



DIREKTES BONDEN: EINE »NEUE« BOND-TECHNOLOGIE FÜR GLAS

DIRECT BONDING: A "NEW" TECHNOLOGY FOR GLASS ASSEMBLY

»Direktes Bonden« beschreibt eine Technologie zum Fügen ebener Körper ohne Zusatzstoffe (Klebstoffe oder Lote), nur durch direkten mechanischen Kontakt. Das Verfahren – in Deutschland unter dem Begriff »Ansprenge« und in England als »fusion bonding« seit über 100 Jahren in der Optik bekannt – wurde oft als »Schwarze Kunst« angesehen, die stark von den handwerklichen Fähigkeiten des Ausführenden abhing und kaum zuverlässig funktionierte, also für die breite Anwendung nicht in Frage kam.

Systematische Untersuchungen an oxidierten Si-Wafern über die letzten zwei Jahrzehnte haben zu einem wesentlich besseren Verständnis der grundlegenden Bond-Mechanismen beigetragen und inzwischen zu einem reproduzierbaren Verfahren geführt [1]. Damit ist nun für das Fügen von Si-Wafern in MEMS-Anwendungen ein zuverlässiges Verfahren entstanden, in welchem eine möglichst geringe Rauheit der Oberflächen (besser als 1 nm RMS) und extrem ebene (oder passgenaue) Oberflächen der Bondpartner eine Schlüsselrolle spielen. Umfangreiche Reinigungs- und Aktivierungsprozesse gehen dem abschließenden Bondvorgang voraus, der gewöhnlich im Vakuum bei moderaten Temperaturen vollzogen wird.

"Direct Bonding" describes a technology of bonding planar mechanical parts without auxiliary materials (like glues or solders) just by mechanical contacting. The procedure – known for more than 100 years in optics as "Ansprenge" in Germany and "fusion bonding" in England – was often regarded as "black magic", strongly dependent on individual skills of opticians and barely reliable, i. e. not useful for consumer applications.

Systematic investigations with oxidized Si-wafers for around two decades have contributed to a better understanding of the basic mechanisms involved and a reproducible control of the bonding process [1]. Now, for Si-wafer bonding in MEMS applications, a reliable technology has emerged in which a low surface roughness (less than 1 nm Root-Mean-Square) and extremely flat (or otherwise conform) surface of the bonding partners play a decisive role. Extended cleaning and activation procedures now precede the final contacting step, which is generally executed in vacuum at moderate temperatures.

1 200-mm-Glas-Wafer auf massives Glas-Substrat gebondet.

1 200 mm glass wafer bonded to massive glass substrate.

Obwohl die oxidierten Oberflächen von Si-Wafern, die mit dieser Technologie erfolgreich gebondet werden, sich chemisch nicht wesentlich von Kieselglas (SiO_2 , fused Silica) unterscheiden, wird diese Technologie bisher kaum in der Optik angewandt. Dabei liegt ein großes Anwendungspotenzial vor:

- Verbindung von Einzelteilen mit »Endmaßgenauigkeit«,
- volle Transparenz (Bondfläche ist »unsichtbar«),
- kein Kriechen/Nachgeben unter mechanischer Spannung,
- kein Ausgasen bei erhöhter Temperatur und
- kein thermischer Verzug oder entspr. Verspannung bei Temperaturänderung (für identische Materialien).

In Vorbereitung auf anwendungsorientierte optische Systeme wurde zunächst das Direkte Bonden von dünnen (≤ 1 mm) SiO_2 -Wafers auf dicke (≤ 20 mm) SiO_2 -Substrate mit bis zu 200 mm Durchmesser untersucht. Wie Abb. 1 zeigt, konnten dabei hochwertige (transparente) Glas-Glas-Verbindungen mit nur geringem Fehleranteil (hauptsächlich am Rand, Fehlerfläche ≤ 3 %) erzielt werden. Auch eine beachtliche Bondfestigkeit ($\geq 0,6$ J/m²) wurde nachgewiesen [2].

Unsere Arbeiten werden vom BMBF/DRL unter dem Förderkennzeichen No. 50 YB 0814 unterstützt.

Literatur/References

- [1] Tong, Q.Y.; Gösele, U., Semiconductor Wafer Bonding, John Wiley & Sons, New York (1999).
- [2] Kalkowski, G.; Rohde, M.; Risse, S.; Eberhardt, R.; Tünnermann, A.: Direct Bonding of glass substrates, ECS Transactions 33 (2010) 349–355.

Although the oxidized surfaces of Si-Wafers successfully bonded with this technology are chemically not very different from fused silica (SiO_2 glass), use of this technology in optics is still unfamiliar, in spite of its great potential:

- bonding of individual parts "accurate to dimension",
- transparency (bonding area is "invisible"),
- no creep/weakening under mechanical stress,
- no out-gassing at high temperatures, and
- no thermal mismatch/stress with temperature (for identical materials).

In a first step toward application-related optical devices, direct bonding of thin (≤ 1 mm) SiO_2 wafers to thick (≤ 20 mm) SiO_2 substrates of diameter 200 mm was investigated. As can be seen in Fig. 1, high quality (visually transparent) glass-to-glass bonds were obtained with only minor defects (mainly at the edges, defect area ≤ 3 %). Further, considerable bonding strength (≥ 0.6 J/m²) was verified [2].

This work is supported by BMBF/DRL under contract No. 50 YB 0814.

AUTHOR

Gerhard Kalkowski

CONTACT

Dr. Gerhard Kalkowski

Phone +49 3641 807-337

gerhard.kalkowski@iof.fraunhofer.de