

Dipl.-Phys. Stefan Mack, Jena

**Eine vergleichende
Untersuchung der
physikalisch-chemischen
Prozesse an der
Grenzschicht direkt und
anodisch verbundener
Festkörper**

Reihe **2**: Fertigungstechnik

Nr. **436**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Silizium-Waferbonden	1
1.2	Bedeutung der Physik des Waferbondens für die technologische Anwendung . . .	2
1.3	Themenstellung der Arbeit	3
2	Zusammenfassung	5
3	Waferbondtechniken	7
3.1	Silizium-Direktbonden	7
3.1.1	Die Bondoberflächen und der Bondprozeß	7
3.1.2	Materialkombinationen	9
3.1.3	Vorgeschlagene Bondmechanismen	9
3.1.4	Untersuchung der Raumtemperatur-Adhäsion	12
3.2	Anodisches Bonden	20
3.2.1	Die Bondoberflächen und der Bondprozeß	20
3.2.2	Vorgeschlagene Bondmechanismen	21
3.2.3	Materialkombinationen	24
4	Untersuchung von Gasen an der Bondgrenzschicht	25
4.1	Siliziumkavernen als Reservoir für Gase von der Bondgrenzschicht	25
4.2	Verwendete Versuchsmuster und ihre Herstellung	26
4.2.1	Strukturierung der Testwafer	26
4.2.2	Verwendete Strukturierungsmuster	27
4.2.3	Bonden der Versuchswafer	30
4.3	Meßmethoden	33
4.3.1	Analyse der Oberflächentopographie	33
4.3.2	Analyse der Bondgrenzschicht	34
4.3.3	Messung des Gasdruckes in den Kavernen	37
4.3.4	Messung der Gasleckage entlang der Bondgrenzschicht	42
4.3.5	Analyse der Gase in der Kaverne	43
4.4	Silizium-Direktbonden	45
4.4.1	Gasentstehung vor der Temperung	45
4.4.2	Gasentstehung während des Temperns	47
4.4.3	Analyse der freigesetzten Gase	53
4.4.4	Gasdiffusion entlang der Bondgrenzschicht	56
4.4.5	Interpretation der Ergebnisse zur Gasfreisetzung, -analyse und -diffusion	57
4.4.6	Gasleckage entlang der Bondgrenzschicht	65
4.5	Anodisches Bonden	72
4.5.1	Gasentstehung während des Bondvorganges	72
4.5.2	Analyse der freigesetzten Gase	79
4.5.3	Interpretation der Ergebnisse zur Gasentstehung und -analyse	79
4.5.4	Gasleckage entlang der Bondgrenzschicht	83

5	Bedeutung der Ergebnisse für das Waferbonden in der Silizium-Mikromechanik	90
6	Ausblick	92
A	Daten der verwendeten Materialien	93
B	Verwendete Silizium-Strukturierungsprozesse	94
C	Genauigkeit des Druckmeßverfahrens	97
D	FEM-Simulationen	99
E	Theoretische Betrachtungen zur Gaspermeation	101
F	Theoretische Betrachtungen zur Gasleckage	103
G	Theoretische Betrachtung zur Gasdiffusion an der Bondgrenzschicht	104
H	Quantitative Abschätzung der Gasfreisetzung für das Direktbonden	106
	Literaturverzeichnis	108