im Blockdiagramm nach-Abb. 2.5 dargestellt.

Die Abb.2.6 zeigt ein Beispiel einer einfachen CVD-Vertikal-Reaktoranlage mit manueller Si-Scheiben-Ein- und -ausgabe auf den Substratheizer im Reaktor sowie Mikroprozessor-gesteuertem automatischem Prozeßablauf, Prozeßüberwachung und Selbstkontrolle. Die Beschichtungszeit und der Beschichtungszyklus kann vorgewählt werden zum automatischen Prozeßablauf .

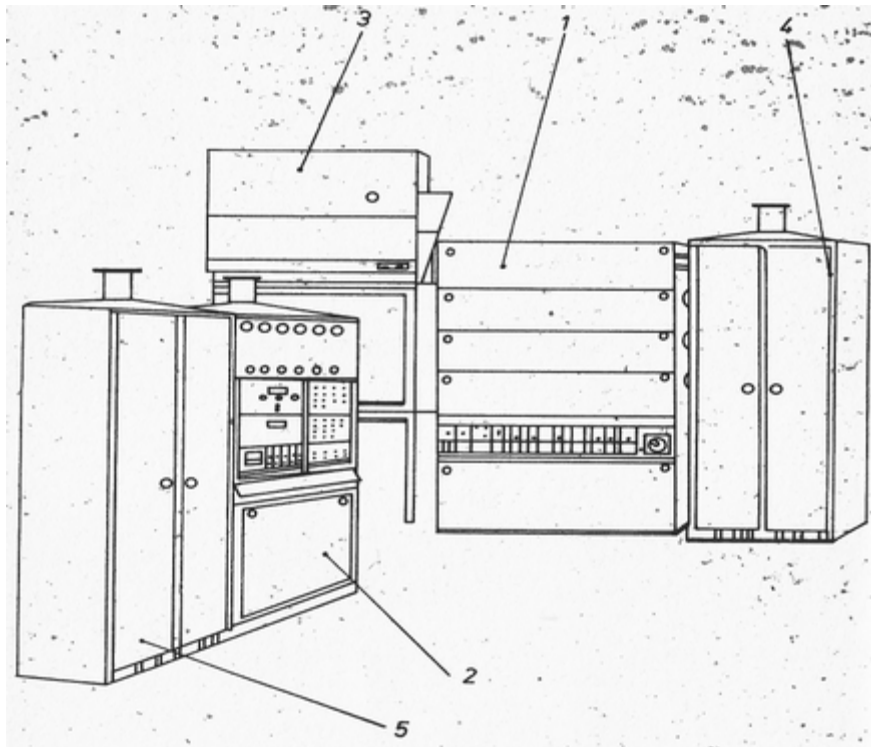


Abb. 2.4 LPCVD-Anlage

1 Reaktoreinheit, 2 Steuerschrank, 3 Laminarbox, 4 Vakuumsehrank, 5 Flaschenschrank

Moderne CVD-Vertikal-Reaktor-Anlagen können kontinuierlich arbeiten von Magazin-zu-Magazin mit entsprechenden Scheiben-Belade- und -Entladestationen (Schleusenkammern). Dabei werden die Scheiben auf spezielle Scheibenträger bzw. Paletten automatisch aufgelegt und per Förderband oder Förderstrecke durch die einzelnen Bearbeitungsstationen, wie Vorreinigung, Vorheizen, Beschichtung (Hauptstation), Nachheizen, Abkühlen und Endreinigung, geführt.

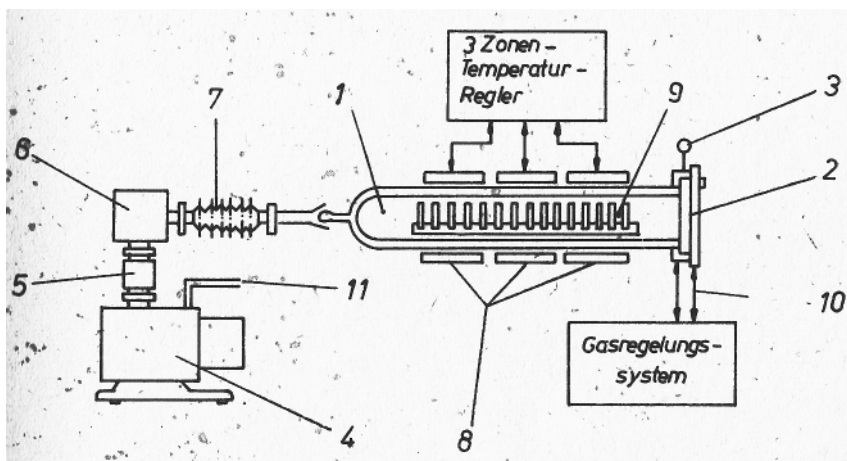


Abb. 2.5 LPCVD-Blockdiagramm

1 Reaktor, 2 Beladungstür-Verschluß, 3 Drucksensor, 4 Vakuumpumpe, 5 Vakuumventil, 6 Kühlfalle, 7 Flexible Verbindung, 8 3-Zonen-Widerstandsheiz, 9 Si-Scheiben auf Scheibenträger, 10 Reaktive Gasleitungen, 11 Absaugung

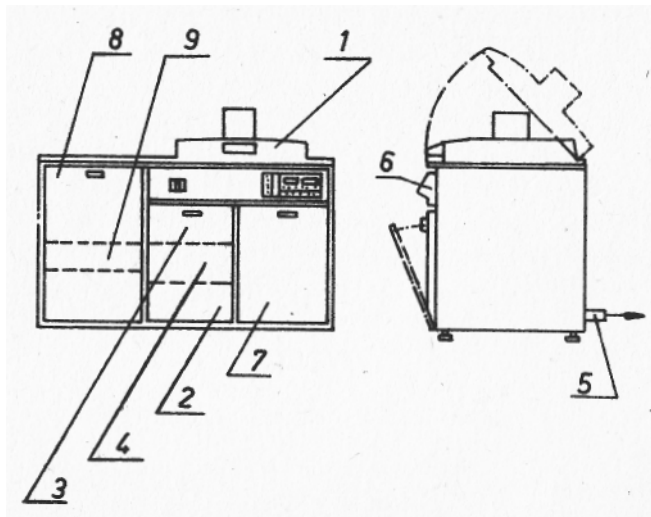


Abb. 2.6 CVD-Vertikal-Reaktor-Anlage

- 1 Vertikalreaktor, 2 HF-Stromversorgung, 3 HF-Kontroll-Einschub, 4 Netzteil,
- 5 Vakuumanschluß, 6 Steuerpult, 7 Elektrische Regelung, 8 Gaseinschübe,
- 9 Temperaturregler

2.4. Epitaxie-Reaktoranlagen

Alle eingesetzten und auch angebotenen Epitaxieanlagen sind im Aufbau sowie in der Wirkungsweise analog den CVD-Anlagen.

In der Leistungselektronik haben sich die Epitaxieanlagen durchgesetzt nach dem Verfahren der Gasphasendotierung bei Verwendung von Reaktionsgas- und Dotiergas-Gemischen aus gasförmigen Epitaxie-Quellen und Dotanden-Quellen (Gasflaschen bzw. Source-Gefäße) für den Epitaxie- und Dotierungsprozeß.

Modernste Anlagen, die den hohen Anforderungen der Leistungselektronik hinsichtlich großer Schichtdicke, hohem spezifischem elektrischem Widerstand der Schicht, niedriger Dotierungskonzentrationen bei hoher Dotierungsgenauigkeit und großer Homogenität in lateraler und vertikaler Richtung der Schichten auf den Prozeßscheiben sowie Verhinderung geringster Verunreinigungen bei der Durchführung der Prozesse genügen, weisen folgende zusätzlichen Merkmale auf (siehe auch Abb. 2.7):

- 2 Vertikalreaktoren bei Arbeitsweise im "twin Betrieb",
- Si- bzw. SiC-Heizer in Rhombus-Ausführung zur Aufnahme von mindestens 40 Scheiben 3",
- Rotation des Heizers im Spezial-Vertikal-Reaktor (Glocke aus Kieselgur) zur gleichmäßigen Verteilung der Reaktions-/Dotiergasgemische auf alle auf dem Heizer angeordneten Prozeßscheiben,

- hohe Reaktor- und Anlagenreinheit durch
 - Einsatz hochwertiger chemisch beständiger Materialien
 - hohe Gasdichtheit des gesamten gasführenden Systems
 - restfreie Spülung den gasführenden Systeme mit Inertgasen,
 - z. B. N_2 zur Abführung von verbrauchten Reaktions-/Dotiergasen
 - Staub- und Partikelfreiheit bei der Prozeßscheibenbeschickung unter Laminar-Flow-Box,
- hohe Gleichmäßigkeit der Strömung (Laminar) des Reaktions-/Dotiergases im Reaktor bei hoher Genauigkeit der Zusammensetzung im Verhältnis Reaktionsgasgemisch (z. B. $SiCl_4/2H_2$) zu Dotiergasgemisch (z.B. PH_3/H_2 und B_2H_6/H_2),
- schneller und restloser Wechsel des Reaktions-/Dotiergas-Gemisches im Reaktor (Wechsel der Leitfähigkeit der Schichten).

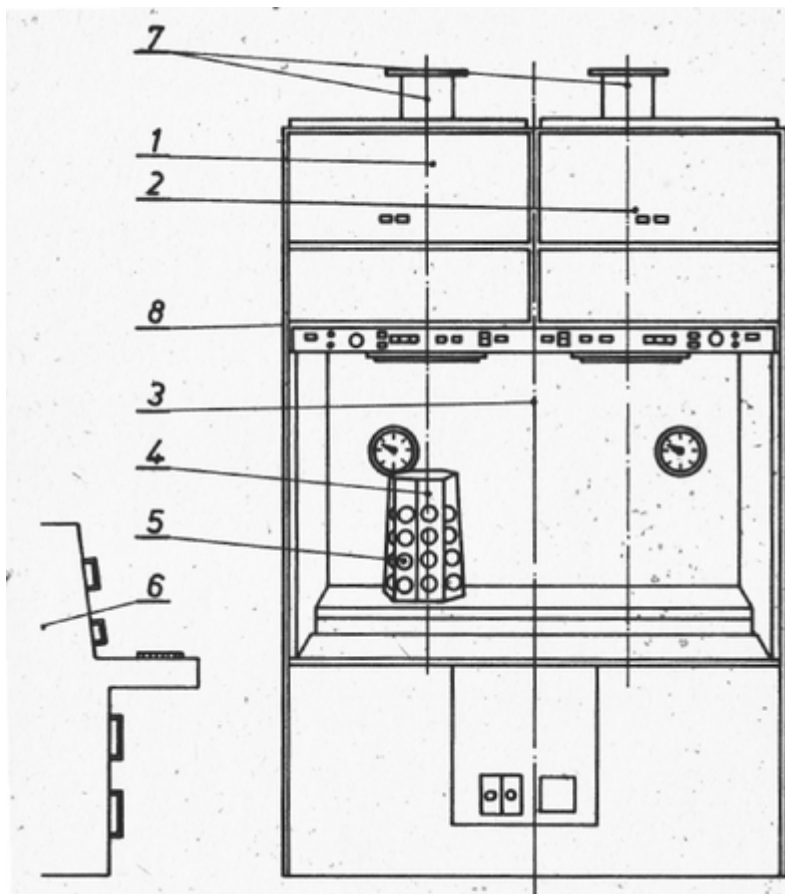


Abb. 2.7 Epitaxie-Vertikalanlage

- 1 Reaktorkammer, 2 Reaktorkammer, 3 Beladungs-Laminar-Flow-Box,
 4 Graphit-Scheibenträger, 5 Si-Scheiben, 6 Elektronischer Steuerschrank,
 7 Absaugung, 8 Gasversorgungs- und Regelsystem (an der Rückseite der Anlage montiert)

3. TSA zur Metallisierung von Emitter-, Basis- und Kollektorkontaktflächen

3.1. TSA zum naßchemischen Verfahren

Als TSA für die naßchemischen Verfahren der Leistungselektronik, wie für das Metallabscheiden aus wässrigen Lösungen zur stromlosen Vernicklung und Vergoldung der Prozeßscheiben, werden NAP nach dem Tauchverfahren nach wie vor ökonomisch günstig in der Produktion eingesetzt.

Wie im Pkt. 2.1. beschrieben, sind die NAP dafür ausgelegt und können mit folgenden zusätzlich benötigten Baugruppen bzw. Baueinheiten ausgerüstet werden:

- Dosiersystem für die exakt kontrollierte automatische Zugabe von Komplexbildnern, gesteuert in Abhängigkeit von der Badtemperatur bei stromlosen Metallisierungsbädern,
- pH-Wert-Kontrollgerät zur Messung, Anzeige, Kontrolle und Überwachung der pH-Wertänderung der Metallisierungsbäder,
- Badheizer zur Erwärmung der Prozeßbäder und Badtemperaturregelung über elektronischen Temperaturregler,
- automatische Dosiergeräte für die exakte Zugabe von vorherbestimmten und vorprogrammierten Mengen von gelösten Metallsalzen, bzw. Metallbädern und Reduktionsmitteln.

3.2. TSA zum physikalischen Verfahren

3.2.1. Hochvakuum-Bedampfungsanlagen

In den Halbleiter-Fertigungsbetrieben der Mikroelektronik oder Leistungselektronik sind seit vielen Jahren Hochvakuum-Bedampfungsanlagen zum Aufbringen von Leiter- und Kontaktbahnen sowie zur Rückseitenmetallisierung von Si-Scheiben im Einsatz.

Von allen bekannten Anlagenherstellern des In- und Auslandes werden heute komplette Anlagensysteme angeboten, die durch folgende Merkmale zu einer einheitlichen Gestaltung als moderne Produktionsmittel gekennzeichnet sind:

- leichtes Bestücken und Umrüsten für unterschiedliche Technologien (Grundausrüstung mit vielen einsetzbaren Zusatzeinrichtungen),
- Pumpaggregate wahlweise mit HV-Stufen als Öldiffusionspumpe oder als treibmittelfreies System,
- Anlagen vorbereitet zum Wandeinbau, d. h. clean-room-gerechte Gestaltung,
- hohe Produktivität,

- Kammern und Quellen vorbereitet für Komponenten-Verdampfungen (für Legierungsschichten, Mehrlagensysteme usw.),
- Mikroprozessor- bzw. Mikrorechner-Steuerung, vollautomatisierter freiprogrammierbarer Prozeßablauf,
- Erfüllung höchster Reinheitsansprüche in der Vakuumkammer.

Der Aufbau und die Wirkungsweise einer modernen Hochvakuum-Bedampfungsanlage soll an einem in der Leistungselektronik eingesetzten Anlagenbeispiel aufgezeigt werden, welches folgende wesentliche typische Kriterien aufweist (siehe Abb. 3.1 und 3.2):

- Vakuumkammer
 kompakte Ausführung . . . ~ -
 Schalenbauweise aus Edelstahl, rippenfrei durch teilweise gewölbte Wände
 kubische Form
 Außenflächen mit Rohrsystem für Kühl- und Heizbetrieb
 Kammertür mit Beobachtungsfenster
- Pumpaggregate
 Die Pumpaggregate sind als Einheiten austauschbar gestaltet, die Trennstelle befindet sich an der Vakuumkammer-Rückwand. Zur Hochvakuum-Erzeugung können wahlweise treibmittelfreie Aggregate (z. B: mit Kryopumpe und Kühlfallen) oder Öldiffusionspumpenaggregate eingesetzt werden. Zur Vorvakuum-Erzeugung dient ein Einheits-Vakuomaggregat (Drehschieberpumpe und Rootspumpe) in separater Anordnung.
- Steuerungs- und Versorgungsschränke
 Sie beinhalten zur Steuerung, Messung und Überwachung für den unterschiedlichsten Prozeßablauf:
 - Mikroprozessor- bzw. Mikrorechner-Steuerung zum vollautomatischen Prozeßablauf mit freier Wahl den technologischen Ablaufes und der technologischen Parameter
 - Hochspannungsversorgung von 1 bis 3 Elektronenstrahl-Verdampfern
 - Emissionsstrom- oder Ratenregler
 - Elektronenoptische Strahlsteuerung
 - Strahlablenkung
 - Fernbedienung.
 - Ausbaustufe für Selektiv- bzw. Simultanbetrieb

- Prozeß-Schichtdicken-Meß- und –Ratenregelgerät
- Blendensteuerung
- Meß- und Regelgerät zum Messen der Restgaszusammensetzung und zur Kontrolle der Aufdampfprozesse
- Vakuummeßgerät
- Automatische-Druckregelung für Aufdampfen
- Zusatzeinrichtungen
 - Elektronenstrahl-Verdampfungseinrichtungen mit permanentmagnetischer Strahlumlenkung von 270° bei unterschiedlicher Leistung von 6, 10, 14 bis 18 kW und Tiegelvolumen bei Einnapftiegeln von 8cm³, 40cm³, 50cm³ bis 120cm³; Einsatz von Mehrfachtiegel (2- bis 4-Napftiegel) wird zum Verdampfen von Dielektrika (Mehrfachschichten) angewendet in Verbindung mit einer Springstrahleinrichtung oder Ausbildung als Drehtiegel
 - Einheits- Rotationsantrieb (motorisch) für verschiedene Objekthalterungen, wie z.B. für Rohpaletten von d = 470 bis 660mm oder für Rohkalotten mit R = 300 bis R = 600mm, weiterhin Planetensätze zur Aufnahme von Si-Scheiben. Die Einzelkalotten sind mit Spezialkupplung und -zange ohne Handberührung am Planetentrag- und Antriebssystem aufsteckbar. Planetensätze können mit Si-Scheiben bestückt werden für folgende Chargenkapazitäten:

bei d = 2"	126 Stück
3"	75
100 mm	45
150 mm	15
 - Substratheizung (Rückseitenheizung)
 - Glimmeinrichtung
 - Schichtdickenmeß- und Steuergerät, wie prozeßgesteuertes Quarzschichtdickenmeß- und Ratenregelgerät für maximal 10 Aufdampfregime, sowie für 3 verschiedene Verdampfer programmierbar, Rohrblende mit Quarzhalter zur Dampfstrahluntersetzung; optisches Schichtdickenmeßgerät; Testglaswechsler; Testglashalter; Fotometer
 - pneumatische Zugblende zur Abdeckung der Verdampfer
 - pneumatische Schwenkeinrichtung
 - Auskleidung für die Vakuumkammer wie Kammerauskleidung "kühl- und heizbar" Bodenbedampfungsschutz zweiteilig mit Höhenverstellung, .
Spiegelsystem zur ungehinderten Beobachtung der Verdampfer.

3.2.2. Hochvakuum-Sputteranlagen

Als Anlagen oder Anlagensysteme zum Katodenzerstäuben (Sputtern) als Beschichtungsverfahren sind heute in der Mikro- sowie Leistungselektronik Hochratezerstäubungs-Anlagen im Einsatz.

Den prinzipiellen Aufbau einer Katodenzerstäubungsanlage für die Plasma-Prozesse, d. h. zum Plasma- Ätzen und -Beschichten von Si-Scheiben, zeigt Abb. 3.3 in der Prinzipdarstellung für eine Labor- bzw. Entwicklungsanlage in einfacher Form. Dabei sind Produktions-Anlagensysteme mit verschiedenen Komponenten ausrüstbar für die unterschiedlichen Technologien bzw. Prozeßabläufe (siehe Abb. 3.4 Anlagenbestandteile und Abb. 3.5 Prinzipschaltungen bzw. Einsatzvarianten).

Mit der Entwicklung von Ringspaltentladungsquellen (Plasmatron, Magnetron), bei denen hinter dem Target (Katode) ein starker Ringspaltmagnet angeordnet ist, konnten zur einfachen Prozeßführung beim Hochratezerstäuben mit Plasmatrons leistungsfähige Anlagensysteme als Chargenanlagen und Durchlaufanlagen von in- und ausländischen Herstellern entwickelt und angeboten werden.

Aufbau und Wirkungsreise:

Chargenanlage bzw. Schleusenanlage

Aufbau als Modulsystem bzw. in Modulbauweise zur Kombination mit verschiedenen Beschichtungs- und Vorbehandlungseinrichtungen (wie Ionenätzen, plasmachemisches Ätzen).

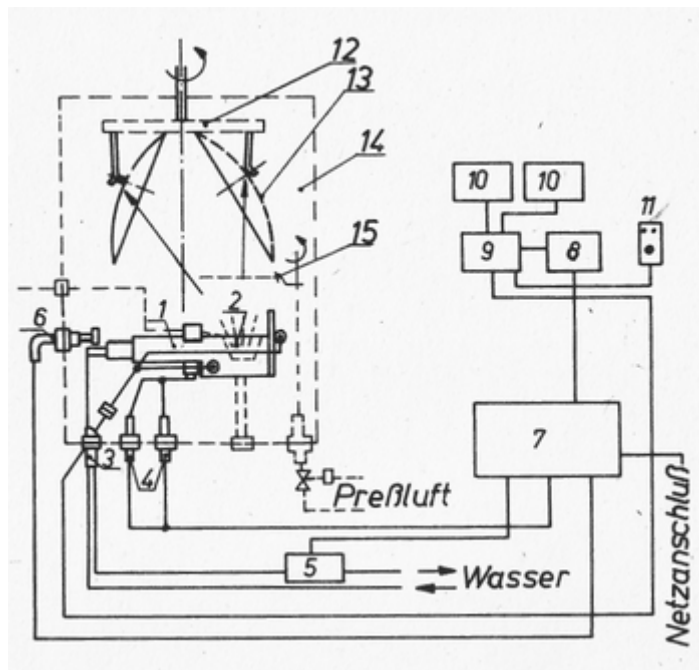


Abb. 3.1 Blockdiagramm-Bedampfungsanlage mit Elektronenstrahlverdampfer
 1 Elektronenstrahl-Verdampfer, 2 Tiegel, 3 Wasser/Stromdurchführung,
 4 Hochspannungsdurchführung, 5 Wasserdurchflußwächter, 6 Sicherheitschalter,
 7 Hochspannungs-Versorgung, 8 Emissionsstrom- oder Ratenregler,
 9 Elektronenoptische Strahlsteuerung, 10 Strahlablenkung, 11 Fernbedienung,
 12 Planeten-Kalottenantrieb, 13 Si-Scheiben auf Objektträger, 14 Rezipient, 15 Blende

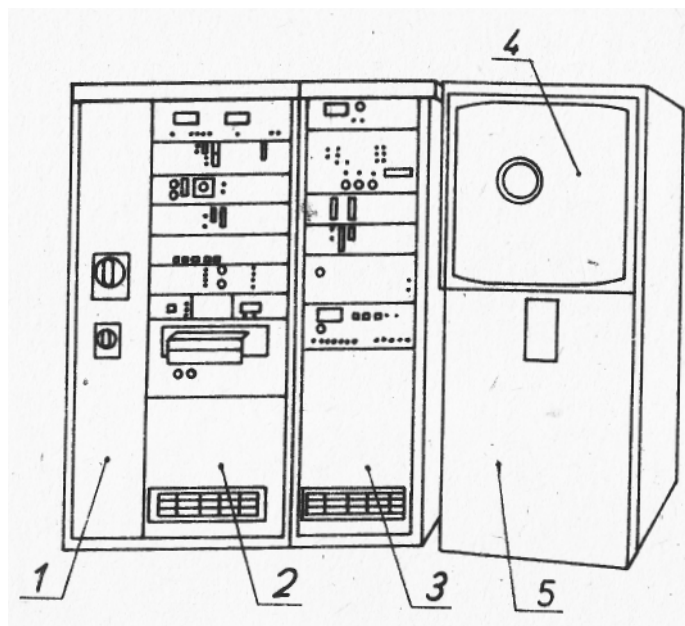


Abb. 3.2 Hochvakuum-Bedampfungsanlage
 1 Stromversorgung, 2 Prozeßsteuerschrank, 3 Hochspannungs-Versorgungsschrank,
 4 Rechteck-Rezipient, 5 Hochvakuumssystem

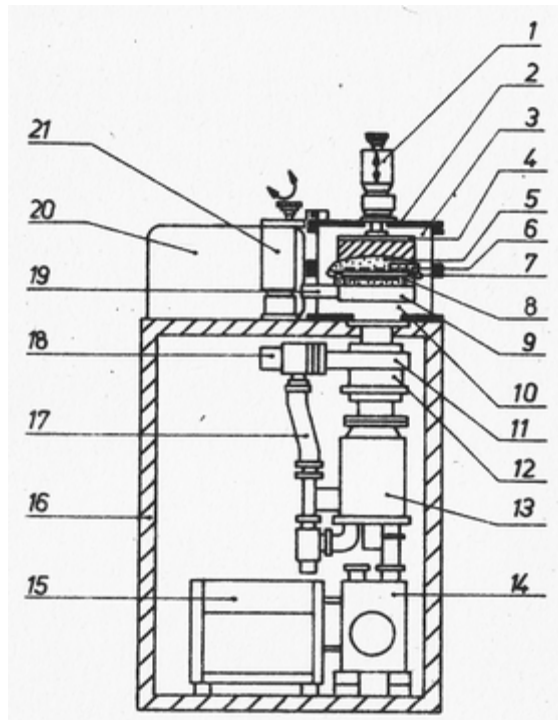


Abb. 3.3 Prinzipdarstellung Labor-Katoden-Zerstäubungsanlage

1 Anode-Höhenverstellung, 2 Rezipienten-Deckel, 3 Rezipienten-Oberteil, 4 Anode, 5 Plasma, 6 Substrate, 7 Ringförmiges Gasversorgungs-System, 8 Katode mit Isolator, 9 Katoden-Gehäuse, 10 Rezipienten-Unterteil, 11 Hochvakuum-Ventil, 12 Drosselventil, 13 Hochvakuum-Pumpe, 14 Vorvakuum-Pumpe, 15 Ölfilter-Einrichtung, 16 Rampen-Gestell, 17 By-Pass-Leitung, 18 By-Pass-Vorvakuum-Ventil, 19 Durchführungen von Kühlwasser und HF, 20 Anpassungs-Netzwerk, 21 Schwenk-Vorrichtung für Rezipienten-Deckel

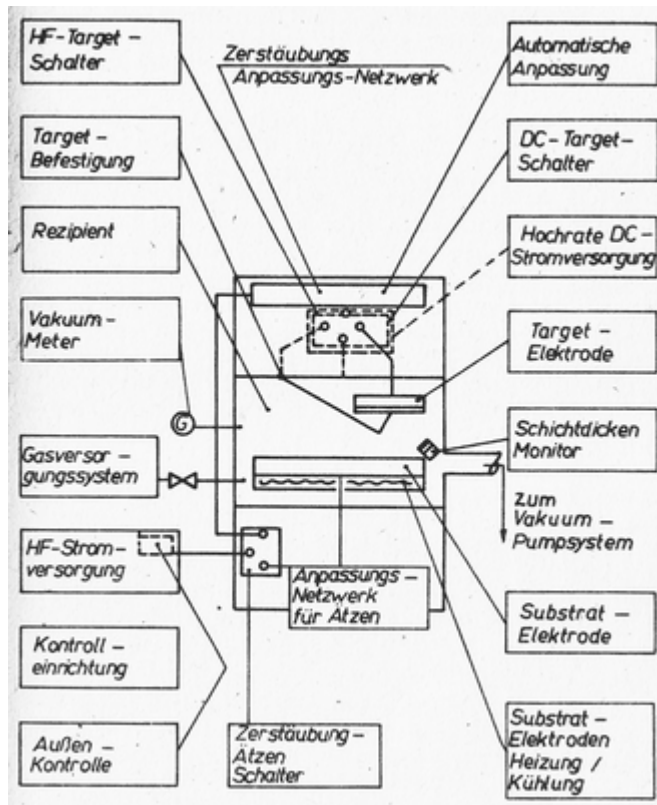


Abb. 3•4 Anlagenbestandteile

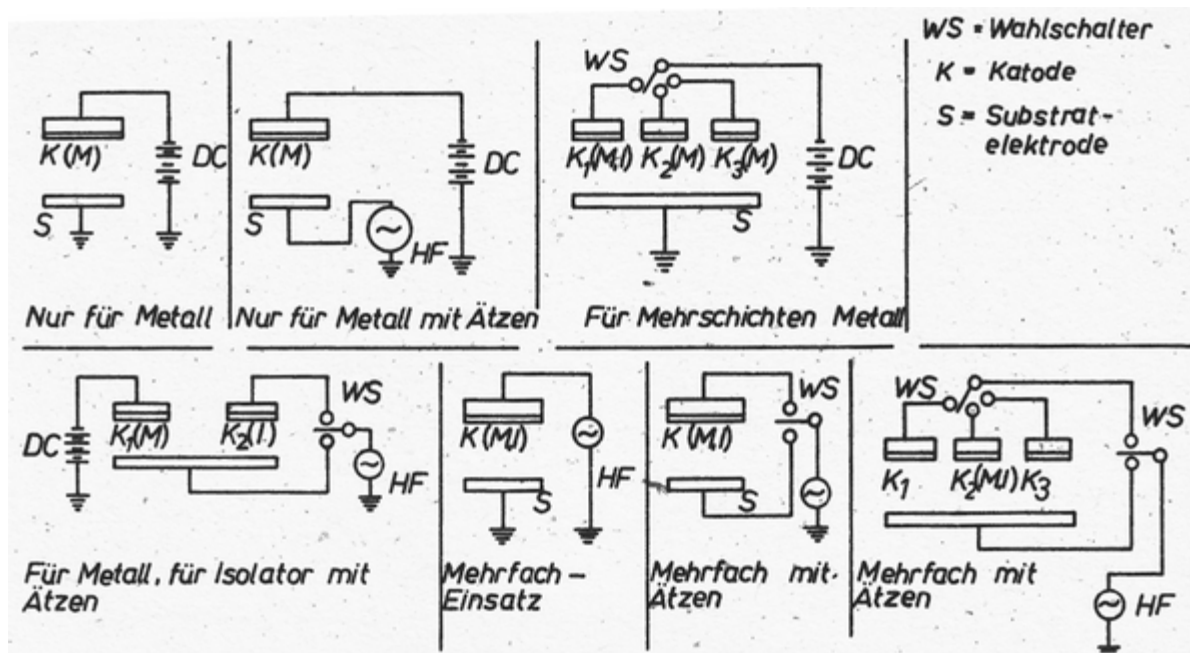


Abb. 3.5 Prinzipschaltungen, Einsatzvarianten

Eine typische Chargenanlage besteht aus

- Bereitstellungsstation zur Bestückung der Si-Scheiben auf Paletten z. B. Drehteller, der nach Bestückung um 180° gedreht wird (Substrate in ihren Aufnahmen hängen nach unten, Beschichtung von unten nach oben verhindert Ablagerung von Flittern und Staub) und dann zur Einschleusung bereitsteht. Nach Ausschleusung erfolgt in der Station auch Substratentnahme von den Paletten.
- Schleusenkammer besteht aus einem Vakuum-Rezipienten. Die Eingabeöffnung ist durch eine pneumatisch betätigte Klappe (Schleusenventil) vakuumdicht verschlossen. Die Kammer wird durch ein VV-Pumpsystem evakuiert. Zur Oberflächenreinigung der Substrate kann hier plasmachemische Ätzung erfolgen.
Beim Transport der bestückten Paletten aus der Schleusenkammer in die Arbeitskammer wird das Vakuum der Schleusenkammer stets niedriger gehalten als in der Arbeitskammer, um die Arbeitskammer sauber zu halten.
- Arbeitskammer besteht aus einem HV-Rezipienten, der über ein Schleusenventil mit der Schleusenkammer verbunden ist. Der Boden der Arbeitskammer ist ausgelegt zur Aufnahme von z. B. 3 Plasmatron-Beschichtungsquellen und 1 Strahlungsheizer. Ein automatisches Blendensystem schirmt die 4 Prozeßstationen so ab, daß keine gegenseitige Beeinflussung erfolgt.

Arbeits- und Schleusenkommer sind mit nach oben aufklappbarem Rezipientendeckel zum leichten Zugang für Reinigung der Einbauten ausgerüstet.

Der Boden der Arbeitskammer ist absenkbar für Reinigungs- und Servicearbeiten.

Während des Beschichtungsprozesses drückt eine Hebevorrichtung den Boden gegen die Kammerdichtung. Der Rezipientendeckel sowie die Bodenstationen werden wassergekühlt.

- Vakuumerzeugungssystem besteht aus VV-Pumpaggregat wie bei den Hochvakuum-Bedampfanlagen und HV-Pumpaggregat sowie Vakuummeter und entsprechender Steuerung.
- Anlagensteuerung, Kontrolle und Überwachung durch einen Mikrorechner
Die freiprogrammierbare Steuerung erlaubt einen variablen Betrieb für verschiedene Prozeßabläufe, Dateneingabe nach dem Dialogprinzip und on-line-Prozeß-Diagnose. System-Status und Prozeß-Parameter werden auf dem Bildschirm angezeigt.

Durchlaufanlage

Ein äquivalenter Aufbau zu dem der Chargenanlage ist für die Durchlaufanlage typisch.

Sie unterscheidet sich von der Chargenanlage nur in folgenden Merkmalen:

- Nach der Bereitstellungsstation am Anfang der entsprechend dem Modulsystem aufgebauten Durchlaufanlage folgt wie bei der Chargenanlage eine Schleusenkommer mit Schleusenventil und dann aber mehrere Prozeß-, bzw. Arbeitskammern.
- Die Prozeßkammern können vakuumdicht durch Schleusenventile voneinander getrennt sein zur Vermeidung von Verunreinigungen untereinander. In den Prozeßkammern lassen sich verschiedene Beschichtungsprozesse sowie auch Vor- und Nachbehandlungsprozesse durchführen, wie z: B. Ionenätzen, plasmachemisches Ätzen, Heizen und Tempern.
- Als Substratträger dienen ebene Paletten, die im Lineartransport in die verschiedenen Module befördert werden. Der Lineartransport reicht bis zur Ausgabestation (letztes Modul) am Ende der Durchlaufanlage.
- Die Möglichkeit eines automatischen Plattenrücklaufes zur Bereitstellungsstation ist ausführbar, wobei in der Bereitstellungsstation an einem Ort die Si-Scheibenbestückung und Entnahme von den Paletten erfolgen kann.
- Eine Ausbildung der Prozeßkammern zur Zweiseitenbeschichtung der Substrate ist möglich durch Anordnung der Plasmatron-Quellen beidseitig (oben und unten) sowie die

Anordnung von Substraten auf beiden Seiten der Substraträger (Paletten) bei Beschichtung von beiden Seiten oder Wenden der Substraträger um 180°.

Abb. 3.6 zeigt eine moderne Hochrate-Zerstäubungs-Durchlaufanlage mit Paletten für die Zweiseitenbeschichtung.

Technische Parameter sind:

Palettenabmessungen: 500 x 500 mm²

Plasmatron: 4 x 25 kW (z. B. Ni und Al oder NiCr und AlSi) .

Zykluszeit: 3 bis 4 min

Produktivität: 7,5 - 10 m³/h

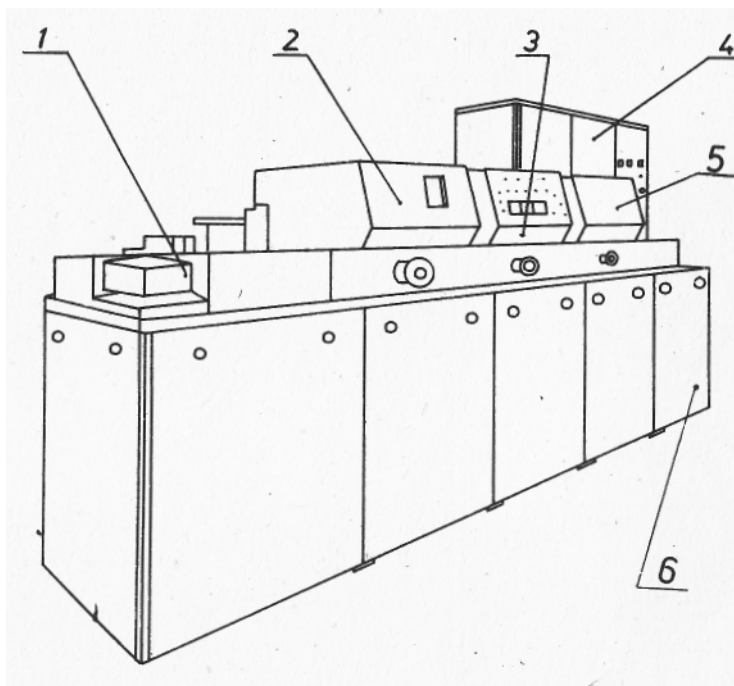


Abb. 3.6 Hochrate-Zerstäubungs-Durchlaufanlage

1 Eingabestation, 2 Plasmachemische Ätzstation, 3 Heizstation, 4 Steuerschränke,
5 Beschichtungsstation, 6 Ausgabestation

4. TSA zur Fotolithografie im Zyklus I

4.1. Kontaktprinter

Im Abschn. 1 ist bereits genannt, daß eine Belackung bzw. Beschichtung von Si-Scheiben mit speziellen Fotolacken durch automatische Produktionsanlagen im "in-line"-Betrieb erfolgt.

Für besondere Fälle z. B. in der Leistungselektronik beim Prozeßkomplex Glaspasivierung für das Auftragen von Glaspasten wird das Siebdruckverfahren angewandt, wobei die Glaspaste durch Siebdruck gezielt in die hergestellten Gräben der strukturierten Si-Scheibe aufgebracht wird.

Geeignete Ausrüstungen dafür sind Kontaktprinter bzw. Siebdruckmaschinen.

An einem Ausrüstungsbeispiel soll die prinzipielle Wirkungsweise und der Aufbau der Maschine erläutert werden (siehe Abb. 4.1).

Hauptbestandteile der Maschine sind:

- Substrat-Positionier-Station
- Schablonenaufnahme- und Positionier-Station
- Kontroll-Mikroskop
- Automatische Substrat-Bewegungseinheit
- Druckstock (mit Siebaufnahmestation)
- Rakel-Vorrichtung
- Aufzeichnungsvorrichtung.

Die Maschine besitzt nach Eingabe der Si-Scheibe von Hand auf die Substrat-Positionier-Station eine automatische Zuführung der Si-Scheibe über die Substrat-Bewegungseinheit zur Druckstation. Die Druckstation enthält den Siebrahmen zur Aufnahme des Drucksiebes.

Das Sieb besitzt auf seiner Unterseite eine aufgebrachte fotoempfindliche Folie, auf die vor dem eigentlichen Siebdruckprozeß das Schablonenbild mit einer gesonderten UV-Belichtungseinrichtung (Lichtkastenprinzip) übertragen wurde.

Zum Auftragen und Verteilen der Glaspaste von der Oberseite aus durch das Sieb dient die Rakelvorrichtung, die beim Andruck des Siebes mittels der Aufzeichnungsvorrichtung auf die Si-Scheibe die Glaspaste durch Hin- und Herstreichen mit der Rakel (Weichgummi) aufträgt.

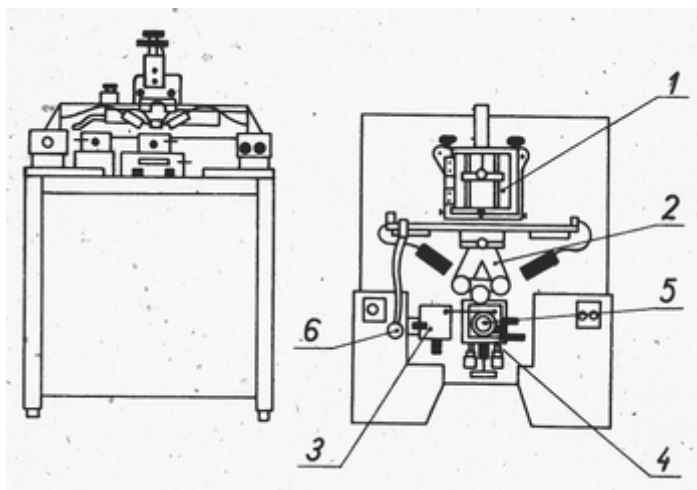


Abb. 4.1 Siebdruckmaschine

1 Siebdruckstation, 2 Mikroskop, 3 X, Y, Theta-Maskenhalter-Station, 4 X, Y, Theta-Scheiben-Positionier-Station, 5 Maskenhalter (geöffnet bei Scheibenbeladung), 6 Mikroskop-Manipulatoren

In der Schablonen-Positionierstation wird die Fotoschablone aufgenommen und in X- und Y-Richtung sowie im Drehwinkel Theta justiert.

Die Substrataufnahme erfolgt ebenfalls mit Vakuum-Halterung auf die Substrat-Positionierstation, wobei die Substrathalterung auch in X, Y und Theta justiert wird.

Der Siebdruckprozeß läuft im wesentlichen wie folgt ab:

- Kontrolle der Rakeljustierung (Parallelität), Rakel- und Aufzeichnungs-Geschwindigkeit, Druck und Höhendistanz der Siebeinstellung (zwischen Sieb und Substrat)
- Probedruck auf eine Si-Scheibe. Dieser Vorgang läuft nach Betätigung der links und rechts angebrachten Druckschalter automatisch ab.
- Nach Ausführung des gewünschten Probedruckes Einlegen der entsprechend dem Siebdruckbild gleichen Fotoschablone in den Vakuum-Schablonenhalter
- Leichtes Aufklappen des Schablonenhalters über die probegedruckte Si-Scheibe in der Substrat-Positionier-Station
- Unter Beobachtung durch das Kontrollmikroskop erfolgt nun durch die Bedienungsperson die Schablonen/Substrat-Justierung in X, Y und Theta.
- Nach Erreichen einer exakten Überdeckung der Strukturen von Schablone und Probesubstrat ist die gesamte Einstellung und Justierung der Maschine für die Folgedruck-Prozesse abgeschlossen.
- Zur Durchführung der Folgedrucke ist durch die Bedienungsperson die Eingabe der Si-Scheiben von Hand auf die Substratstation und die X-, Y- und Theta-Justierung der Substratstrukturen zu den Fotoschablonen-Strukturen notwendig. Der weitere Substrattransport (hin und zurück) für die Druckstation sowie der Druckprozeß laufen nach Auslösen des Zyklus automatisch ab.

4.2. Justier- und Belichtungseinrichtungen

Zur Belichtung von mit Fotolack beschichteten Si-Seheiben eingesetzten Einrichtungen in der Mikro- und Leistungselektronik unterscheidet man international folgende 3 verschiedene Ausführungen:

- a) Kontakt-Justier- und Belichtungseinrichtung
- b) Abstands-Justier- und Belichtungseinrichtung
- c) Projektions-Justier- und Belichtungseinrichtung.

Dabei können Kontakt- und Abstands-Justier- und Belichtungseinrichtungen in einer Einrichtung kombiniert sein.

Zum automatischen Prozeßablauf sind Einrichtungen nach dem Abstands- und Projektionsverfahren geeignet im Betrieb von Magazin zu Magazin. Die ökonomisch günstigste Auswahl einer für Produktionszwecke einzusetzenden JuB richtet sich nach mehreren Kriterien, wie z. B.:

- Fotolithografie-Niveau hinsichtlich Auflösungsvermögen für Strukturbreiten kleiner $1\mu\text{m}$ bis größer $2\mu\text{m}$. Die Projektionsbelichtung ermöglicht praktisch z. Z. nur einen Einsatz für Strukturen von 2 bis $2,5\mu\text{m}$.
- Beschichtete Scheiben mit Positiv- oder Negativ-Fotolack. Negativlacke bei Projektionsbelichtung sind problematisch hinsichtlich ausreichender Lackhaftung.
- erforderlicher Scheibendurchsatz pro Stunde
- Anzahl der Fotolithografie-Prozesse in der Zyklus I-Technologie (unterschiedlich für Mikro- und Leistungselektronik)
- Kostenverhältnis Einrichtung zu Schablonenverbrauch.

Unter Berücksichtigung der verschiedenen Auswahlkriterien setzen sich international die Projektions-Justier- und Belichtungseinrichtungen immer stärker durch für den Produktionseinsatz, da die Schablonenkosten doch erheblich sind und somit im Zuge der technischen Weiterentwicklung der Einrichtungen die Einsparung der Schablonen-Kosten für den Anwender eine immer entscheidendere Rolle spielt.

In Abb. 4.2 ist eine moderne Projektions-JuB dargestellt und Abb. 4.3 zeigt den für solche Einrichtungen typischen Prinzip-Strahlengang.

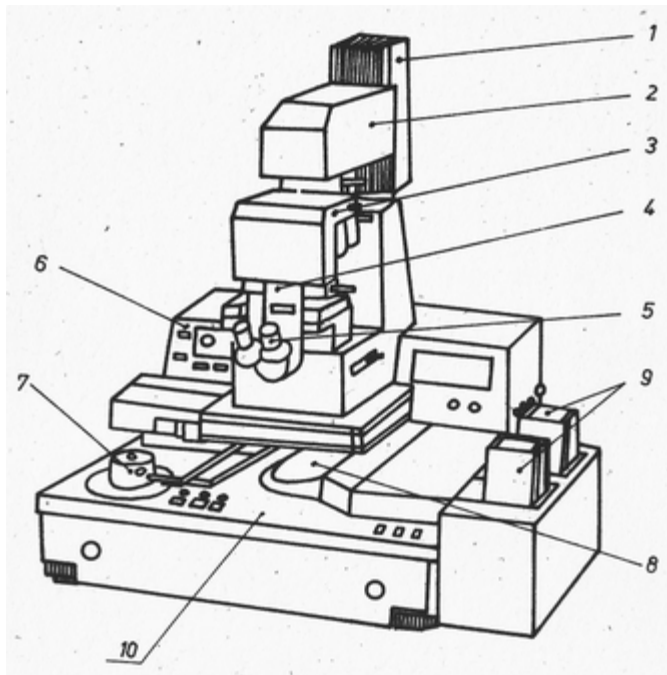


Abb. 4.2 Projektions-Justier- und Belichtungseinrichtung

1 Belichtungslampe, 2 Kondensator, 3 Schablonenaufnahme, 4 Projektionstubus, 5 Beobachtungsmikroskop, 6 Steuerteil, 7 Schablonen-Manipulator, 8 automatische Scheibenhaltung und Drehtisch, 9 Scheiben-Magazin-Be- und Entladestation, 10 Grundkörper.

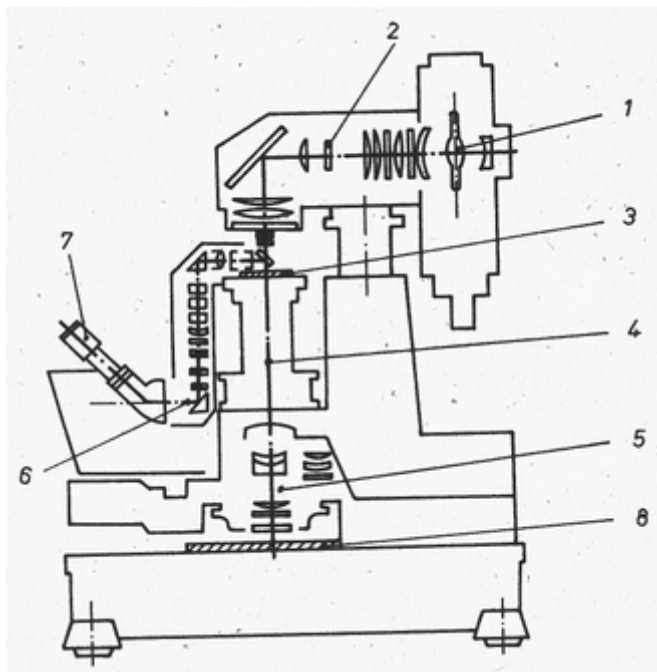


Abb. 4.3 Prinzip-Strahlengang Projektions-Justier- und Belichtungseinrichtung

1 Hg-Hochdrucklampe, 2 Filter (Blende), 3 Fotoschablone (Objekt-Träger), 4 Hauptstrahlengang (Belichtung), 5 Linsensystem, 6 Nebenstrahlengang (Beobachtung), 7 Beobachtungsmikroskop, 8 Si-Scheibe (Belichtungsfläche)

Nachfolgend sollen wesentliche technische Merkmale einer Projektions-Belichtungseinrichtung aufgezeigt werden:

- Magazinein- und -ausgabestation mit Magazinwechsler
 - Einsatz von Stapelmagazinen zum automatischen Scheibendurchlauf
 - automatische Scheibenein- und -abgabe über Drehteller in die Justier- und Belichtungsposition der Si-Scheibe, d. h. in den Belichtungsstrahlengang hinein und heraus
- Justierstationen für Vorpositionierung und Feinjustierung
 - Manipulator für Fotoschablone in X- und Y-Richtung von Hand oder automatisch, die automatische Feinjustierung erfolgt nach Justiermarken auf der Scheibe (Justiermarken auf jedem Chip oder mindestens 2 gesonderte Justiermarkenfelder auf der Scheibe innerhalb des Objektivverstellbereiches des Justiermikroskopes)
 - Winkel-Justierung ($\pm 3^\circ$) des Dreh- bzw. Aufnahmetellers der Si-Scheibe automatisch
- UV-Belichtungseinheit mit optischem System
 - automatische Belichtung der Si-Scheibe über automatischen Filterwechsel zur Freigabe des UV-Strahlenganges für die direkte Bestrahlung der Scheibe und Ausblendung des Justiermikroskopes
 - die Belichtungszeit wird automatisch geregelt über einen Lichtintegrator nach vorgewähltem Einstellwert
 - die Lichtquelle ist eine Quecksilber-Höchstdrucklampe von 500 W (im Impulsbetrieb 750 W)
 - Ausrüstung mit einer Projektionslinse zu einem Abbildungsmaßstab von 1:4
- Justiermikroskop (Splitfield-Mikroskop)
 - Meßwertgewinnung innerhalb des lichtelektrischen Regelkreises der automatischen Justierung
 - visuelle Kontrolle für Justierung der Schablone
 - Beobachtung bzw. Überwachung bei manueller Justierung
- Steuerung des automatischen Prozeßablaufes
 - Mikroprozessorsteuerung des gesamten Programmablaufes eines Arbeitszyklus bei Ermittlung und selektiver Anzeige von Störungen
 - zusätzliche Thermostatisierung von Schablone und Si-Scheibe für höchste und reproduzierbare Übertragungsgenauigkeiten.

5. TSA zur mechanischen Oberflächenbearbeitung durch Läppen und Polieren im Zyklus I

Bei den in der Mikro- und Leistungselektronik angewandten Läpp- und Poliermaschinen haben sich bis heute folgende Ausführungen im Produktionseinsatz bewährt:

- Produktive Einscheibenläppmaschine gemäß Abb. 5.1 mit folgenden wesentlichen Merkmalen:
 - Läppttechnik ähnlich dem Käfigläppverfahren gemäß Abb. 5.2, aber mit stationären Läuferplatten, auf die Si-Scheiben aufgeklebt sind
 - Rotieren der mit Si-Scheiben bestückten Läuferplatten aus Metall (z. B. Stahl, Alu) oder aus Glas oder Graphit gleichsinnig zur Rotation der großen Läpp-Platte aus Läppguß in Käfigen oder einzeln
 - Erzeugung des notwendigen Läppdruckes durch zusätzliche Gewichtsplatten auf die Läuferplatten oder durch hydraulische bzw. pneumatische Arbeitszylinder, deren an den Kolbenstangen befestigte Druckplatten die Läuferplatten an die große Läpp-Platte andrücken
 - Die genutete große Guß-Läpp-Platte wird durch die Käfig- bzw. Läppringe beim Läpp-Prozeß gleichzeitig abgerichtet.
 - Eine Zuführung des erforderlichen Läpp-Mittels zum Prozeß erfolgt automatisch regelbar. Zur Läppmittelversorgung gehört ein Läppmittel-Zuführungsbehälter mit Rührwerk und Pumpe sowie ein Abfallbehälter.
 - Selbständige Steuerung der gesamten Maschine über Zeitschaltglieder bzw. Schaltuhr
 - Zum Erreichen höchster Genauigkeit für die zu läppenden Si-Scheiben ist die Ausbildung der Maschine mit einem Druckluftlager für die große Läppscheibe möglich. Damit wird die Läppscheibe am Punkt der maximalen Belastung unterstützt, und zusammen mit einem speziellen Multi-V-Antriebsriemen wird ein völlig vibrationsfreies Rotieren der Läppscheibe gewährleistet.
- Produktive Poliermaschinen gemäß Abb. 5.3 unterscheiden sich nur in wenigen folgenden Merkmalen von den Einscheiben-Läppmaschinen:
 - Anstelle von Läpp-Platte bzw. Läpp-Scheibe hier Einsatz einer Poliergrund-Platte aus Metall (wie z. B. Alu, Ms, Cu, Ni, Mo, Bz) oder Glas, die mit einer saugfähigen Polierunterlage, wie z. H. Poliertuch, beklebt oder bespannt ist.

- Zuführung von Poliermittel anstelle von Läppmittel. Poliermittel enthalten im allgemeinen mechanisch und chemisch wirkende Substanzen in geeigneter Mischung.
- Zur Abfuhr der entstehenden Wärme beim Polieren, um das Erweichen des Klebers der aufgeklebten Si-Scheiben bei Temperaturen über 50 °C zu vermeiden, kann die Poliergrund-Platte wassergekühlt werden. Dafür ist es erforderlich, eine Spezial-Poliergrund-Platte einzusetzen, in deren Unterseite ein Wasser-Kühlungs-Kanalsystem eingearbeitet ist. Mit solchen gekühlten Poliergrund-Platten ist außerdem höchste Präzision beim Polieren der Si-Scheiben erreichbar.

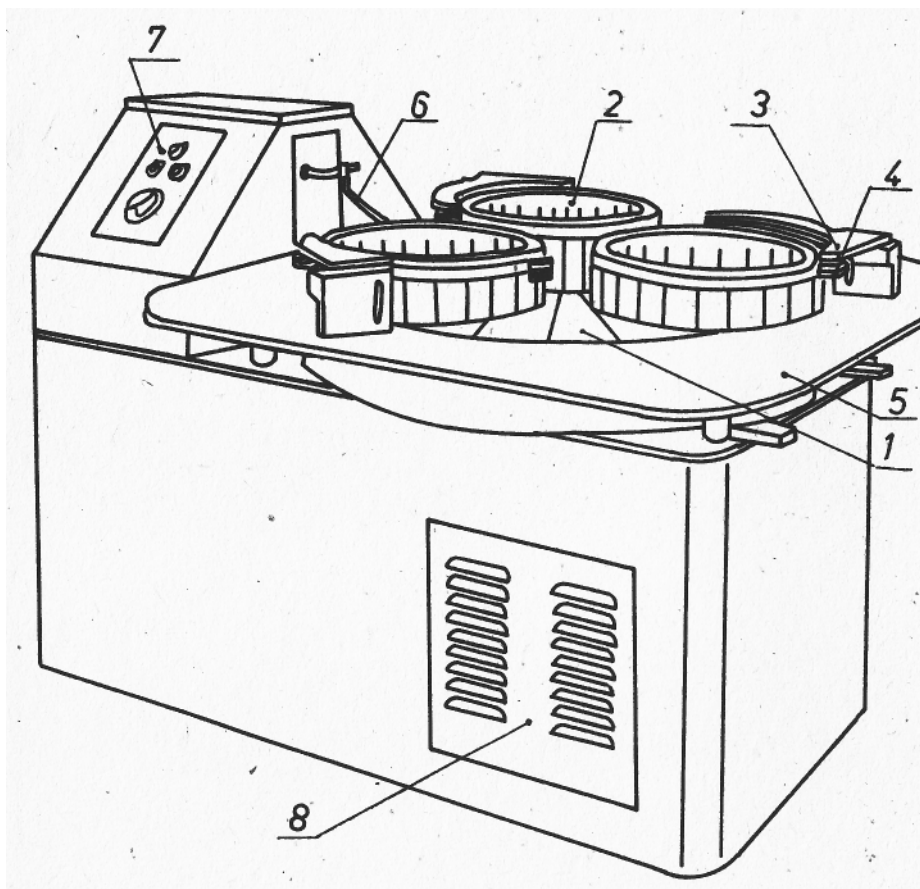


Abb. 5.1 Einscheiben-Läppmaschine

1 Läpp-Platte, 2 Läpp-Ring, 3 Abrollvorrichtung, 4 Rolle, 5 Tisch, 6 Läppmittel-Zuführung, 7 Steuerpult, 8 Antriebsaggregat

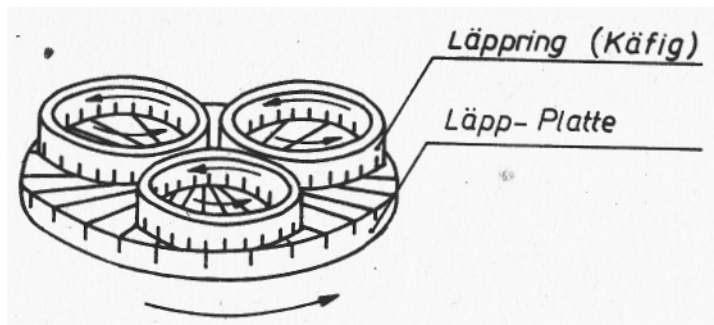


Abb.5.2 Prinzip des Käfiglappens

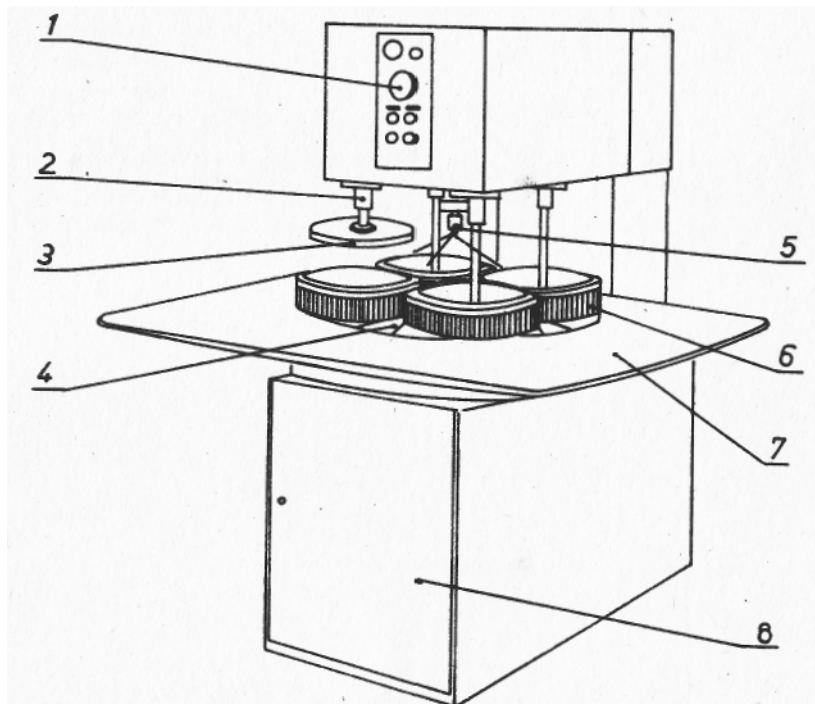


Abb. 5.3 Poliermaschine

1 Steuereinschub, 2 Druckluft-Arbeitszylinder, 3 Druckplatte (Läuferscheibe),
 4 Läpp- bzw. Polierplatte, 5 Poliermittel-Zuführung, 6 Läpp- bzw. Polierring,
 7 Tisch, 8 Antriebsaggregat

6. Reine Räume

6.1 Historischer Überblick /3/

Mit fortschreitender Entwicklung auf dem Gebiet der Halbleitertechnik sowie der wissenschaftlichen Forschung rückte das Problem der Schaffung von staubarmen Arbeitsräumen immer mehr in den Vordergrund. Die 1. Generation Reiner Räume, die darin bestand, daß man gefilterte Luft lokal, mit 10 bis 20 Raumluftwechsel/h, in einen Raum blies, erbrachte eine Senkung der Staubteilchenanzahl (Teilchen größer $0,3 - 0,5\mu\text{m}$) von 50 000 T/l

auf 5 000 T/1. In der 2. Generation wurde versucht, an kritischen Punkten im Fertigungsprozeß ultrareine Zonen zu schaffen, indem diese Arbeitsplätze unmittelbar mit gefilterter Raumluft angeblasen wurden.

Da diese Arbeitsplätze jedoch nicht unseren heutigen Laminarboxen entsprachen, entstanden erhebliche Turbulenzen, die zu ständiger Verwirbelung und unkontrolliertem Vagabundieren der Staubteilchen führten. Erst die 3. Generation Reiner Räume brachte 1961 den entscheidenden Durchbruch. Sie ist gekennzeichnet durch Anwendung des "Laimar-Flow-Systems" (Lüftung durch turbulenzarme Verdrängungsströmung) und charakterisiert das heute international angewandte Grundprinzip in der Reinraumtechnik. Hierbei ist entscheidend, daß die mittels Feinfilter entstaubte Luft mit gleichförmiger Geschwindigkeit von 0,4 - 0,5 m/s den gesamten Querschnitt des Raumes horizontal oder vertikal durchströmt. Damit erfolgt eine kontrollierte und richtungsgebundene Abfuhr der im Raum vorhandenen und ständig neu produzierten Staubteilchen.

6.2. Grundsätzlicher Aufbau Reiner Räume

Reine Räume werden entsprechend ihrem Aufbau in horizontal oder vertikal durchströmte Räume eingeteilt (s. Abb. 6.2.1 und 6.2.2), wobei den vertikal durchströmten Reinen Räumen der Vorzug gegeben wird, obwohl sie eine größere Bauhöhe benötigen.

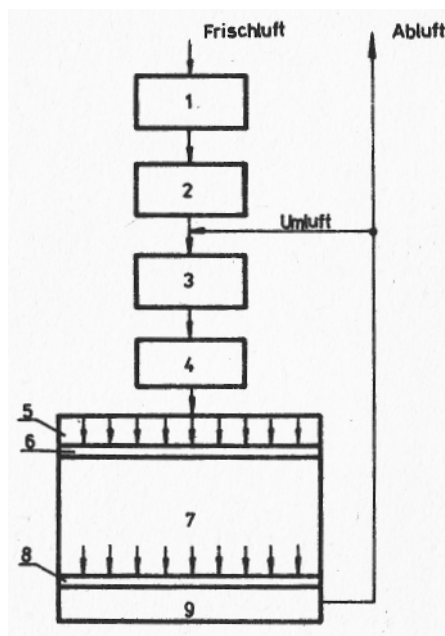


Abb. 6.2.1 Reiner Raum mit vertikaler Luftströmung

1 Rollbandfilter; 2 Klimablock, 3 Lüfter; 4 Vorfilter (z. B. Taschenfilter), 5 Oberer Stauraum, 6 Feinfilterdecke; 7 Reiner Raum, 8 gestelzter (gelochter) Fußboden, 9 Unterer Stauraum

Der Vorteil liegt jedoch in der Gleichmäßigkeit des Entstaubungsgrades über den gesamten Raum. Bei der Aufbereitung der staubarmen Luft werden die gleichen Aggregate und Bauelemente benötigt.

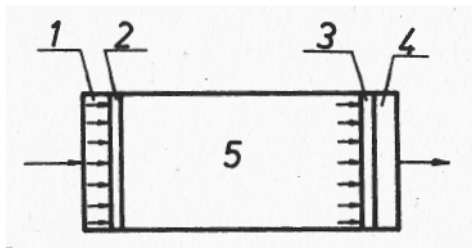


Abb. 6.2.2 Reiner Raum mit horizontaler Luftströmung

1 Zuluftstauraum, 2 Feinfilterwand, 3 Abluftwand, 4 Abluftstauraum, 5 Reiner Raum

Das Rollbandfilter ist unmittelbar hinter der Ansaugöffnung installiert und dient der Absorption grober Schwebeteilchen sowie Insekten usw. Der Klimablock hat die Aufgabe, die erforderliche Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Reinraum zu gewährleisten und ist demzufolge in einen Regelkreis eingebunden, der Toleranzen von $\pm 2\text{ °C}$ und $\pm 5\%$ relative Luftfeuchtigkeit realisieren kann.

Der Lüfter saugt über das Rollbandfilter und den Klimablock die Frischluft sowie über die Umluftleitung die Raumabluft an und drückt sie über das Vorfilter und das Kanalsystem in den oberen Stauraum. Dort entsteht ein gleichmäßiger Überdruck gegenüber dem Reinraum infolge des Filterwiderstandes, so daß durch die gesamte Filterdecke ein gleichmäßiger Luftstrom von 0,4 - 0,5 m/a in den Reinraum gelangt, der, bedingt durch den Unterdruck im unteren Stauraum, den gesamten Raum als laminare Strömung durchzieht.

Diese Konstruktionsvariante gewährleistet einen optimalen Entstaubungsgrad großflächiger Räume bis zur Staubklasse 100 mit der Tendenz zur Staubklasse 10. Die Bau- und Betriebskosten, insbesondere der Energiebedarf, sind jedoch sehr hoch und veranlassen daher die Projektanten und Konstrukteure, ständig nach rationelleren Lösungswegen zu suchen.

6.3. Spezielle Ausführungsvarianten Reiner Räume

Da die Forderungen nach einem hohen Entstaubungsgrad technologieabhängig und somit von Arbeitsplatz zu Arbeitsplatz unterschiedlich sind, wurden in den letzten Jahren Projekte entworfen und realisiert, die eine Minimierung der Betriebskosten zum Ziel haben und gleichzeitig die erforderliche Staubklasse bei den entscheidenden Arbeitsgängen sichern. Häufig finden Reinraumprojekte nach Abb. 6.3.1 bis 6.3.4 Anwendung, die diese Forderung erfüllen.

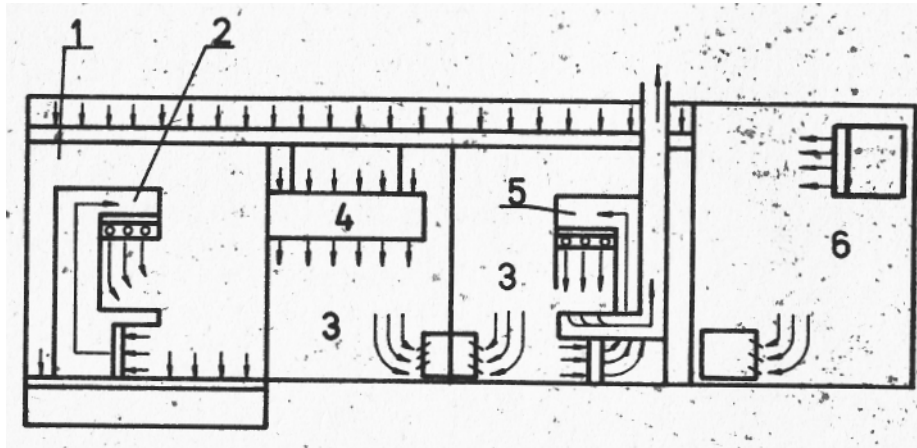


Abb. 6.3.1 Spezielle Ausführungsvarianten Reiner Räume

1. Reiner Raum gemäß Abb. 6.2.1
2. vertikale Laminarbox
3. Reiner Raum mit seitlicher, lokaler Absaugung
4. Laminarstrom-Lüftereinheit.für lokale Entstaubung
5. Chemie-Laminarbox mit Absaugung toxischer Gase nach außen
6. Reiner Raum mit, lokaler Zufuhr entstaubter Luft und seitlicher Absaugung

Den besten Entstaubungsgrad erreicht man in einer Horizontal- oder Vertikal-Laminarbox, die in einem Reinen Raum mit vertikaler Luftströmung gemäß Abb. 6.3.1 installiert ist. Im Arbeitsraum dieser Box wird die Staubklasse 10 sicher erreicht. Ausführungen nach Abb. 6.3.2 bis 6.3.4 sind bezüglich Realisierung und Betrieb kostengünstiger, liegen jedoch bezüglich des Entstaubungsgrades im Reinen Raum um 1 bis 2 Staubklassen schlechter. Dies ist durch das Fehlen einer laminaren Luftströmung bedingt, insbesondere wenn neben dem gestelzten Fußboden auch auf eine durchgehende Filterdecke verzichtet wird. Sie finden aufgrund ihrer geringeren Bauhöhe und der relativ einfachen Bauausführung hauptsächlich dort Anwendung, wo ein Reinraum in einem vorhandenen Baukörper installiert werden muß. Durch den Einsatz von Laminarboxen und Laminarstrom-Filtereinheiten kann jedoch lokal auch in diesen Räumen, ein guter Entstaubungsgrad erreicht werden.

Neueste Untersuchungen befassen sich mit der Ausführungsvariante "Reine Korridore", die ebenfalls das Ziel anstreben, Kosten zu senken und Effekte zu erhöhen. Hierbei geht es um ein Baukastensystem variabel aufstellbarer ultra Reiner Räume (Raumzellen), die durch Schleusen und Korridore verbunden in einem umhüllenden Gebäude installiert sind. (siehe Abschnitt 6.8.)

6.4. Reinraumregime

Neben der konstruktiven und baulichen Ausführung ist die Einhaltung bestimmter Vorschriften und die regelmäßige Überprüfung entscheidender Parameter und Bedingungen für die Erreichung und Erhaltung der erforderlichen Staubklasse von wesentlicher Bedeutung. Der Mensch ist, noch vor dem Material, die größte Staubemissionsquelle, wie die Abb. 6.4.1 und 6.4.2 deutlich zeigen. Das Tragen spezieller Reinraumkleidung, das Vermeiden unnötiger, insbesondere hektischer Bewegungen sowie die Einhaltung aller Vorschriften beim Betreten und Verlassen der Räume sind deshalb von äußerster Wichtigkeit. Je nach Staubklasse sind deshalb den Reinen Räumen Vorbereitungsräume und Luftschleusen vorgelagert, die der Anpassung des Menschen an die Reinraumbedingungen dienen (s. Abb.6.4.3).

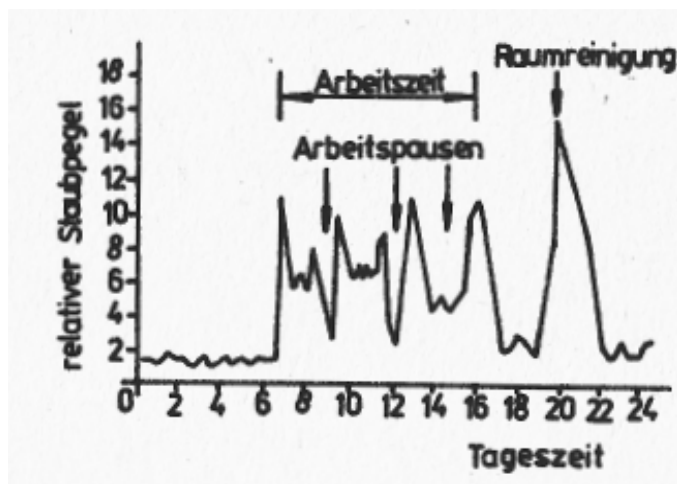


Abb. 6.4.1 Zusammenhang zwischen Arbeitsbewegung und Staubpegel in einem Reinen Raum

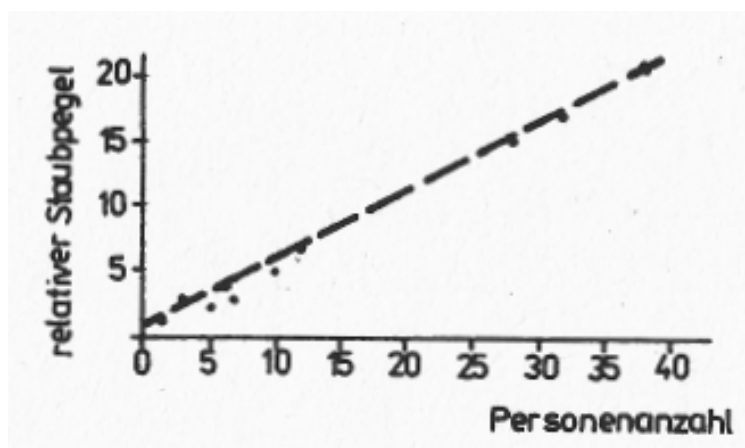


Abb. 6.4.2 Zusammenhang zwischen Personenanzahl und Staubpegel in einem Reinen Raum

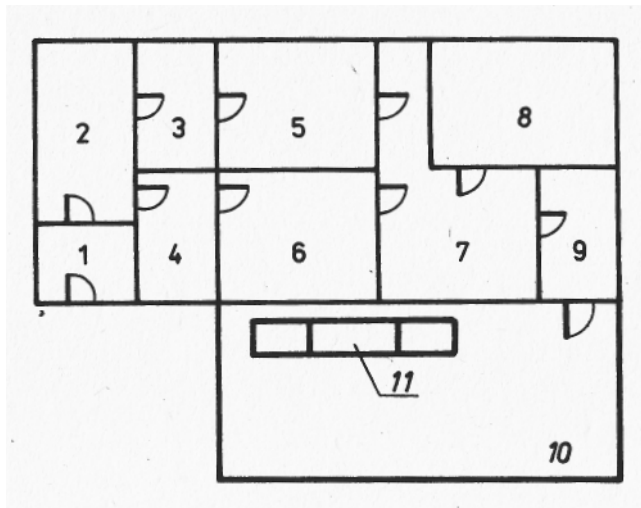


Abb. 6.4.3 Prinzipielle Darstellung eines Reinraumkomplexes

1 Einlaßkontrolle, 2 Graubereich, 3/4 Schleuse Frauen/Männer, 5/6 Umkleideraum-Weißbereich, 7 Gang, 8 Waschraum für Reinraumkleidung, 9 Schleuse zum Reinraum, 10 Reinraum, 11 Laminarbox

Der Graubereich hat keine Staubklasse, unterliegt jedoch erhöhten Reinheitsbedingungen. Hier erfolgt der Wechsel der Straßenkleidung einschließlich der Schuhe. Die Schleusen dienen dem Druckausgleich und verhindern durch ein System gegenseitiger Türverriegelung den direkten Luftaustausch. Beginnend von den Schleusen 3 und 4 verbessert sich die Staubklasse kontinuierlich, so daß beim Betreten des Reinen Raumes die Staubimmission nur noch gering ist. Dies wird primär durch ein System abgestuften Überdruckes erreicht, wobei die Druckdifferenz zum jeweils benachbarten Raum, die Schleusen einbegriffen, 1 bis 2 mm WS beträgt. Der höchste Überdruck ist in dem Raum vorhanden, der die beste Staubklasse hat. Am Beispiel der Abb. 6.4.3 wäre ein Regime denkbar, wie es aus der Tabelle 6.4.4 ersichtlich ist.

Raum	Überdruck in mmWS	Staubteilchen > 0,5 µm Anzahl / l	Staub- Anzahl / ft³	Staub- klasse	Art der Be- und Entlüftung
1 u. 2	0	reduziert	reduziert	—	normale Raumbelüftung
3 u. 4	2	max 35 000	max 100 000	100 000	Ausführung nach Abb. 6.3.4
5 u. 6	4	max 35 000	max 100 000	100 000	Ausführung nach Abb. 6.3.2 bis 6.3.4
7 u. 8	6	max 3500	max 10 000	10 000	Ausführung nach Abb. 6.3.2 bis 6.3.4
9	8	max 350	max 1000	1000	laminare Ver- drängungsströmung nach Abb. 6.3.1
10	10	max 35	max 100	100	
11	10	max 3,5	max 10	10	laminare Ver- drängungsströmung nach Abb. 6.3.1

Tabelle 6.4.4

Um diese Staubklassen zu erreichen und auch unter den Belastungen des Arbeitsprozesses erhalten zu können, ist die konsequente Einhaltung von Vorschriften (Reinraumordnung) erforderlich. Die Reinraumordnung ist Bestandteil des technologischen Unterlagenwerkes und auf die speziellen Bedingungen und Erfordernisse in Bezug auf die zu erreichende Staubklasse zugeschnitten.

Im Wesentlichen hat die Reinraumordnung folgende Festlegungen zu enthalten:

- zum Betreten befugter Personenkreis,
- Art der Reinraumkleidung, bezogen auf die unterschiedlichen Staubklassen,
- den genauen Umkleideort,
- zum Eintransport zugelassene oder nicht zugelassene Gegenstände,
- deren vorherige Reinigung oder Vorbereitung,
- Ort und Art der Lagerung von Gegenständen sowie die maximal zulässige Menge,
- Art und Häufigkeit der Reinigung für Raum und Inventar,
- allgemeine Verhaltensregeln im Reinraum,
- Sicherheitsvorschriften zum Schutz von Menschenleben und materiellen Gütern.

Besteht ein Reinraumkomplex aus mehreren Arbeitsräumen mit unterschiedlichen Staubklassen; dies ist der Fall, wenn die Anforderungen an den Entstaubungsgrad in den einzelnen Prozessen in Größenordnungen abweichen, so sind die daraus resultierenden Hygieneanforderungen besonders auszuweisen. Es ist von größter Wichtigkeit, daß für die Räume mit dem höchsten Entstaubungsgrad (z. B. Fotolithographie mit Staubklasse 100 bis 10) auch die höchsten hygienischen Anforderungen, insbesondere an das Verhalten der Arbeitskräfte gestellt werden. Die Anzahl der in derartigen Räumen beschäftigten Arbeitskräfte ist auf das Minimum zu begrenzen, die Personenbewegung ist soweit wie möglich einzuschränken und der Materialtransport hat durch Schleusen zu erfolgen, um eine unnötige Staubimmission und Luftbewegung durch das Öffnen von Türen zu vermeiden. Grundsätzlich wird die erforderliche Staubklasse durch eine gezielte Projektierung und bauliche Ausführung des gesamten Baukörpers sowie der lufttechnischen Anlagen erreicht.

Die in diesen Räumen arbeitenden Menschen sind jedoch in erster Linie die Ursache für die Verschlechterung des Staubpegels und müssen daher ihr Verhalten ständig darauf orientieren, diesen negativen Einfluß zu minimieren. Zu den negativen Einflüssen gehört z. B. die Unsitte, Wände und Ausrüstungen mit technologischen Unterlagen zu bekleben und damit Staubnester zu schaffen, die sich bei der geringsten Erschütterung als geballte Staubentladung auf den Arbeitsgegenstand niederschlagen. Technologische Unterlagen sollten

grundsätzlich nicht in Reinen Räumen geringerer Staubklassen bearbeitet oder gelagert werden. Zu den wichtigsten Maßnahmen gehört jedoch die regelmäßige Fußbodenreinigung (mindestens einmal je Schicht) mittels feuchter, fusselfreier Tücher sowie das tägliche feuchte Abwischen aller horizontalen Flächen. Die Reinigung aller vertikalen Flächen, einschließlich der Reinraumwände, ist monatlich durchzuführen. Keinesfalls sind Staubsauger, Besen oder dergleichen in Reinen Räumen zu verwenden.

6.5. Reinraumüberwachung

Ein weiterer wesentlicher Faktor zur Gewährleistung der erforderlichen Klimabedingungen in Reinen Räumen ist die Aufrechterhaltung aller Parameter der lufttechnischen Anlage sowie der Filtertechnik. Die erforderlichen Überwachungsaufgaben sind einerseits vom Reinraumpersonal und andererseits von den Technikern der lufttechnischen Anlagen wahrzunehmen. In jedem Fall ist eine enge Zusammenarbeit erforderlich, da die Nichteinhaltung eines Parameters in vielen Fällen zu Störungen im gesamten Klimasystem führt. Es besteht also eine extreme Abhängigkeit der einzelnen Parameter untereinander. Im Allgemeinen sind folgende Werte für die Aufrechterhaltung des gesamten Systems maßgebend und einer regelmäßigen Kontrolle zu unterziehen:

- Staubpegel der verschiedenen Arbeitsräume
- Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit
- Staubpegel hinter den Feinfiltern
- Überdruck im oberen Stauraum
- Luftdurchsatz und Strömungsgeschwindigkeit
- Türverriegelungssystem für Schleusen und Materialschleusen.

6.5.1. Mehrmalige tägliche Kontrolle

Der wichtigste Parameter, der sich schlagartig verändern kann und dabei unmittelbar auf den Staubpegel einwirkt, ist der Überdruck in den einzelnen Reinraumbereichen (siehe auch Tab. 6.4.4). Die Ursachen für diesbezügliche Abweichungen von den Normalwerten liegen fast ausnahmslos in Störungen der lufttechnischen Anlagen begründet. Zur Vermeidung unnötiger Staubimmission sind bis zur Behebung des Fehlers möglichst alle Türen geschlossen zu halten. Die Druckmessung erfolgt mittels Schrägrohrmanometer, welches in jedem Raum fest installiert ist. Die Druckwerte sollten mehrmals täglich abgelesen und protokolliert werden. Die Protokolle, sind zur Auswertung der Arbeitsweise der lufttechnischen Anlage hinzuzuziehen.

6.5.2. Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit

Diese Parameter haben keinen Einfluß auf den Staubpegel, jedoch auf bestimmte technologische Prozesse. Sie sind daher wichtige Klimaparameter und müssen ständig mittels registrierender Geräte (Thermographen, Hygrographen) kontrolliert werden. Gewährleistet werden die vorgegebenen Temperatur- und Feuchtigkeitswerte durch Klimablöcke, die Bestandteil der lufttechnischen Anlage (LTA) sind, sowie des zugehörigen Regelkreises, dessen Meßfühler im Reinraum installiert sind. Damit werden diese Werte in der LTA-Zentrale ebenfalls registriert und können mit den im Reinraum registrierten Werten verglichen werden.

6.5.9. Staubmessungen

Die Änderung des Staubpegels kann die verschiedensten Ursachen haben. Die unzulässige Erhöhung der Staubeilchenkonzentration ist daher stets ein ernstzunehmendes Signal, nicht nur bezüglich der bei einer bestimmten Staubklasse zu realisierenden Technologie, sondern auch im Hinblick auf eventuelle Mängel, die unbedingt erkannt und beseitigt werden müssen. Daraus leitet sich die Notwendigkeit ab, regelmäßige Staubmessungen durchzuführen, deren Häufigkeit sich nach der Staubklasse und den Prozeßanforderungen richtet. Hierzu ist es erforderlich, technologisch bedingte Meßpunkte festzulegen, um einerseits die kritischen Meßräume zu erfassen und andererseits eine Reproduzierbarkeit zu gewährleisten. In der Praxis haben sich allgemein folgende Meßzyklen durchgesetzt:

Staubklasse	10:	täglich bis ständig
Staubklasse	100:	wöchentlich bis täglich
Staubklasse	1000:	monatlich bis wöchentlich
Staubklasse	10000:	monatlich.

Die Meßzyklen werden zusätzlich von der vorhandenen Stabilität des Gesamtsystems bezüglich des Entstaubungsgrades beeinflusst. Insbesondere bei der Inbetriebnahme neu installierter Reiner Räume sind Staubmessungen in kürzeren Zeitabständen erforderlich. Da das Ergebnis der Staubmessungen häufig in direktem Zusammenhang mit Qualität oder Ausbeute den Arbeitsprozesses steht, sind alle Messungen zu protokollieren. Zur Funktion und Anwendung der Staubmeßgeräte (Partikelzähler) siehe Pkt. 6.6.

6.5.4. Langzeitenflüsse

Weitere Einflüsse, die sich negativ auf den Entstaubungsgrad bzw. den Staubpegel auswirken, sind die Dichtigkeit der Filterdecke und der Luftdurchsatz (Luftwechsel).

Beide Faktoren treten nicht schlagartig in Erscheinung, sondern bauen sich häufig über längere Zeiträume auf. Die Dichtigkeit der Filterdecke wird nach der Montage der Feinfilter (Planfilterzellen) in zwei Etappen geprüft. Dabei werden große Lecks optisch mittels der Lichtspaltmethode erkannt und durch geeignete Dichtverfahren, auf die hier nicht eingegangen wird, beseitigt. Wichtig ist, daß die Filterdecke von einer Seite lichtstark angestrahlt wird und der Beobachter sich auf der anderen Seite im Dunklen befindet. Die zweite Etappe der Prüfung erfolgt bei vollem Betrieb der lufttechnischen Anlage und zwar durch Staumessungen unmittelbar unter der Filterdecke. Jedes Filter wird einzeln auf Undichtigkeiten im Bereich der Filter und Dichtfläche zum Aufnahmerahmen geprüft. Aufgrund des hohen Entstaubungsgrades der Feinfilter (er beiträgt 99,97 %) zeigt sich ein Leck durch einen deutlichen Anstieg des Staubpegels (von ca. 1 auf mehr. als 100 Teilchen/Liter). Wird ein defektes Filter ermittelt, so ist dieses unbedingt auszuwechseln. Bei Undichtigkeiten an den Dichtungsflächen ist das Nachspannen oder Nachdichten (z. B. mittels Cenusil), zu veranlassen.

Auch durch zu. geringen Luftdurchsatz kann eine Qualitätsminderung eintreten. Die Ursachen dafür sind entweder in der unzureichenden Luftversorgung durch die LTA oder in der Erhöhung des Filterwiderstandes zu sehen. Bei gleichzeitig gedrosselter Abluft können jedoch durchaus die vorgeschriebenen Raumdrücke trotz vermindertem Luftwechsel erhalten bleiben. Eine sichere Bestimmung der Luftwechsel ist daher nur durch die Messung der Strömungsgeschwindigkeit unmittelbar hinter dem Feinfilter im Reinraum möglich. Geeignete Meßgeräte hierfür sind das Flügelradanemometer oder das Hitzdrahtanemometer, da beide Geräte für den in Frage kommenden Meßbereich von 0,2 bis 0,5 m/s ausgelegt sind. Der Luftdurchsatz kann nach folgender Formel ermittelt werden:

$$Q = v \cdot 3600 \cdot A \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (1)$$

$$v = \text{Strömungsgeschwindigkeit [m/s]}$$

$$A = \text{GesamtfILTERfläche eines Raumes in m}^2$$

Die Luftwechselzahl ermittelt sich aus:

$$N = Q / V \text{ [1/h]} \quad (2)$$

$$V = \text{Volumen des Raumes in m}^3$$

Die Erhöhung des Filterwiderstandes als Ursache eines verminderten Luftdurchsatzes hat einen Anstieg des Druckes im oberen Stauraum (oberhalb der Filterdecke) zur Folge. Dies ist auf einen Verschleiß der Feinfilter infolge Verstopfung der Filterporen durch Staubpartikel zurückzuführen. Durch Erhöhung der Zuluftmenge bei gleichzeitigem

Druckanstieg im oberen Stauraum kann der erforderliche Luftdurchsatz wieder erreicht werden, jedoch nur bis zu einem maximalen Filterwiderstand von 500 Pa bei einer Strömungsgeschwindigkeit von $v = 0,45 \text{ m/s}$. Bei Erreichen dieses Wertes sind die Feinfilter auszuwechseln. Die Lebensdauer der Feinfilter ist unterschiedlich und wesentlich vom Entstaubungsgrad der Zuluft im oberen Stauraum abhängig. Im Allgemeinen kann mit Standzeiten zwischen 3 bis 6 Jahren gerechnet werden.

6.6. Partikelzähler

Es gibt eine Reihe von Verfahren zur Ermittlung von Partikeln (Schwebeteilchen) verschiedener Größen und Beschaffenheit, die sich in der Luft befinden. Viele dieser Verfahren und Meßgeräte dienen der Messung von Schadstoffen und finden hauptsächlich im Gesundheits- und Arbeitsschutz Anwendung. Man unterscheidet dabei zwischen mechanischen und optischen Meßverfahren, wobei sich von den optischen Verfahren das Streulichtverfahren fast ausnahmslos bei der Herstellung von Partikelzählern für die Reinraumtechnik durchgesetzt hat. Nach diesem Verfahren wird die Streulichtmenge gemessen, die infolge der Lichtreflexion von den die Meßzelle passierenden Staubeilchen entsteht. Dabei kann nach Anzahl der Partikel pro Luftmenge und nach Partikelgröße unterschieden werden.

Findet als Lichtquelle eine traditionelle Weißlichtlampe Anwendung, so liegt die untere Grenze der meßbaren Partikelgröße bei ca. $0,3 \text{ bis } 0,4 \mu\text{m}$. Bei der Verwendung von Laserlicht können Partikelgrößen bis $0,05 \mu\text{m}$ gemessen werden. Die Meßgenauigkeit bezüglich der Partikelanzahl je Liter Luft ist von der Luftmenge abhängig, die durch die Meßzelle gepumpt wird. Die Abb. 6.6.1. zeigt ein Schema der Optik eines Streulichtsystems, wie es z. B. bei Partikelzählern der Fa. Kratel (BRD) zur Anwendung kommt.

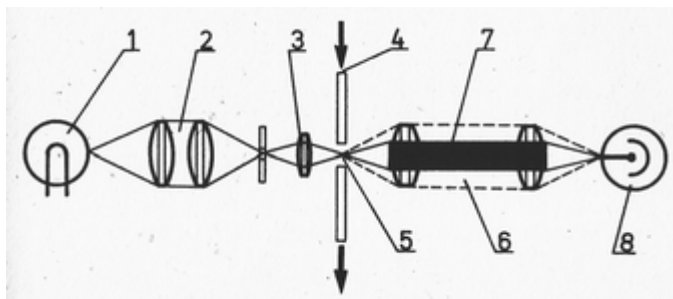


Abb.6.6.1 Optik eines Streulichtsystems

1 Lampe, 2 Beleuchtungssystem, 3 Abbildungslinse, 4 Prüflufteinlaß, 5 beleuchtetes Volumen, 6 Sammelsystem, 7 Lichtfalle, 8 Fotomultiplier

Im Ruhezustand ist der Lichtweg hinter der Meßzelle (5) durch ein Dunkelfeld blockiert, so daß praktisch kein Licht auf den Fotomultiplier gelangt (mit Ausnahme des Streulichtes der Gasmoleküle der Prüfluft). Sobald ein Staubpartikel (Aerosolpartikel) die Meßzelle passiert, gelangt dessen Streulicht über das Sammelsystem auf den Fotomultiplier. Der hier erzeugte elektrische Impuls wird verstärkt und im Datenverarbeitungssystem in einen vorgewählten Korngrößenbereich eingeordnet. Die in einer vorgewählten Zeitspanne gezählten Impulse werden auf das durchgesetzte Luftvolumen bezogen.

In der DDR finden zur Staubmessung in Reinen Räumen vornehmlich Partikelzähler aus der UdSSR oder der BRD Anwendung, wie z.B. folgende Geräte:

Aerosolteilchenzähler PK,GTA - 0,3-002 (UdSSR)

Partikelzähler Partoscope R Fa. Kratel, BRD

Beide Meßgeräte erfassen sicher Teilchen im Bereich von 0,3 bis 0,5µm, wobei Teilchen kleiner als 0,5µm international in Reinen Räumen nicht gezählt werden: Bezüglich der Teilchenanzahl pro Liter liegt die Meßgrenze der sowjetischen Meßgeräte derzeit bei der Staubklasse 100, während die Partikelzähler von Kratel die Staubklasse 10 sicher nachweisen. Dies ist nicht zuletzt auf einen höheren Prüfluftdurchsatz (28l/min gegenüber 10l/min bei sowjetischen Meßgeräten) zurückzuführen.

6.7. Reparaturarbeiten in Reinen Räumen

6.7.1 PVI und Reparaturen an TSA

Um die negative Beeinflussung des Reinraumklimas durch Reparaturen und PVI zu minimieren, werden die TSA nach Möglichkeit außerhalb des Weißbereiches, also im Graubereich, installiert und ragen nur mit dem Bedienteil (Beschickungsöffnung oder dgl.) durch einen abgedichteten Wanddurchbruch in den Weißbereich. Befindet sich hingegen die gesamte TSA im Weißbereich, so sind bei PVI und Reparaturen besondere Grundregeln einzuhalten:

- Das Instandhaltungspersonal hat die vorgeschriebene Reinraumkleidung zu tragen.
- Ersatzteile sind vor dem Eintransport gründlich zu reinigen.
- Der kritische Arbeitsbereich der TSA ist durch Abdeckung mittels Folie vor Verunreinigung zu schützen.
- Der Reparaturbereich ist vor und während der Arbeiten mittels fusselfreier, feuchter Tücher zu reinigen.

- Es ist ein spezielles Reinraumwerkzeug zu verwenden, welches nach Möglichkeit ständig im Weißbereich verbleibt und nicht für andere Arbeiten außerhalb des Reinraumtraktes benutzt wird.
- Ist der Aus- oder Eintransport kompletter TSA oder größerer TSA-Teile erforderlich und ist damit die Aufhebung des Schleusenregimes verbunden, so ist die Arbeit im betroffenen Raum einzustellen und die TSA und Materialien sind abzudecken. Vor der Wiederaufnahme der Arbeit ist eine gründliche Reinigung und nach einer Beruhigungszeit von ca. 30 min eine Staubmessung erforderlich.

6.7.2 PVI und Reparaturen im Reinraum

Bei Reparaturarbeiten an den technischen Einrichtungen des Reinraumes ist gem. Pkt. 6.7.1. zu verfahren. Werden hingegen Instandsetzungsarbeiten im Bereich der LTA oder der Filterdecke erforderlich, die die Außerbetriebnahme der Raumbelüftung einschließen, ist in jedem Fall die Arbeit einzustellen. Zuvor sind TSA und Materialien gegen Verschmutzung zu sichern.

Daher sind derartige Maßnahmen rechtzeitig zwischen der technischen Versorgung und dem Nutzer des Reinraumes abzustimmen. Keinesfalls darf die Filterdecke bei laufender LTA geöffnet werden. Auch bei abgeschalteter LTA sind alle Türen geschlossen zu halten, um unnötige Staubimissionen zu vermeiden. Nach Reparaturarbeiten an der Filterdecke (z. B. Filterwechsel) ist eine Überprüfung der Dichtigkeit (siehe Pkt. 6.5.4.) vorzunehmen und anschließend eine gründliche Reinigung des gesamten Raumes durchzuführen. Vor Freigabe des Raumes zur Arbeitsaufnahme ist noch durch eine Staubmessung der Nachweis der Staubklasse zu erbringen. Diese Staubmessung kann bei längerem Ausfall der LTA erst ca. 6 bis 12 Stunden nach der Raumreinigung erfolgen.

6.8. Zukünftige Reine Räume /6/

Insbesondere in der Mikroelektronik werden zunehmend Arbeitsplätze benötigt, die eine extreme Entstaubung der Luft gewährleisten. Bei hochintegrierten Schaltkreisen mit Strukturen bis zu $1\mu\text{m}$ ist die Staubklasse 100 (max. 3,5 Teilchen pro Liter kleiner $0,5\mu\text{m}$) nicht mehr ausreichend. Dazu kommt, daß die Bau- und Betriebskosten für großflächige Reinräume der Staubklasse 100 und besser unvertretbare Größenordnungen annehmen. In der DDR wird daher seit Jahren, in Anlehnung an Internationale Erkenntnisse, ein Reinraumsystem entwickelt, welches unter Beachtung der Ökonomie höchsten

Anforderungen bezüglich des Entstaubungsgrades gerecht werden soll. Die Erarbeitung dieses Reinraumsystems erfolgt in Zusammenarbeit der Anwenderindustrie mit dem Institut für Industriebau der Bauakademie der DDR im Rahmen des KDT-Fachausschusses "Reine Räume". Das Projekt trägt den Namen "Reiner Korridor, RK 61" und ist durch folgende Hauptmerkmale gekennzeichnet:

- Minimierung der Flächen mit dem höchsten Reinheitsgrad, die an den Aktivzonen der TSA zu realisieren sind,
- räumliche Trennung dieser Aktivzonen von den Gang- und Servicezonen,
- Gewährleistung einer stabilen, vertikalen, turbulenzarmen Verdrängungsströmung,
- optimale Nutzung der hochgradig entstaubten Umluft durch gezielte Luftführung in den Bereich der jeweils schlechteren Staubklasse.

Der konstruktive Aufbau des RK 61 entspricht dem Baukastenprinzip, dessen Baugruppen im Rahmen festgelegter Systemmaße verschiedene Ausführungsvarianten zulassen.
(siehe Abb. 6.8.1)

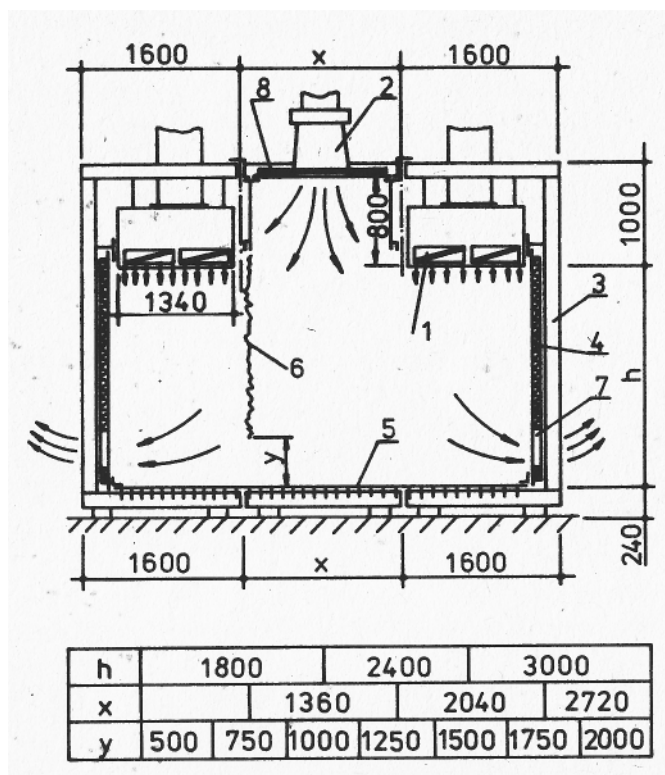


Abb. 6.8.1

1 LF-Auslaß, 2 Drallauslaß, 3 Rahmenkonstruktion, 4 Wandelement, 5 Fußboden, 6 Schürze, 7 Abluftöffnung, 8 Solldurchbruch für TSA

Der Grundaufbau besteht aus zwei sich gegenüberstehenden u-förmigen Rahmenkonstruktionen, die mittels Decken- und Fußbodenelementen zu einem abgeschlossenen Raum verbunden werden. Die u-förmigen Rahmen bilden die hochreine Arbeitskabine, die mittels fester oder flexibler Schürzen von der Transport- und Gangzone abgetrennt werden. Die Ausrüstungen sind außerhalb der Arbeitskabinen im Servicebereich installiert und ragen lediglich mit ihren prozeßaktiven Teil in die Arbeitskabine. Zu diesem Zweck sind Rahmenelemente mit genormten Wanddurchbrüchen versehen. Die Filterdecke wird durch einheitliche Luftfilter-Auslässe (LF-Auslässe) ersetzt, die je nach Bedarf zu einer größeren Fläche zusammengesetzt werden können. Die Decke im Gangbereich kann den Erfordernissen angepaßt werden und entweder durch ein Deckenelement mit Drallauslaß, ein geschlossenes Deckenelement oder ein Element mit Abluftanschluß gebildet werden. Der Fußboden kann geschlossen oder perforiert als gestelzter Fußboden ausgeführt werden, woraus sich verschiedene Möglichkeiten für die Abluftführung ergeben.

Im Reinraumsystem RK 61 sollen folgende Umweltbedingungen erreicht werden:

- | | |
|--|---|
| - Temperatur | $t = 22^{\circ}\text{C} \pm 1 \text{ K} (22^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{K})$ |
| - relative Luftfeuchte | $= 40 \dots 50\%$ einstellbar
Toleranz: $\pm 2\%$ |
| - Reinheitsklasse | $= 10 \dots 10^2$ nach TGL 3336/01 |
| - Schalleistungspegel am Kopf der Bedienperson | $L 55 - 58 \text{ dB (A)}$ |
| - Luftgeschwindigkeit | $v = 0,3 \dots 0,5 \text{ m/s}$ bzw. entsprechend
der erforderlichen Luftwechsel zur
Einhaltung der Reinheitsklasse |
| - Überdruck | $p_{\text{ü}} \text{ mind. } 10 \text{ Pa}$ |

Die Umweltbedingungen der Gangzone entsprechen denen der Arbeitszone außer:

- | | |
|------------------------|--|
| - Reinheitsklasse: | ein bis zwei Reinheitsklassen
schlechter (nach TGL- 3336/01)
als in der Arbeitszone; realisiert
durch (wahlweise):
- LF- Auslässe entsprechend den
technologischen Erfordernissen
- Drall-Auslässe |
| - Luftgeschwindigkeit: | $v = 0,15 \dots 0,5 \text{ m/s}$, entspr. Den
technologischen Erfordernissen |

Literaturverzeichnis

- /1/ Autorenkollektiv VEB Hochvakuum Dresden:
Die neue Typenreihe von Hochvakuum-Bedampfungsanlagen des
. VEB Hochvakuum Dresden, Vakuum Information 12 (1982), S. 381 - 386

- /2/ S.- Schiller, U. Heisig, K. Goedicke, H. Bilz, W. Kosch, F. Wiegel:
“Einsatz des Hochratezerstäubens mit dem Plasmatron zur Metallisierung von
elektronischen Bauelementen der Mikroelektronik und Elektronik“,
X. Tagung Wissenschaftliche Fortschritte der Elektroniktechnologie und
Feingerätetechnik, April 1982, Dresden

- /3/ CEAG Dortmund: ' ' ' ' ' '
Sonderdruck aus Staubjournal Nr. 36 -37, März und Juni 1967

- /4/ Bautz, K.: “Literaturbericht über den gegenwärtigen Stand der Partikel-
meßtechnik vom 30. 11. 1981 \

- /5/ Fa. Kratel KG, BRD:
Optische Partikelzähler und Aerosol Spektrometer, (Prospekt)

- /6/ KDT-Fachausschuß “Reine Bäume“,
Dokumentation “Reine Räume“, Reiner Korridor RK 61

Bisher sind in der Schriftenreihe folgende Hefte erschienen:

Heft 1 - Technologie der Leistungselektronik Zyklus I

Spezielle Merkmale der Si-Leistungsbaulemente-Technologie, verschiedene Grundtechnologien, Hauptverfahrensabschnitte, Probleme der Einheitstechnologie, Kontrollmessung Zyklus I

Heft 2 - Technologische Spezialausrüstungen für Zyklus I

TSA zur naßchemischen Bearbeitung, TSA zur Herstellung von pn-Übergängen, TSA zur Metallisierung, TSA zur Fotolithografie, TSA zur mechanischen Oberflächenbearbeitung, Reine Räume

Heft 3 - Technologie der Leistungselektronik Zyklus II

Aufgaben des Zyklus II, Darstellung der angewendeten Grundtechnologien, Gehäuse für leistungselektronische Bauelemente, technologische Hauptschritte (Vereinzeln, Passivieren, Kontaktieren, Zweitabdeckung, Verschluß), Weiterentwicklung

Heft 4 - Technologische Spezialausrüstungen für Zyklus II und III

TSA zum Vereinzeln, TSA zur Oberflächenpassivierung (ohne Glaspassivierung), Ausrüstungen zur Chipkontaktierung, Ausrüstungen für Bauelementeverschuß, Ausrüstungen für die Endfertigung (ohne Meßtechnik) einschließlich Verpackung

Heft 5 - Meßtechnik für leistungselektronische Bauelemente

(Transistoren und Gleichrichterioden) Aufgaben der Meßtechnik, Standardisierung, Kennwerte und Meßverfahren, Prüftechnologie und Qualitätssicherung, meßtechnische Geräte und Ausrüstungen

Heft 6 - Überwachung des Produktionsprozesses

Produktionsprozeß als Teil des betrieblichen erweiterten Reproduktionsprozesses, Qualität und Qualitätssicherungssystem, Prozeßkontrolle und -analyse, mathematisch-statistische Grundlagen, statistische Hilfsmittel, Prozeßinformationen, Weiterentwicklung zur rechnergestützten Produktion