

# Aufbau- und Verbindungstechniken der Mikroelektronik

# Inhalt

Einführung

Hybridtechniken

- Substrate und Pasten

- Schichterzeugung

- Bestücken und Löten der Schaltung

Montage und Kontaktierung ungehäuster Halbleiterbauelemente

Drahtbondtechniken

- Thermokompressionsdrahtbonden (Warmpressschweißen)

- Ultraschalldrahtbonden (Ultraschallschweißen)

- Thermosonicdrahtbonden (Ultraschallwarmschweißen)

- Ball-Wedge-Bonden (Kugel-Keil-Schweißen)

- Wedge-Wedge-Bonden (Keil-Keil-Schweißen)

Vor- und Nachteile der Bondtechniken

Prüfverfahren

Neue Kontaktierungstechniken

Anodisches Bonden

TAB-Technik

Flip-Chip-Technik

Zusammenfassung

Quellen

## Einführung

Möglichkeit, Komponenten der Mikrostrukturtechnik und der Mikroelektronik zu kombinieren, die bei der Herstellung nicht kompatibel sind

→ vielseitige Probleme des Fügens und der Materialpaarung im System und zur Außenwelt

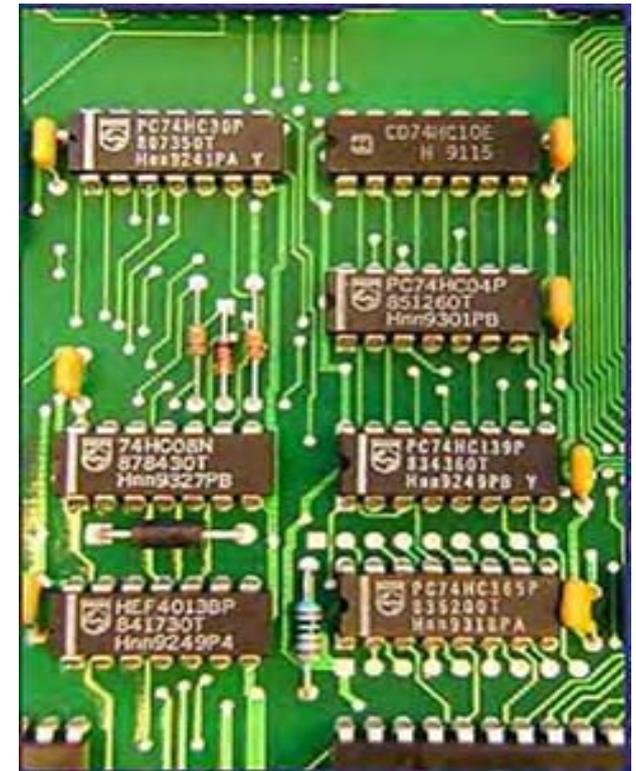
Bsp.: Kraftfahrzeug

- Temperaturbedingungen (-40°C bis 125°C)
- Schüttelbeanspruchung (an Einspritzpumpe bis ca. 50g)
- spritzwassergeschützt und salznebelfest
- korrosionsfest gegen Öl, Benzin, Alkohol, Waschlaugen
- Kostendruck und hohe Lebensdauer

→ Verbreitung der Mikrosystemtechnik wesentlich abhängig von leistungsfähiger, hoch entwickelter AVT

# Hybridtechniken

- Aufbau & Verknüpfung von Bauelementen aus unterschiedlichen Materialien und Herstellungstechnologien auf einem gemeinsamen Substrat



/3/

## Hybridtechniken – Substrate und Pasten

Substrat: dielektrisches Trägermaterial oder leitendes Material mit isolierenden Schichten, auf denen sich Schichtschaltungen und hybride Bauelemente befinden

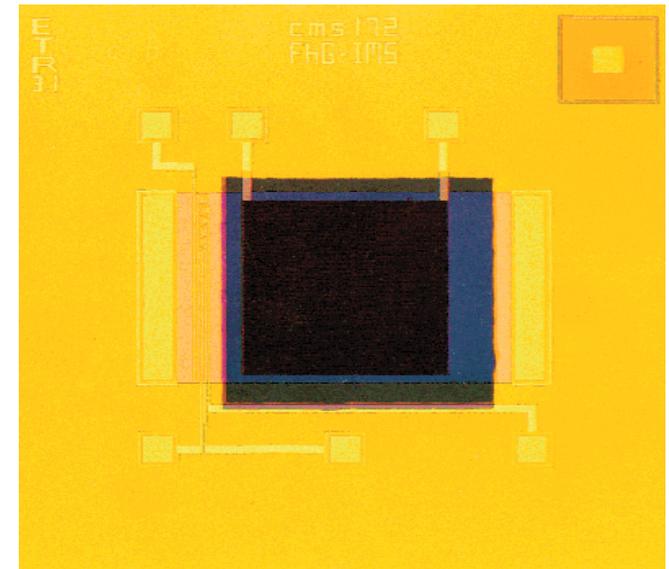
- Bsp.: „normale“ Keramiksubstrate

→ Mehrschichtsubstrat (Multilayer-Ceramik - MLC)

- aus mehreren Lagen Keramikmasse und Leiterbahnebenen

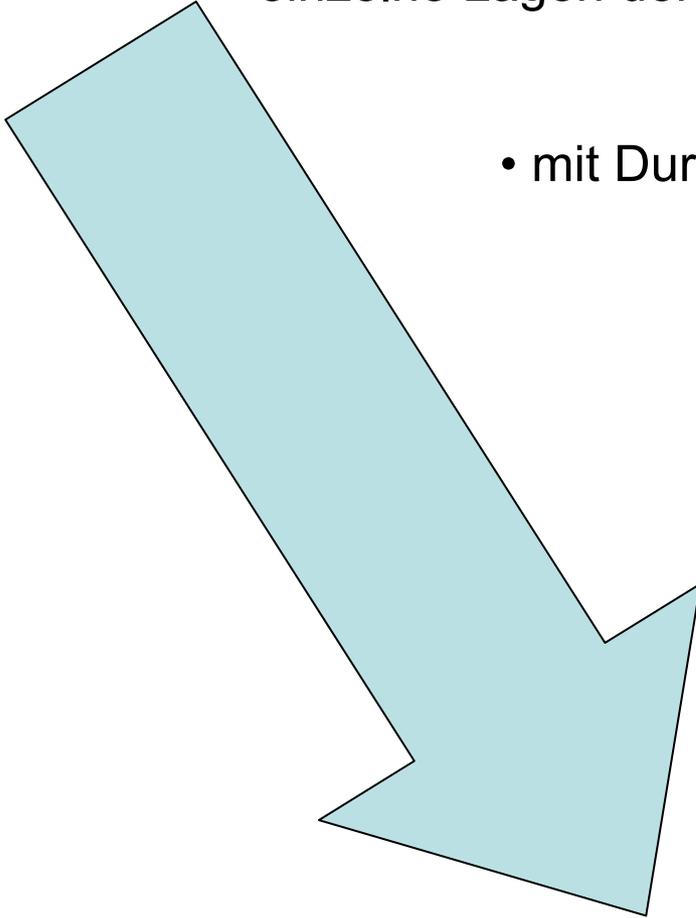
- Einsatz: in Gehäusungstechnik als Verdrahtungsebenen von hochkomplexen IC's

Mikrostrukturiertes Siliziumsubstrat für ultradünne gasempfindliche Schichten /4/



- Fertigung:

- einzelne Lagen der Mehrschichtschaltung werden aus ungebrannter Keramik ausgestanzt,
  - mit Durchgangs- und Führungslochern versehen und
    - mit Leiterbahnstrukturen bedruckt
      - mit Hilfe der Führungslöcher übereinander gestapelt, verpresst und gebrannt

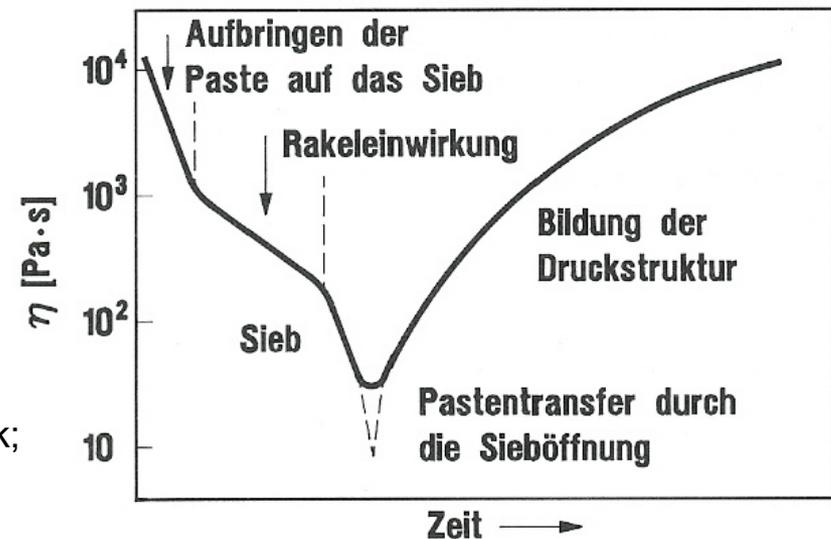


## Pasten:

- zum Bedrucken von Substraten werden Dickschichtpasten benutzt
- Bestandteile:
  - Lösungs- und Netzmittel
  - organische Binder
  - Glaspulver
  - Zusätze zum Einstellen der Eigenschaften
- spezielle Pastenzusätze je nach Zweck:
  - Metallpulver bei Leitpasten
  - Metalloxide bei Widerstandspasten
  - Glasfritte oder Keramiken bei Dielektrika
- Eigenschaften:
  - Viskosität
  - Oberflächenspannung zwischen Paste und Substrat
  - innere Scherung während Druckvorgang

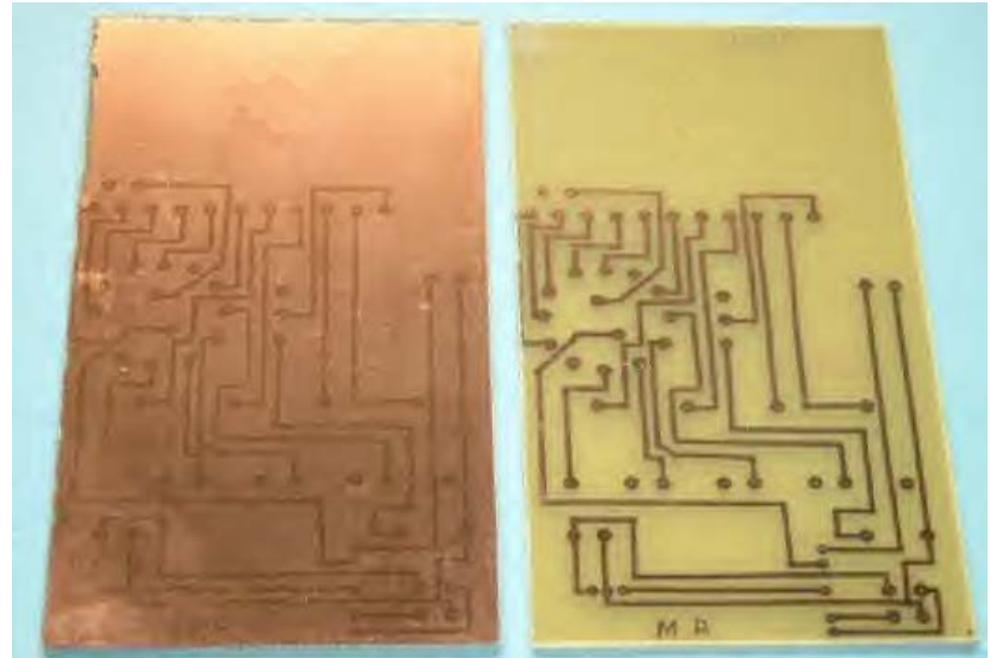
## Fertigung der Leiterbahnen

- aus gut leitenden Materialien (Leitpasten aus Cu, Au, Ag; sowie Legierungen aus Au, Ag mit Pt und Pd)
- unter Einwirkung der Rakelebewegung nimmt Viskosität ab
- Paste fließt durch Siebporen und bleibt am Substrat haften
- nach Ruhezeit nimmt Viskosität wieder zu, wobei die übertragene Feinstruktur der Siebporen (durch Oberflächenspannung) verfließt



Eigenschaften einer Paste für den Siebdruck;  
Änderung der Viskosität der Paste über den zeitlichen Verlauf des Druckvorganges /1/

Leiterbahnen  
auf Substrat /5/



## Bestandteile der Leiterbahnpasten

- Metallpartikel (50 bis 70 %)
- Lösungsmittel (12 bis 25 %) → Alkohole zum Einstellen der Eigenschaften der Paste
- Glasfritte (10 bis 20 %) → Gläser mit niedrigem Schmelzpunkt bewirken Pastenhaftung zum Substrat

## Vergleich der Leitpasten

Silberpasten	Goldpasten	Kupferpasten
<ul style="list-style-type: none"> <li>- relativ billig</li> <li>- hohe Leitfähigkeit</li> <li>- geringe Haftfestigkeit auf Substrat</li> <li>- mangelnde Korrosionsfestigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- teuer</li> <li>- hohe Leitfähigkeit</li> <li>- geringe Haftfestigkeit auf Substrat</li> <li>- gute Korrosionsfestigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- billig</li> <li>- hohe Leitfähigkeit</li> <li>- gute Lötbarkeit</li> <li>- gutes Ablegierverhalten gegenüber Zn-, Pb-Loten</li> <li>- benötigen zum Einbrennen Stickstoffatmosphäre</li> </ul>

## Widerstandspasten

- Palladiumoxid / Silber
- Iridiumoxid / Platin
- Rutheniumoxid
- Ruthinate

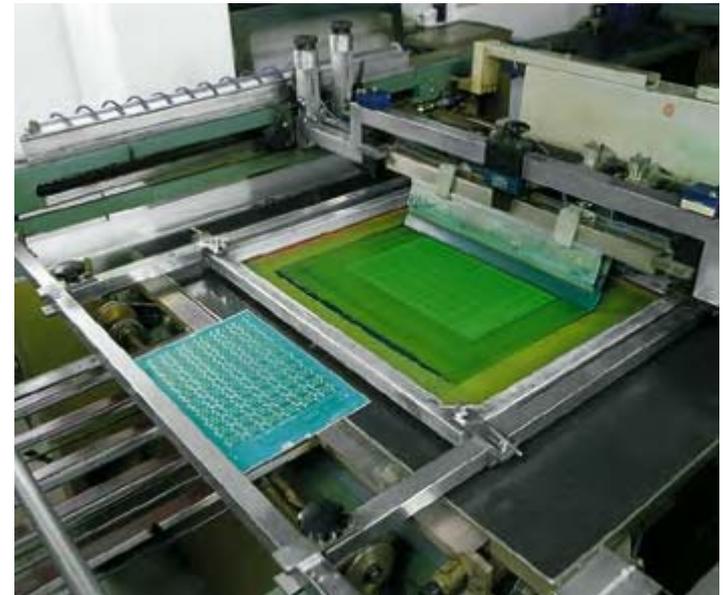
## Dielektrische Pasten

- Schutzglasuren
  - niedrige Dielektrizitätszahl und Schmelztemperatur
- Leiterbahnüberkreuzungen und Vielschichtschaltungen
  - aus Glas – verliert mit zunehmender Temperatur seinen Glascharakter  
→ kristalline Struktur → Schmelzpunkt steigt
  - nachfolgende Schichten mit niedrigerer Temperatur eingebrannt

# Schichterzeugung

## Siebdruck

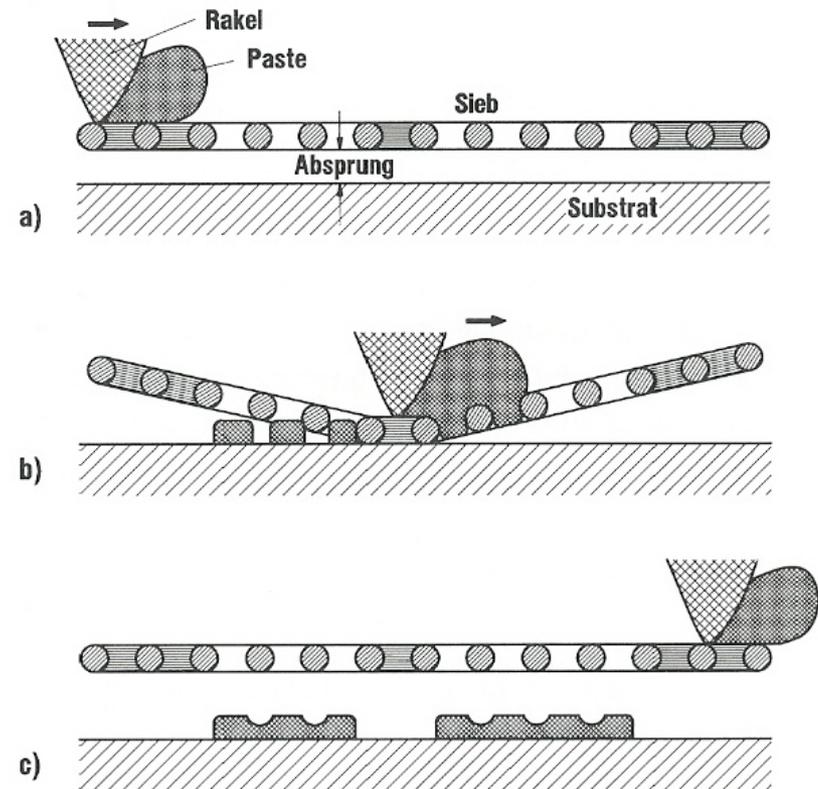
- Schaltstrukturen auf Keramikplatte mit Schichtdicke von 0,3 bis 80  $\mu\text{m}$
- Aufbringen einzelner IC's
- elektrisches Kontaktieren mit dem Substrat durch Bonden



Siebdruckanlage /6/

## Druckprozess

- Paste mittels Rakel (elastische Leiste) durch Sieb auf Substrat gepresst
- Sieb vollständig mit lichtempfindlichem Lack getränkt
- Lack bleibt in Maschen hängen  
→ Beleuchtung → Struktur
- Trocknen und Einbrennen der Paste



Bewegungsablauf beim Siebdrucken /1/

- beim Einbrennprozess werden Schichteigenschaften festgelegt  
(durch Temperaturanstiegs- und -abfallzeiten)
- Abkühlen → Glasanteil erstarrt → feste mech. Verbindung zu Substrat

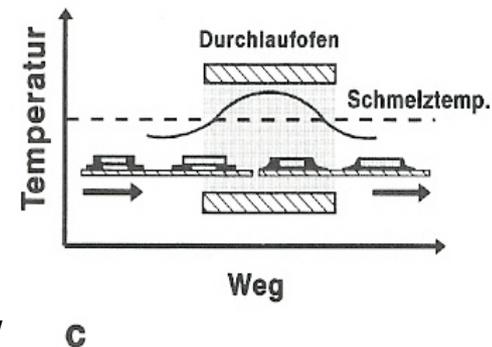
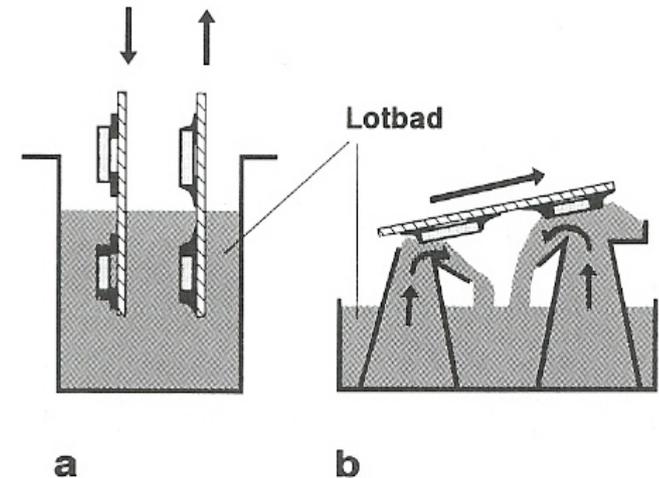
# Bestücken und Löten der Schaltung

## Verfahren

- LötKolbenlötung (für große Komponenten, z.B. Kabel oder konventionelle Schaltungen)
- Tauchlöten (für relativ unkritische Schaltungen bezüglich Temperatur)
- Wellenlöten (für einseitig bestückte Schaltungen)
- Reflowlöten (übliches Verfahren)

Verschiedene Lötverfahren für oberflächenmontierte Bauelemente:

a) Tauchlöten, b) Wellenlöten, c) Reflowlöten /1/



## Tauchlöten

- ruhende oder bewegte Lotschmelze im Lötbad
- Bauelemente müssen durch Kleber am Substrat fixiert werden

## Wellenlöten

- Beschichtung der Substrate mit Flussmittel
- Löten mit Lotwelle
- Entfernen der Flussmittelreste

## Reflowlöten

- Löten oberflächenmontierbarer Bauelemente
- Lotauftrag → Erwärmung der gesamten  
Schaltung auf Löttemperatur
- Lötstempel auf Lötstelle gepresst und aufgeheizt

## Neue Verfahren

### - Dampfphasenlötverfahren

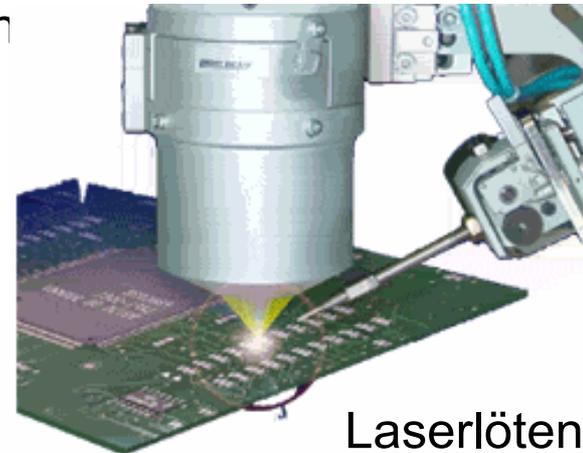
- Lötgut in Zone mit heißem Dampf
- Dampf kondensiert → Verdampfungswärme bringt Lot zum Schmelzen
- Vorteil: Arbeitstemperatur muss nicht überwacht werden (Löttemperatur durch verdampfende Flüssigkeit bestimmt)

## Neue Verfahren

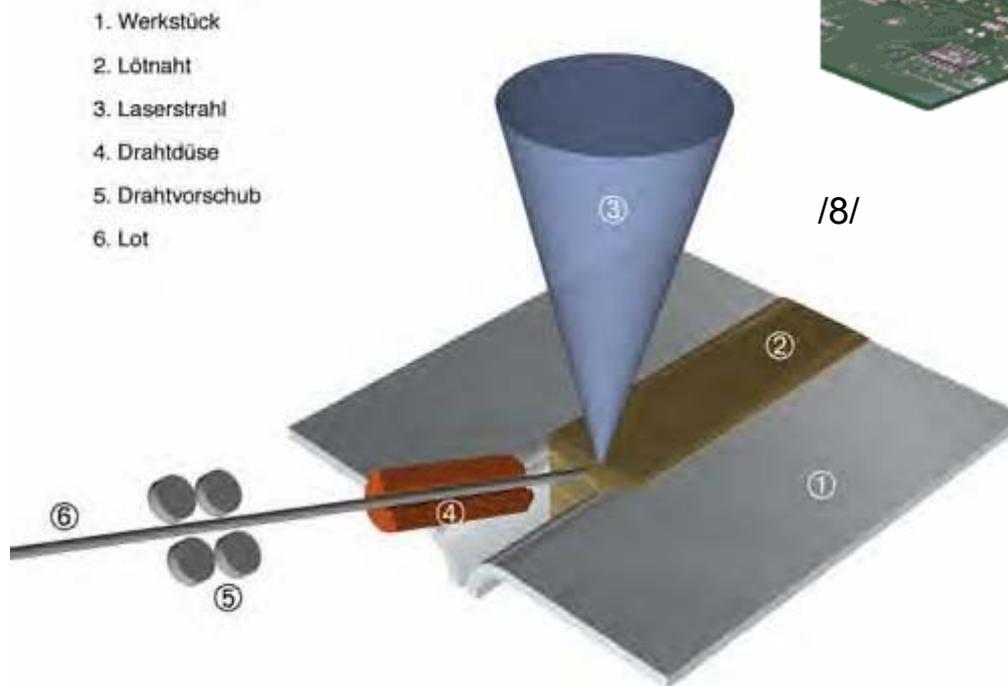
### - Laserlöten

- Schmelzen der Lötstellen mit Laserstrahl

→ geringe thermische Belastung  
für Schaltung



Laserlöten /7/



1. Werkstück
2. Lötnaht
3. Laserstrahl
4. Drahtdüse
5. Drahtvorschub
6. Lot

## Montage und Kontaktierung ungehäuster Halbleiterbauelemente

- mechanische Befestigung des Halbleiters auf dem Substrat
- Drahtkontaktierung – elektrische Verbindung

### Forderung

- mechanische Festigkeit der Chip-Substrat-Verbindung
- thermische und elektrische Leitfähigkeit (Abführung der Verlustleistung)

→ „Die-Bonding“: ganzflächige Verbindung eines Chips zum Substrat

Bsp.: Auflegieren von Si-Halbleiterchips auf Substrat mit Goldmetallisierungen

- Substratmetallisierung und Halbleitermaterial werden angeschmolzen und legieren miteinander
  - Legierung wirkt als Lot zwischen beiden
    - Voraussetzung: Eutektikum bei beiden Werkstoffen (Verfahrenstemperatur bei eutektischen Si-Au-Bonden etwa 400 °C)
  - Aufdrucken des Si-Kristalls auf Metallisierung (Legiervorgang)
- nach mechanischer Befestigung des Halbleiterchips auf Substrat folgt elektrische Verbindung zwischen Halbleiter und Leiterbahnen der Schichtschaltung

## Drahtbondtechniken

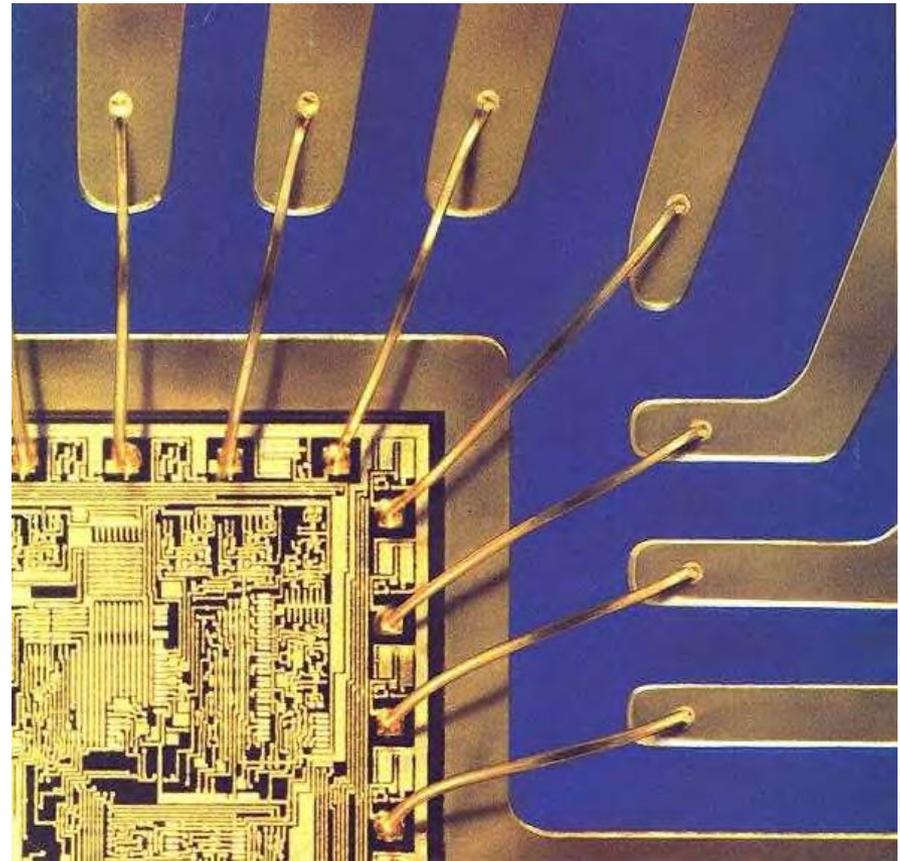
Drahtbonden: Fügetechnik zur Herstellung diskreter elektrischer Verbindungen von Chips auf Substraten

### Voraussetzung

- die zu fügenden Komponenten müssen geeignete Kontaktflächen besitzen („Pads“ / Landeplätze)

### Material

- verwendete Drähte überwiegend aus Gold oder Aluminium mit Durchmesser von ca. 10  $\mu\text{m}$



/9/

## Forderungen an Fügetechnik

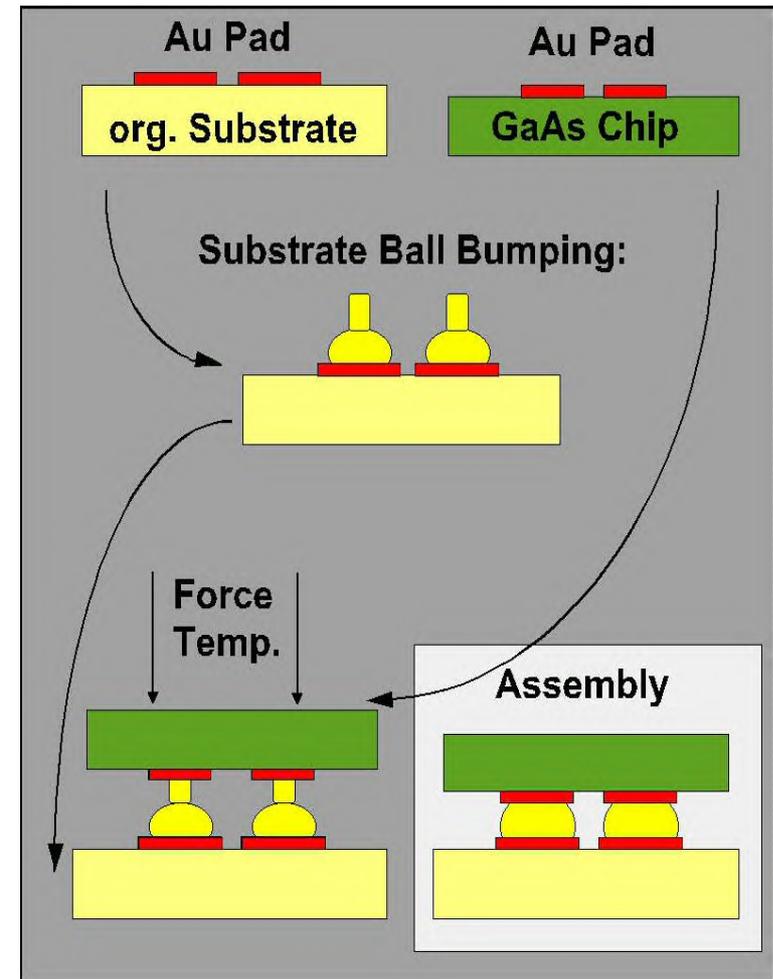
- gute, dauerhafte elektrische Verbindung
- geringer Platzbedarf für Fügestelle
- geringe thermische und mechanische Belastung der Komponenten
- Automatisierbarkeit

## Verfahren

- nicht aufschmelzen, sondern durch Druck, Wärme oder Ultraschallenergie aufreiben der Oxidhäute der Drähte (Oxidfilm verhindert Kaltschweißen des Drahtes mit Kontaktfläche) → enger Kontakt der Fügepartner  
→ van-der-Waals-Kräfte werden wirksam → dauerhafte Verbindung

# Thermokompressionsdrahtbonden - Warmpressschweißen

- Druck und Wärme werden mit einer Elektrode in Fügepartner eingebracht  
→ plastische Verformung des Drahtes  
(Oxidfilm platzt auf)
- Fügepartner auf atomarer Distanz
- Erhitzen des Substrats auf 150 - 175°C
- Erhitzen der Fügestelle (mittels Bondwerkzeug) auf Prozesstemperatur (280°C)



/10/

Kraft, Temperatur, Zeit sind wichtige Parameter

Bsp.: Golddraht (25  $\mu\text{m}$ ) - Kraft: 0,3 – 0,9 N

- Schweißtemperatur: 280 – 350 °C
- Substrattemperatur: 240 – 280 °C
- Schweißzeit: 0,3 – 0,6 s

## Materialien

- Werkzeug

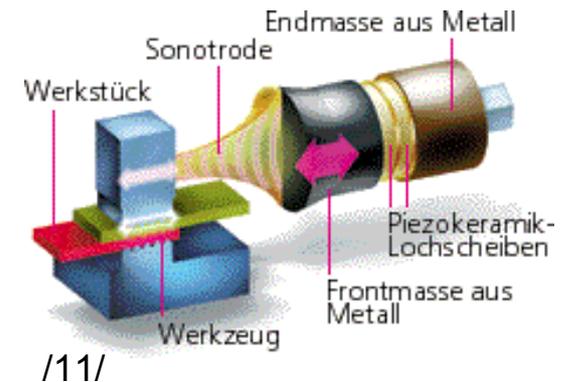
- Wolfram, Wolfram- bzw. Titancarbid (bei Impulsheizung)
- Keramik, Rubin (bei Dauerbeheizung; hohe Standzeit, aber hoher Preis)

- Bond

- Gold:
  - keine dicken Oxidschichten
  - Arbeiten ohne Schutzgasatmosphäre
  - hoher Preis (unbedeutend, da geringe Materialmenge)

## Ultraschalldrahtbonden – Ultraschallschweißen

- Ultraschall wird über eine Sonotrode in Fügepartner eingeleitet
- Frequenzbereich abhängig von Material und Dicke des Drahtes sowie vom Fabrikat des Bondes (15 – 60 kHz)
- Aufreißen der Oxidfilme der Bondpartner durch Ultraschallschwingungen → atomarer Abstand



Ultraschallrollnahtschweißen /12/



/13/



## Voraussetzung

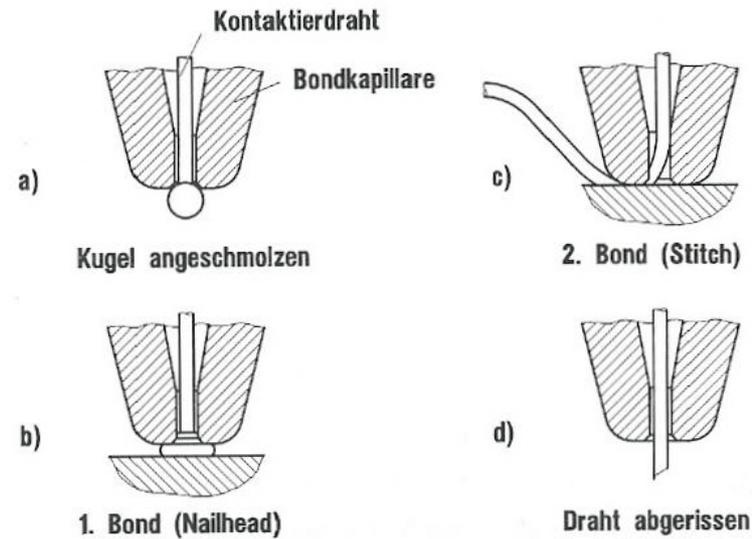
- reine und kontrollierbare Oberflächen (sonst Oxidschichten in Fügestelle)
- gut kontrollierbare Schweißparameter (Ultraschallenergie, Zeit, Kraft)
  - zu hohe Anpresskraft schwächt Bondverbindung
  - zu niedrige Anpresskraft beschädigt Sonotrode und Werkstoff durch zu hohe Reibwärme
- für gleich bleibende Ergebnisse:
  - guter Kontakt zwischen Sonotrode und Werkstück zur reflexionsfreien Einleitung der Ultraschallenergie in den Schweißbereich
- Verbesserungsmöglichkeit:
  - durch Aufrauen der Oberfläche der Sonotrode kann Wirkungsgrad der Ultraschallübertragung erhöht werden

# Thermosonicdrahtbonden – Ultraschallwärmeschweißen

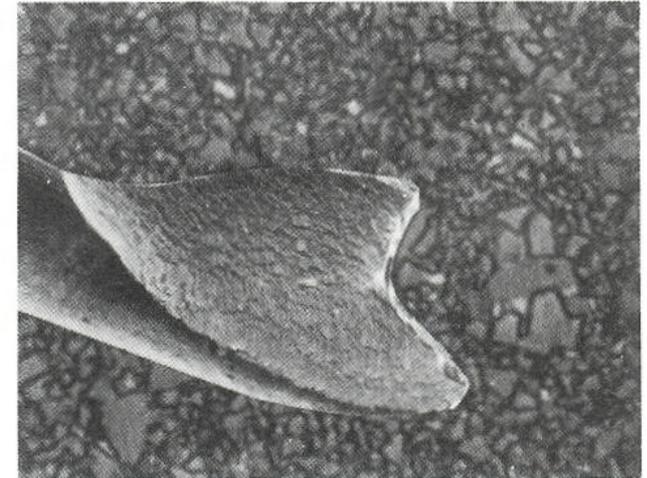
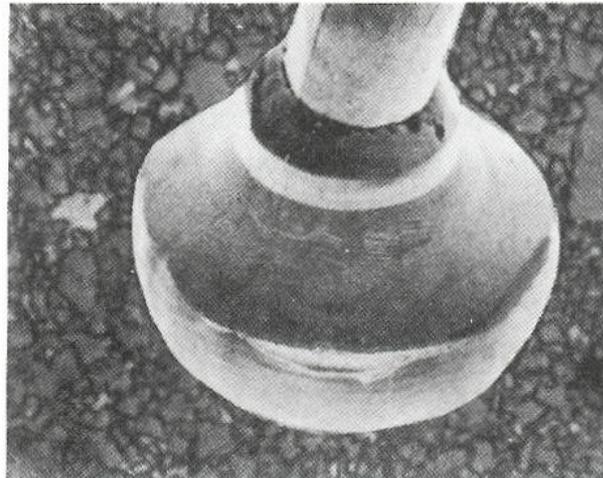
- Wärme als weiterer Parameter zu den Parametern beim Ultraschallschweißen
- durch Wärme wird Verformbarkeit (Duktilität) des Drahtbundes erhöht
  - bessere Ultraschalleinleitung
  - bessere Reinigung der Oberflächen von Fremdgasen

# Ball-Wedge-Bonden - Kugel-Keil-Schweißen

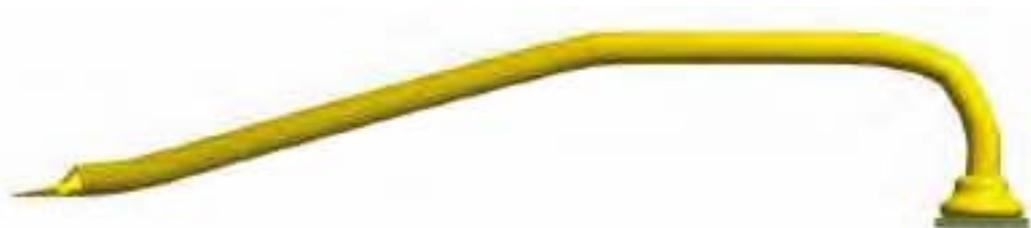
Bewegungsablauf beim  
Kugel-Keil-Schweißen



REM-Aufnahme einer Kugel-Keil-Schweißung;  
links: Kugelschweißung;  
rechts: Keilschweißung /1/



- durch röhrenförmiges Werkzeug mit zentrischer Bohrung (Kapillare) wird Golddraht zugeführt
- Ende des Drahtes wird aufgeschmolzen (durch Brennerflamme oder elektrische Entladung)
- Ende des Drahtes verformt sich zu Kugel mit dreifachem Durchmesser gegenüber dem Draht (da Oberflächenspannung)
- Kugel wird mit Kapillare auf Landeplatz gedrückt und verschweißt
- Kapillare fährt zum nächsten Landeplatz während Draht aus Vorratsspule nachgeliefert wird
- Draht wird mit Rand des Werkzeuges auf Landeplatz gedrückt, verformt und verschweißt
- durch Form der Kapillare wird Sollbruchstelle in Bonddraht eingebracht  
→ Draht reißt bei Abheben der Kapillare
- erneutes Aufschmelzen der Abrissstelle für neuen Arbeitszyklus



Wedge

Ball

Drahtverbindung nach  
Schweißvorgang /14/

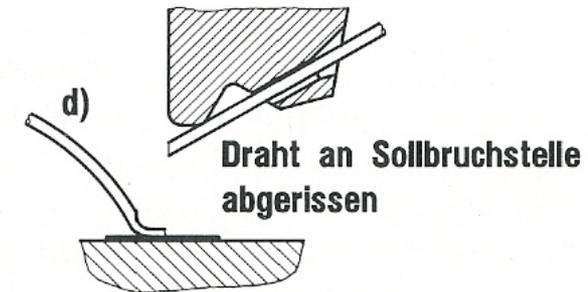
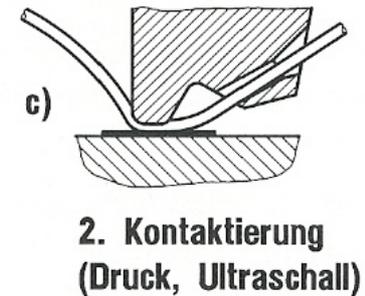
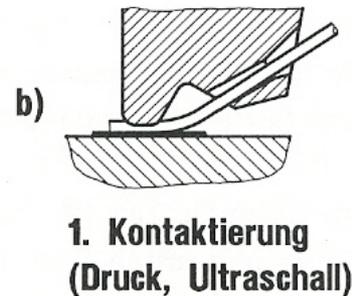


Schweißanlage  
mit Kapillare /15/

# Wedge-Wedge-Bonden

## – Keil-Keil-Schweißen

Bewegungsablauf beim  
Keil-Keil-Schweißen /1/



- hierbei wird auch der erste Bond keilförmig gesetzt

Folge: Richtung des zweiten Bonds ist festgelegt

→ Substrat muss je nach Ausrichtung unter dem Bondwerkzeug  
gedreht werden

## Vor- und Nachteile der Bondtechniken

Verfahren	Vorteile	Nachteile
Thermokompressionsdrahtbonden		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ausschließlich Golddraht</li> <li>- Drahhärte vermindert</li> <li>- viele Kontakte → Schädigung der Schaltung durch Wärmebelastung (durch Impulsheizung reduziert)</li> </ul>
Wedge-Wedge-Bonden	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sowohl Au- als auch Al-Draht</li> <li>- kleine, kontrolliert gezogene Drahtbögen</li> <li>- geringe parasitäre Induktivitäten an den Anschlüssen</li> <li>- kleinere Landeflächen → bei HF-Technik angewandt</li> </ul>	

<p>Ultraschall- draht- bonden</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sowohl Au- als auch Al-Draht</li> <li>- Durchmesser 17 – 500 <math>\mu\text{m}</math> (dünne Drähte aus reinem Al zu weich <math>\rightarrow</math> mit 1% Si legiert)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Richtungsabhängigkeit</li> </ul>
<p>Thermo- sonicdraht- bonden</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Korrosionsfestigkeit der Kontakte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Migration von Au-Atomen in Al bei höheren Temperaturen (140 °C) <math>\rightarrow</math> Hohlräume</li> <li>- entstandene Golddrahtverbindungen aufheizen <math>\rightarrow</math> zuverlässige Ergebnisse</li> </ul>
<p>Ball- Wedge- Bonden</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1. Bondstelle: Draht senkrecht auf Oberfläche; 2. Bondstelle: durch Ziehen beliebig anzufahren <math>\rightarrow</math> Serienproduktion; keine neue Ausrichtung nötig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ausschließlich Golddraht (Al oxidiert und Gase entstehen)</li> </ul>

## Prüfverfahren

Optische Beurteilung von (mittels Mikroskop):

- Schleifenform
- Verformung des Drahtes an Bondstelle
- Position des Bonds zur Landefläche

Mikrozug- und -scherprüfung

- Beurteilung der Bruchfläche

Langzeitprüfung / Lebensdauertests

- Wärme-, Temperaturwechsel, Stoß-, Vibrationsbelastung
- Lagerung unter extremer Feuchte und aggressiver Atmosphäre  
→ relative Ausfallraten der Versuchsschaltungen gemessen

## Neue Kontaktierungstechniken

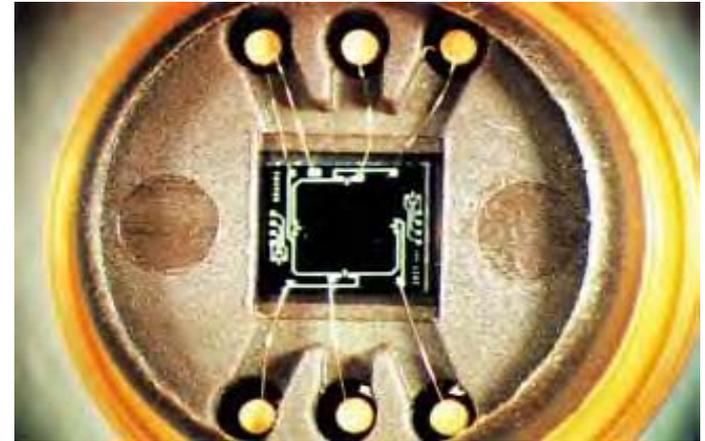
Drahtbondverfahren haben Nachteile bei großer Integrationsdichte und hohen Signalfrequenzen:

Zeitaufwand, Zuverlässigkeit, limitierter Durchsatz und limitierte Größe der Landeflächen, parasitäre Induktivitäten und Kapazitäten des Drahtbundes bei HF-Anwendungen

→ folgende Verfahren vermeiden diese Nachteile

## Anodisches Bonden

- Aufbau dreidimensionaler Systeme mit integrierter Datenverarbeitung möglich



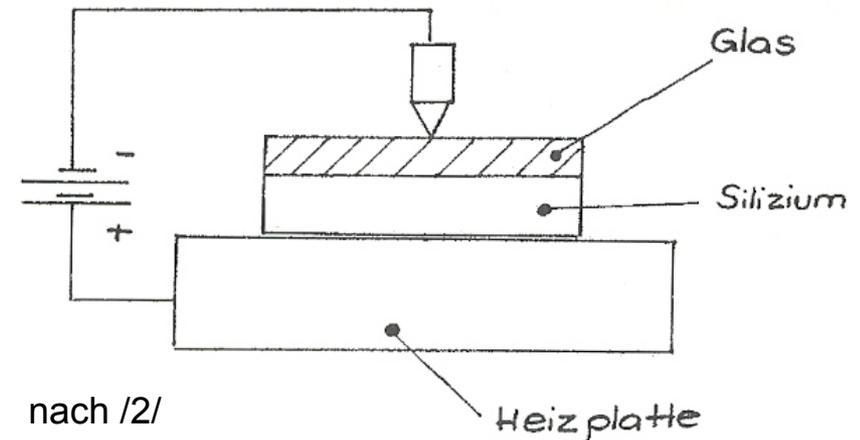
/16/

## Probleme in der Silizium-Mikromechanik

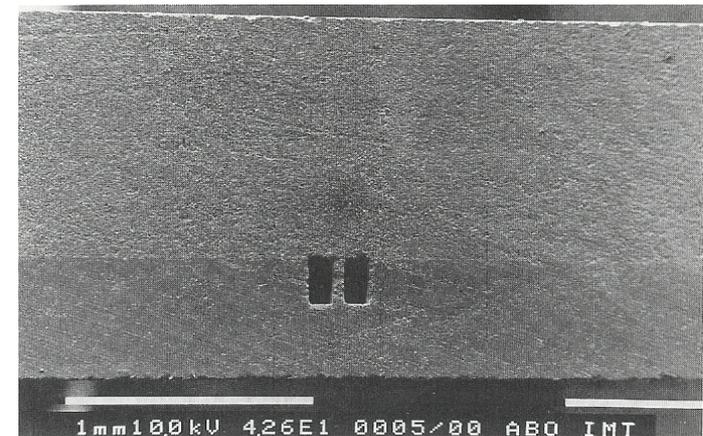
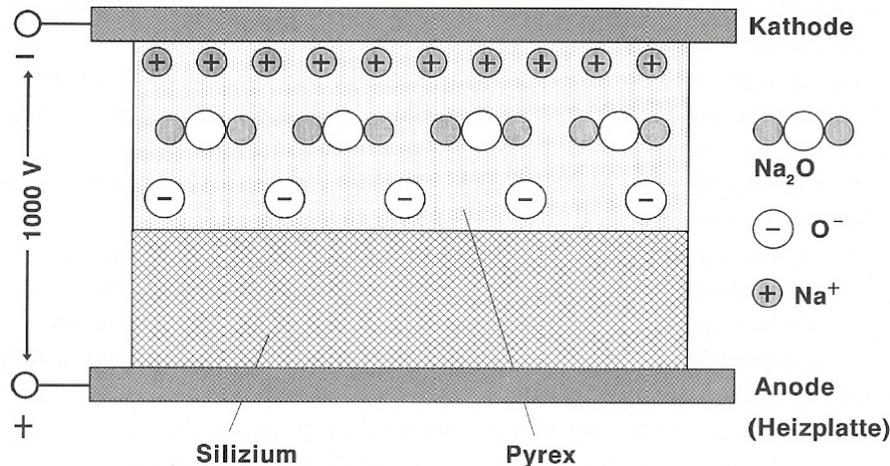
- Abdecken der Si-Strukturen mit Glas

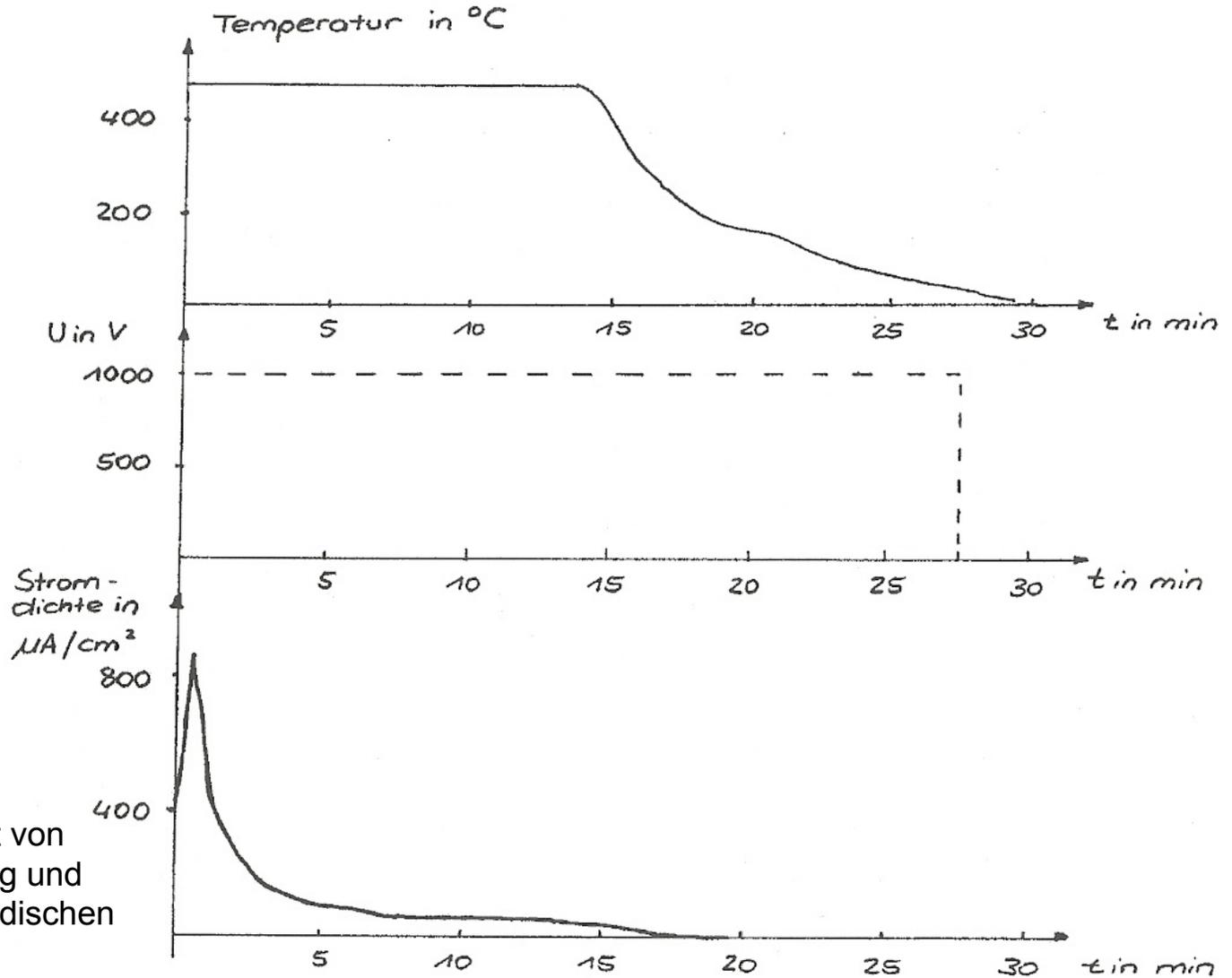
Lösung:

- Glasplatte und Si-Scheibe in engem Kontakt auf 400 °C gebracht
- dann 1000 V angelegt



- Ionenleitfähigkeit von Glas bei hohen Temperaturen (Na-Ionen im Glas)
  - Na-Ionen bewegen sich von Glas-Silizium-Grenzfläche weg und werden in Kathode neutralisiert
- es entsteht Gebiet mit negativen Anionen ( $O^-$ ) im Glas und an Grenzfläche, da Anionen geringere Beweglichkeit haben
  - elektrostatisches Feld, welches die Grenzfläche mit großer Kraft zusammenhält





Zeitliche Abhängigkeit von Temperatur, Spannung und Stromdichte beim anodischen Bondprozess [2]

## Anforderungen für zuverlässiges System

- Reinheit
- Ebenheit
- angepasste thermische Ausdehnungskoeffizienten

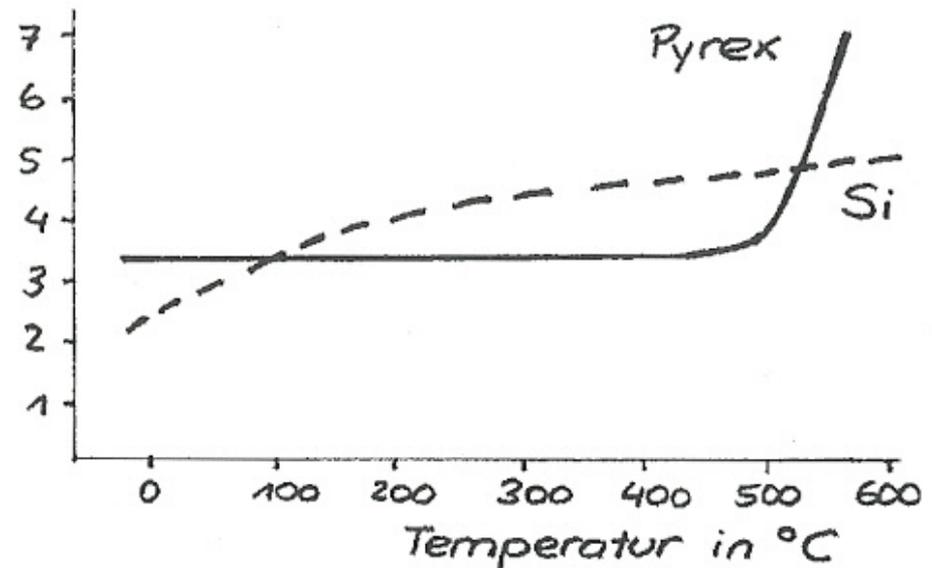
→ geeignetes Glas: Pyrex 7740

(dem Ausdehnungskoeffizienten von Silizium am nächsten)

thermischer  
Ausdehnungs-  
koeffizient

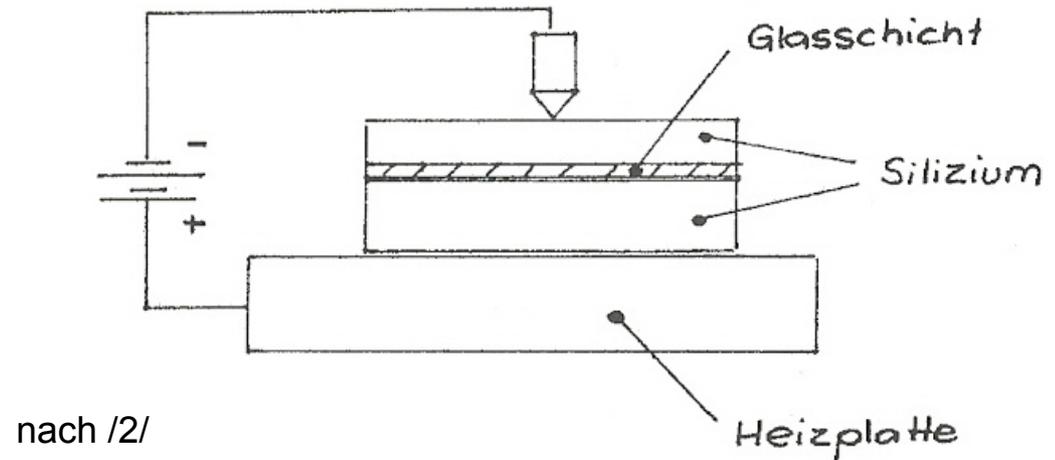
$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \cdot \Delta T}$$

in  $10^{-6} K^{-1}$



nach /2/

- ebenso gefragt wie Si-Glas-Verbindungen sind auch Si-Si-Verbindungen
  - es folgen Verfahren zur Herstellung von Si-Si-Verbindungen
1. mit Hilfe einer 5  $\mu\text{m}$  dicken Pyrexzwischenenschicht
    - in oxidierender Atmosphäre wird Si-Oxidschicht erzeugt, um elektrostatische Verbindung zu stärken
    - um elektrische Durchbrüche in der dünnen Glasschicht zu vermeiden, darf die Spannung 50 V nicht übersteigen



## 2. Si-Si-Verbindung mittels thermisch gewachsener Si-Oxidschichten

- Verbindungen entstehen durch Aufheizen der Wafer auf 1100 -1200 °C und Anlegen einer Spannung von 20 V
- Aufbau des elektrostatischen Feldes durch migrierte H- und OH-Ionen
- Vorteil: Abwesenheit von Alkaliionen (haben negative Auswirkung auf Funktion von MOS-Schaltungen)

## 3. Methode von Lasky

- kein elektrisches Feld
- Sauerstoffatmosphäre, die zwischen Si-Scheiben bestand, wird durch hohe Temperatur (Oxidationsvorgang) verbraucht  
→ Unterdruck zieht Scheiben zusammen → Reaktion:  
$$\text{SiOH} + \text{SiOH} \rightarrow \text{SiOSi} + \text{H}_2\text{O}$$
 (Wasser erhöht Dicke der Oxidschicht durch Oxidation des Si)

#### 4. Niedrigtemperaturbondmethode

- schon bei Raumtemperaturen treten zwischen Si-Scheiben mit geeigneter Oberflächenbehandlung hohe Adhäsionskräfte auf
- durch Tauchen der Scheiben in  $\text{NH}_4\text{OH}$  entstehen  $\text{SiOH}$ -Bindungen
- durch thermische Nachbehandlung wird bei  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  die Bruchgrenze von einkristallinem Si erreicht
- längere Temperung bewirkt Aufbrechen der Oxidschicht  $\rightarrow$  O-Atome diffundieren in das Substrat  $\rightarrow$  es entsteht eine Si-Si-Oberfläche

Anwendung: für Herstellung integrierter und gekapselter Sensoren bzw.

Aktoren auf mikromechanischer Basis;

z.B. Beschleunigungssensoren, Drucksensoren, Resonatoren,

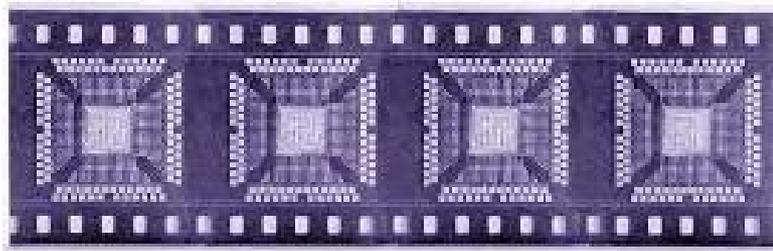
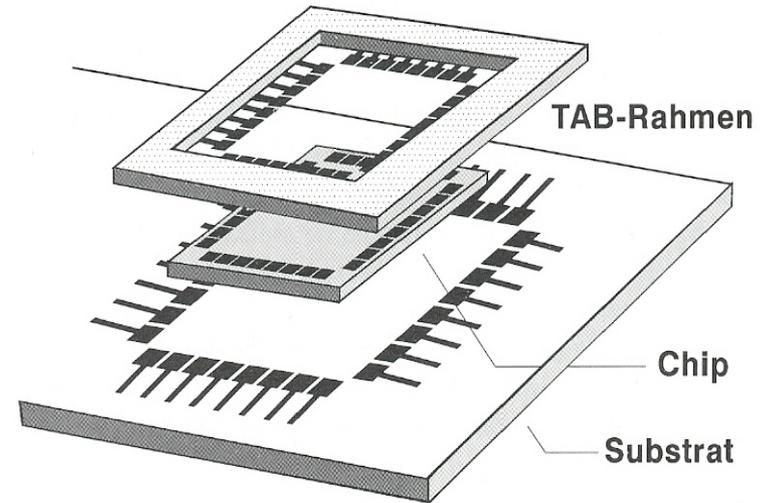
Mikroaktuatoren

## Vorteile anodisches Bonden

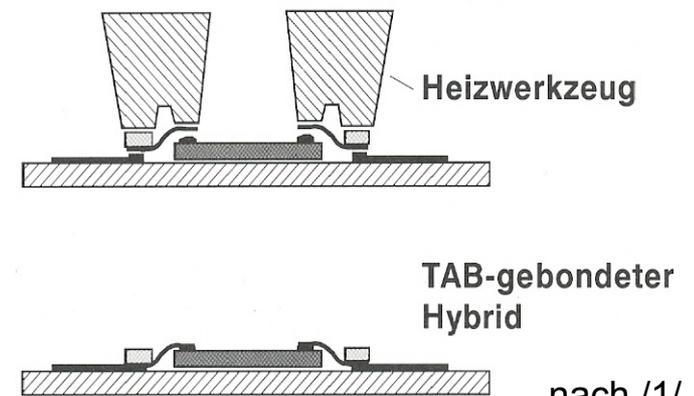
- einfache Technologie
- geringe Prozesstemperatur (400 °C)
- schnelle Verbindungsbildung
- hermetischer Verschluss
- hohe Festigkeit der Bondverbindungen (auch unter erschwerten Umweltbedingungen, aggressiven Medien, hohen Drücken)
- isolierendes Glas bei Si-Si-Verbindungen reduziert Streukapazität und erhöht Durchbruchsspannung

## TAB-Technik – Tape-Automatic-Bonding

- Metallstreifen auf Kunststoffträgern übernehmen Funktion des Drahtes
- Metallstruktur als Cu-Folie auf Polyimidträgern aufgeklebt und photolithografisch strukturiert
- Kontaktierung durch simultanes Bonding aller Anschlüsse eines Chips zum Keramiksubstrat



/17/



nach /1/

## Schwierigkeit

- Herstellung gleichförmiger Metallhöcker (Bumps) auf den Landeplätzen der Chips

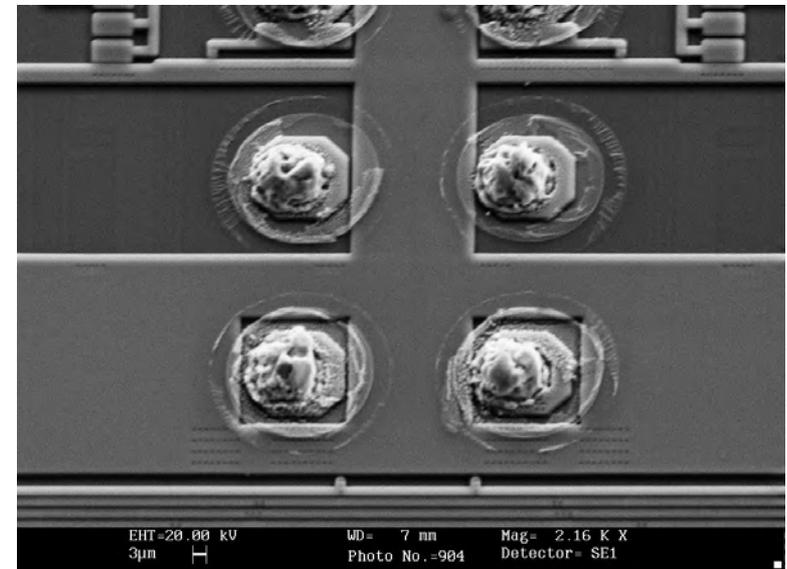
## Bumps

- zur Kontaktierung mit Metallstreifen des Filmträgers
- aus Gold → zur Anwendung von Thermokompressions- bzw. Lötverfahren
- Goldbumps dürfen nur mit Sperrschichten auf Al-Pads abgeschieden werden, da an Al-Au-Grenzflächen bei erhöhten Temperaturen Vorgänge ablaufen → mechanische Instabilität, Erhöhung des Kontaktwiderstandes bzw. Öffnung des Kontaktes
- Goldbumps werden galvanisch auf die mit Ti, W, Au beschichteten Al-Pads aufgebracht → dazu wird Maske aus Photolack benötigt, die die Flächen über den Metallisierungen freilässt

- für hohe Kontaktdichte müssen die Kanten der Bumps senkrecht sein (d.h. relativ dicke Photolackbeschichtungen ( $20\ \mu\text{m}$ ))



Beispiele für Bumps /18/



/18/

## Kontaktierungsverfahren Chip-Tape

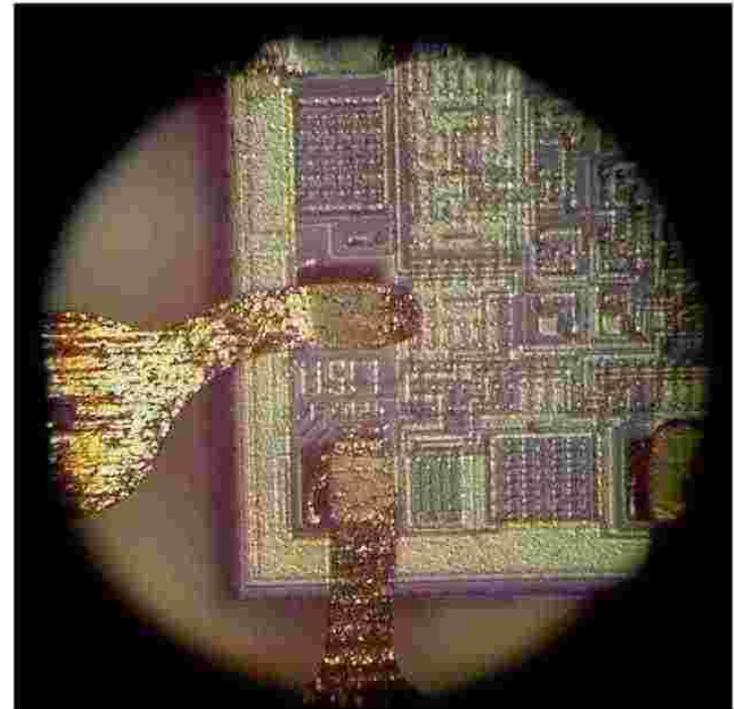
- eutektische Gold-Zinn-Lötung und Thermokompressionsbonden

## Kontaktierung Tape-Leiterplatte

- Weichlotverbindung

## Vorteile

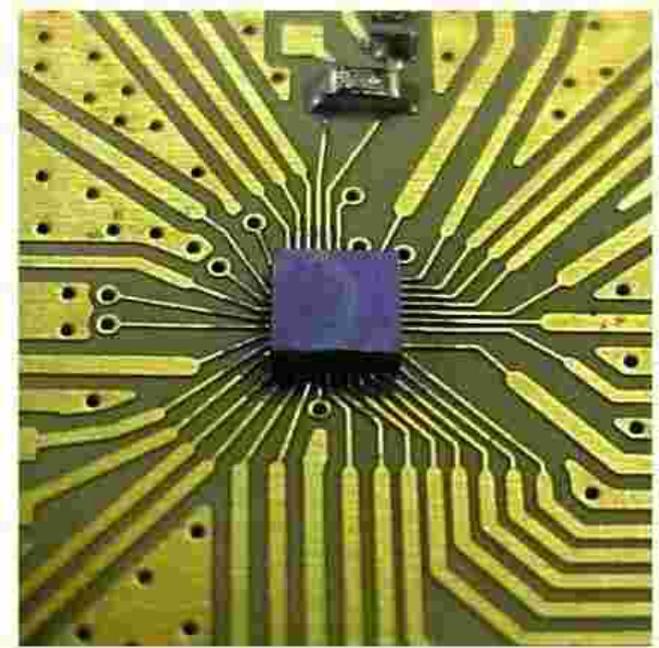
- Chips können vor Einbau getestet werden
- Chipvorder- und -rückseite ist zugänglich
- automatische Bestückung der Schaltkreise gewährleistet



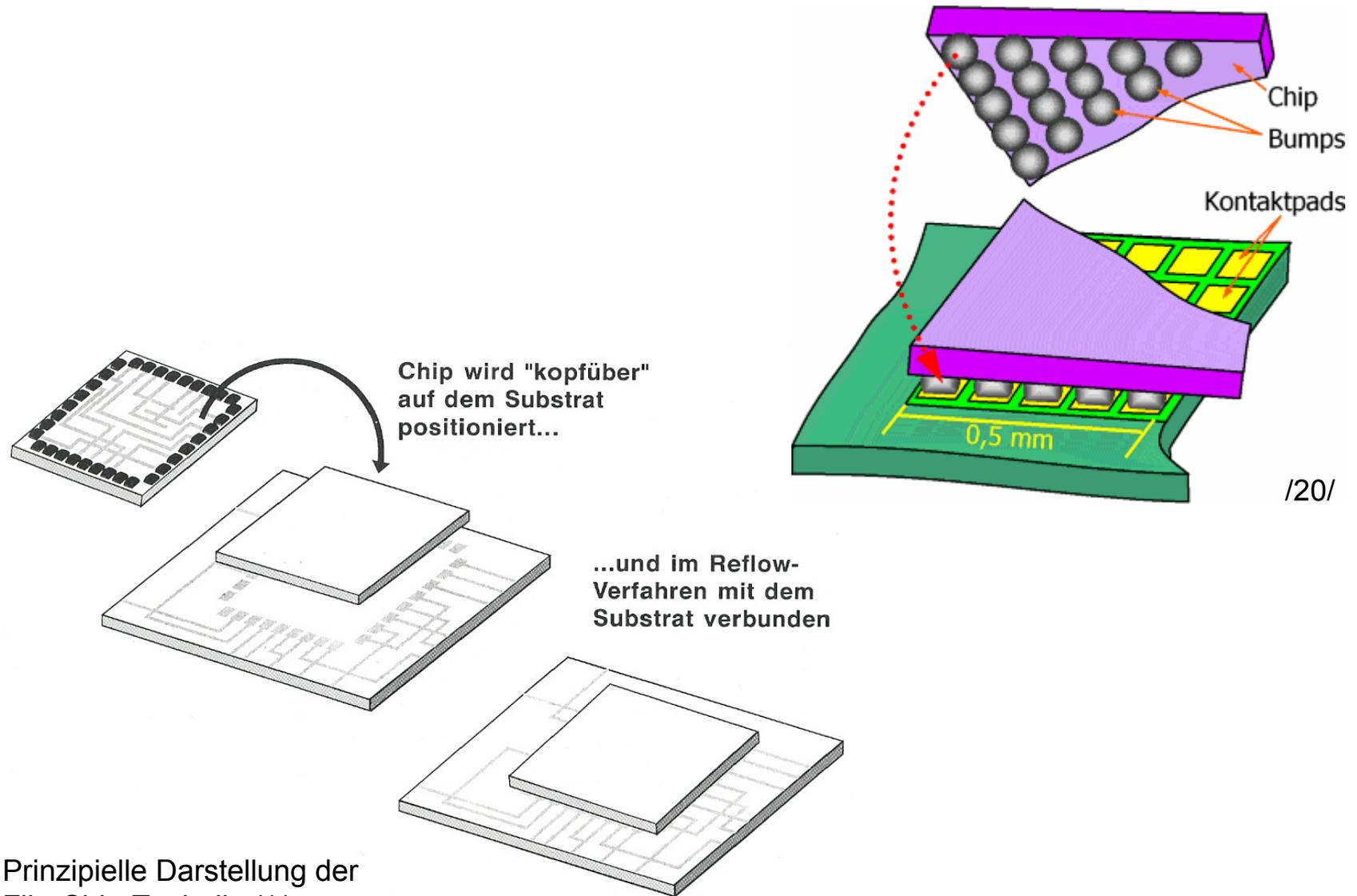
/19/

## Flip-Chip-Technik

- Chip wird kopfüber auf Substrat gelegt
- Ausrichten des Chips mittels Infrarotmikroskop (Si im Infraroten durchsichtig)
- es müssen weiche Lote verwendet werden, um mechanische Spannungen aufgrund unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizienten auszugleichen (z.B. PbSn)
- Bumps auf passivierte Wafer aufgebracht
- auf Haft- und Diffusionsschichten Pb- und Sn-Schichten abgeschieden
- Erwärmen des Chips über Schmelztemperatur des Sn → Schichtpakete über den Bondpads ziehen sich aufgrund Oberflächenspannung zusammen → Bumps entstehen



/19/



Prinzipielle Darstellung der Flip-Chip-Technik /1/

Unterschied zu TAB-Technik: kein Zwischensubstrat

## Vorteile

- platzsparende Kontaktierung
- Kontaktierung nicht nur im Randbereich möglich
- bei Substraten mit angepassten thermischen Ausdehnungskoeffizienten
  - kleinere Verlustleistung
  - kostengünstige Mengenanfertigung

## Nachteile

- unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten der Verbundpartner
- schlechter thermischer Kontakt zum Substrat
- Überhitzen des Chips führt zu großen Scherspannungen an Kontaktpads

# Vergleich verschiedener Kontaktierungstechniken

Eigenschaften	C + W	FCT	TAB
Präparation erfordl.	nein	ja	ja
Zuverlässigkeit	unterschiedl ich	sehr gut	sehr gut
Flächenbedarf	mittel	klein	mittel
Testbarkeit	nein	nein	ja
opt. Inspektion möglich	ja	nein	ja
Gehäusung notwendig	ja	nein	nein
mögliche Anschlußzahl	niedrig	hoch	hoch
Flexibilität	sehr gut	mittel	schlecht
Kosten	niedrig	hoch	sehr hoch

Erklärung der Abkürzungen:

C + W = Chip-and-Wire-Technik  
(Drahtbonden)

FCT = Flip-Chip-Technik

TAB = Tape-Automatic-Bonding

nach /1/

# Zusammenfassung

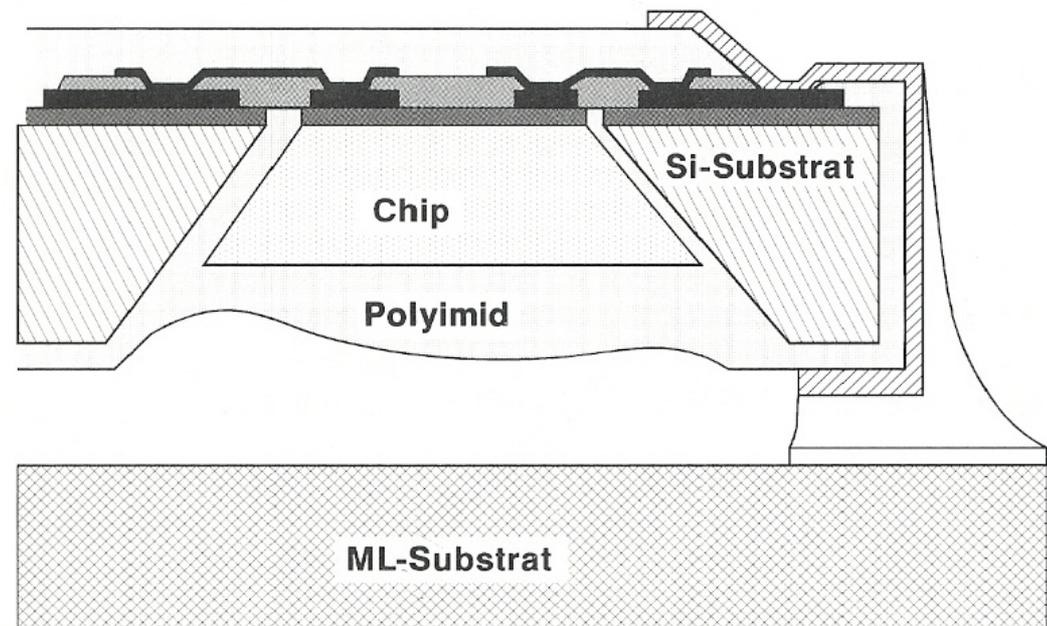
## Additivtechniken

- galvanische Verfahren, laser-, ionenstrahlinduzierte Metallabscheidung
- zur platzsparenden elektrischen Kontaktierung von Chips untereinander oder von Chips mit Substrat

## Einbetttechniken

- planare Integration des Chips im Substrat
  - flächensparender Aufbau eines Mikrosystems
  - sehr kurze Zuleitungslängen
- Kontaktierung kann mittels Dünnschichttechnik und photolithografischer Strukturierung erfolgen

- Einbetttechnik für Chipmontage
- Substrat (Si-Scheibe) mit anisotrop geätzten Löchern versehen, in die Chips (ebenfalls anisotrop geätzt) auf gleicher Ebene eingesetzt werden
- Fugestelle muss so gut sein, dass sie mit dünnen metallischen Filmen elektrisch überbrückt werden kann
- Leiterbahnebene kann photolithografisch strukturiert werden /1/



## Quellen

- /1/ W. Menz, P. Bley; Mikrosystemtechnik für Ingenieure, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim (1993)
- /2/ Wiemer, Herziger, Geßner; DVS-Berichte Band 193, Montageprozesse für Silizium- und Glasmaterialien in der Mikromechanik, DVS-Verlag, Düsseldorf (1998)
- /3/ [www.hekatron.de](http://www.hekatron.de)
- /4/ [www.lmt.mhi.saarland.de](http://www.lmt.mhi.saarland.de)
- /5/ [www.schulseiten.de](http://www.schulseiten.de)
- /6/ [www.konz-brune.de](http://www.konz-brune.de)
- /7/ [www.wmt-marketing.de](http://www.wmt-marketing.de)

/8/ [www.migweld.de](http://www.migweld.de)

/9/ [www.unitekeapro.com](http://www.unitekeapro.com)

/10/ [www.pb.izm.fhg.de](http://www.pb.izm.fhg.de)

/11/ [www.ceramtec.de](http://www.ceramtec.de)

/12/ [www.iwb.tum.de](http://www.iwb.tum.de)

/13/ [www.mi-kl.de](http://www.mi-kl.de)

/14/ [www.smallprecisiontools.ch](http://www.smallprecisiontools.ch)

/15/ [www.twi.co.uk](http://www.twi.co.uk)

/16/ [www.sensorsmag.com](http://www.sensorsmag.com)

/17/ [www.semiconfareast.com](http://www.semiconfareast.com)

/18/ [www-rhvd.fnal.gov](http://www-rhvd.fnal.gov)

/19/ [www.microbonding.com](http://www.microbonding.com)

/20/ [www.mm.fh-heilbronn.de](http://www.mm.fh-heilbronn.de)