

## „Simultanes Wafer-Bumping durch TopSpot-Technik im Step-and-Repeat-Verfahren“

AiF-Vorhaben-Nr: 172 ZN

Projektlaufzeit: 01.10.2005 – 31.12.2006

Ansprechpartner: Dr. Mani Alavi (Projektleiter HSG-IMIT); +49 (0) 7721 943 133

Mitarbeiter: HSG-IMIT: Dr. Bas de Heij, Hermann Scheithauer, Dietmar Schuhmacher  
IMTEK: Dr. Peter Koltay (Projektleiter), Remigius Niekrawietz

Der vollständige Bericht kann von Interessenten angefordert werden.

Ziel des Projektes war, ein neuartiges Verfahren einzusetzen, um elektrische Anschluss pads fertig prozessierter mikroelektronischer Chips mit definierten Lotdepots, sog. „Bumps“, zu versehen. Diese Bumps entstanden durch gezieltes Dispensieren flüssigen Lotes, wobei mehrere Tropfen gleichzeitig aufgebracht wurden, je einer pro Pad, und dieser Vorgang als Step-and-Repeat wiederholt wurde. Das Projekt umfasste:

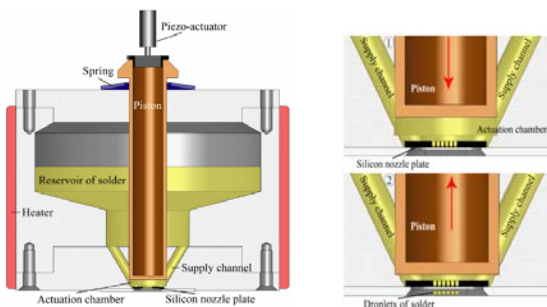
1. Aufbau einer Versuchsstation zur Anwendung des bereits vor diesem Projekt entwickelten TopSpot-Verfahrens zum Dosieren definierter Lottropfen für das simultane Wafer-Bumping. Die Station umfasst folgende Systemkomponenten:
  - a) Neuartiges Druckmodul, bestehend aus beheiztem, thermisch geregelter Lotvorratsbehälter, elektronisch angesteuertem Piezoaktor und mikro-systemtechnisch hergestellter Düsenplatte aus Silizium. Durch die Öffnungen dieser Platte werden mehrere Lottropfen gleichzeitig, d.h. simultan auf einen darunter angeordneten Wafer übertragen.
  - b) Modifiziertes Positioniersystem mit motorisch angetriebenem, elektronisch gesteuertem xy-Tisch, Waferhalterung, zusätzlichen Justiervorrichtungen und Bildverarbeitungssystem. Das Positionieren ermöglicht, das Druckmodul mit der Düsenplatte in exakten Schritten zu verschieben, wodurch die zahlreichen Pads eines zu bebumpenden Wafers in wiederholten Dosierschritten, also „Step-and-Repeat“, angefahren werden.
  - c) Stroboskopkamera, die zum eigentlichen Bumping-Prozess nicht erforderlich ist, aber zu Versuchszwecken und Parameteroptimierung hinzukam.
2. Simulationsberechnungen bzgl. der Tropfenbildung durch das numerische Programm „CFDRC-ACE(U)<sup>®</sup>“, sog. „Computational Fluid Dynamics“ auf der Basis Finiter Elemente, sowie Simulation der Temperaturverteilung im Druckmodul. Ausgehend von den rechnerischen Ergebnissen konnten die Düsenöffnungen so dimensioniert werden, dass sowohl ein deutlicher Einzeltropfenabriss realisiert als auch ein Zerstäuben während des Tropfenfluges oder ein Zerplatzen beim Auftreffen vermieden wird. Aufgrund der thermischen Simulation ergab sich eine optimierte Konstruktion, die den Piezoaktor vor Überhitzung schützt. Ferner wurde rechnerisch festgestellt, dass die Lottropfen ihre Zielposition in vollständig flüssigem Zustand erreichen und dort rasch zu Bumps erstarren.

3. Versuchsdurchführung bei Variation der Material- und der Prozessparameter. Variiert wurde das Material der Düsenplatte, das Bearbeitungsverfahren zur Herstellung der Düsen, das Lot und das zu belötende Metall. Geeignetes Plattenmaterial ist Silizium, da es neben guter mechanischer Maßhaltigkeit und thermischer Beständigkeit auch präzise durch Laserbohren oder Trockenätzen mit Düsen versehen werden kann. Beste Geometrien wurden mit dem Trockenätzen erzielt. Die Lote umfassten sowohl bleihaltige als auch bleifreie, die beide erfolgreich zu Bumps verarbeitet werden konnten. Letzteres, konkret SAC405, wird trotz der höheren Schmelztemperatur aus rechtlichen Gründen bevorzugt. Bei den Prozessparametern wurden neben der Temperatur die Verfahrensgeschwindigkeit und die Auslenkung des Piezoaktors sowie einige seiner Voreinstellungen variiert. Diese Parameter wurden anhand von Stroboskopaufnahmen des Tropfenfluges und durch REM-Aufnahmen der Bumps optimiert. Zuletzt wurde das hier entwickelte Bumping-Verfahren durch Bumpen von LEGIC-Chips verifiziert, die im Rahmen der bereits bekannten Prozesskette zu elektronisch funktionsfähigen RFID-Chikarten verarbeitet werden konnten.

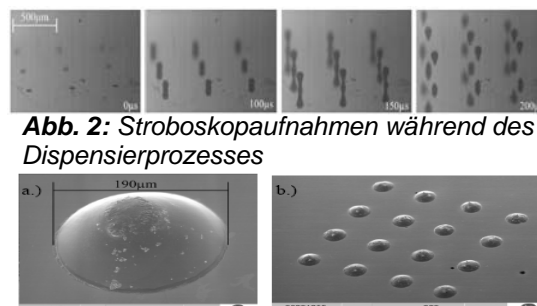
In diesem gemeinsamen AiF-Projekt war HSG-IMIT für den Aufbau und den Einsatz der Versuchsstation sowie die Verifikation der Prozesskette, IMTEK für Simulation verantwortlich.

Die Ergebnisse zeigen eindeutig eine Eignung des Verfahrens zur Fertigung hochwertiger Mikroverbindungen, die insbesondere für sicherheitsrelevante RFID-Produkte (Identifikations- und Zutrittssysteme, Objektkennzeichnung, Passwesen usw.) von entscheidender Bedeutung sind. Auch konnte das bleifreie Lot SAC405 erfolgreich zum Bumping verwendet werden.

Durch das Projekt konnte die technisch/wirtschaftliche Effizienz des simultanen Waferbumpings, bei dem mehrere erwärmte Lottropfen gleichzeitig auf die Anschluss pads eines mikroelektronischen Wafers treffen, nachgewiesen werden. Zahlreiche Industriefirmen – nicht zuletzt Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses – wurden auf das Potential des neuartigen Verfahrens aufmerksam.



**Abb. 1:** Schematische Darstellung des Arbeitsprinzips des Dispensiermoduls



**Abb. 2:** Stroboskopaufnahmen während des Dispensierprozesses

**Abb. 3:** REM-Aufnahmen eines Einzelbumps sowie eines 4x4-Arrays auf einem Goldsubstrat



**Abb. 4:** Dispensierprozess mit Ergebnis auf Dummy-Substrat

**Förderhinweis**

Das Forschungsvorhaben (FV-Nr. 172 ZN) wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) gefördert. Wir danken für diese Unterstützung, die das Vorhaben ermöglicht hat.