



Claudia Bruchmann



Hans-Ulrich Abbe



Ramona Eberhardt



Erik Beckert

Die Quanten-Informationsverarbeitung vereinigt die Theorie der Quantenmechanik mit der Praxis der Informationstechnologie, indem Quantensysteme wie z. B. Ionen so beeinflusst werden, dass diese Informationen speichern oder verarbeiten können. Eine Ionenfalle sammelt dazu Ionen in einem elektromagnetischen Feld ein und ermöglicht deren Manipulation mittels Laserimpulsen. Ein Netzwerk solcher Ionenfallen könnte die Basis einer Rechenmaschine der Zukunft bilden. Diese wäre in der Lage, eine Vielzahl von Rechenoperationen simultan durchzuführen und dadurch herkömmlichen Computern weit überlegen /1/. Nach Vorgaben der Arbeitsgruppe »Quantenoptik und Spektroskopie« des Instituts für Experimentalphysik der Universität Innsbruck wurden mehrere Prototypen von Ionenfallen in verschiedenen Layouts realisiert. Die Fallen bestehen aus Multi-Elektrodenstrukturen, die auf jeweils zwei Trägersubstraten appliziert wurden und mit Mikrometer-Präzision horizontal zueinander ausgerichtet sind. Ein Abstandshalter

garantiert den korrekten vertikalen Abstand der Elektroden, während ein zusätzliches Substrat die Kontaktierung der zahlreichen Elektroden ermöglicht und eine mechanisch stabile Basis für die Ionenfallen bildet.

Als Material für die einzelnen Substrate kam eine maschinell bearbeitbare Aluminiumnitrid-Keramik zum Einsatz, welche gleichzeitig die anfallende Verlustleistung, resultierend aus der hochfrequenten Ansteuerung der Ionenfallen, optimal abführen kann. Die Substrate wurden in den geforderten Dicken von 635 μm bzw. 254 μm mittels Schleifen und Polieren vorbereitet. In einem Dünnschichtprozess wurden anschließend die gewünschten Elektrodenstrukturen aufgebracht. Um Freiraum für die im Vakuum zu manipulierenden Ionen zu schaffen, erfolgte die mechanische Strukturierung hochgenauer, miniaturisierter Kavitäten zwischen den Elektroden auf einer Präzisionsfräsmaschine (Abb. 1).

Die einzelnen Substrate wurden mittels Pick&Place aufeinander gestapelt und fixiert (Klebertechnologie).

Der Pick&Place-Prozess erfolgte mikroskopunterstützt, so dass durch Überlagerung und Justierung der Bilder der Elektrodenstrukturen diese horizontal mit Mikrometergenauigkeit zueinander ausgerichtet werden konnten.

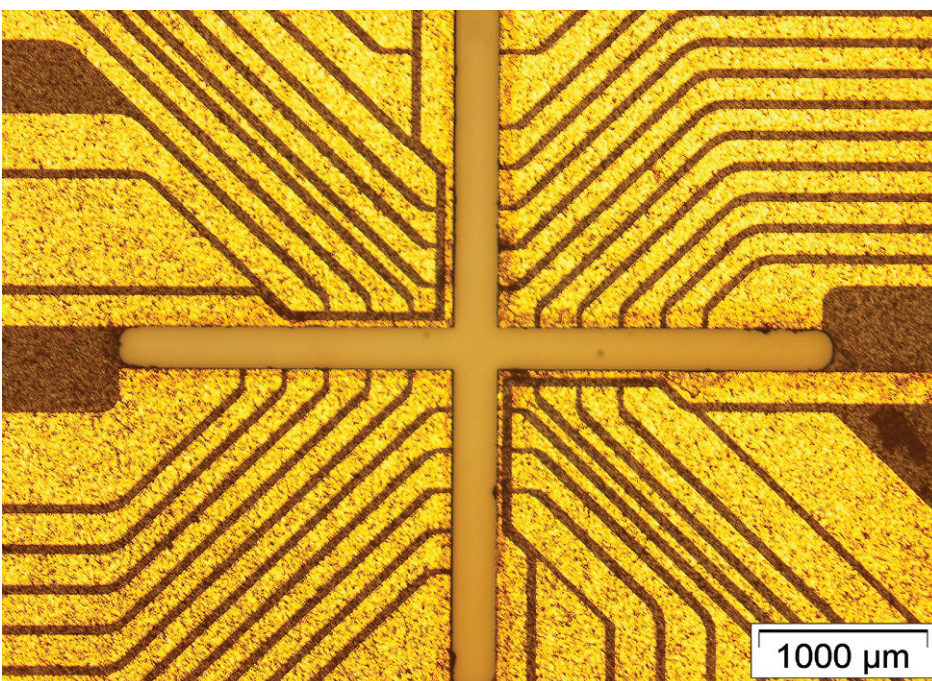
Erste Ergebnisse zeigen die Eignung der prototypisch realisierten Ionenfallen (Abb. 2) für experimentelle Grundlagenuntersuchungen und lassen die Übertragbarkeit der hochpräzisen Justiertechnologie auf alternative Materialsysteme wie beispielsweise Silizium erwarten.

Literatur:

/1/ Blatt, R.: Ionen in Reih und Glied.
In: Physik Journal 4 (2005), Nr. 11, pp. 37.

Abb. 1:
Mikrogefräste Kavität mit Elektrodenstruktur.

Fig. 1:
Micromilled cavity with electrode structures.



Quantum information processing combines the theory of quantum mechanics and the practice of information technology by manipulating quantum systems such as ions in a way that they represent data to be stored and processed. In an ion-trap ions are captured in an electromagnetic field and can thus be manipulated, e.g. by laser beams. A network of ion-traps could be the basis of a computer of the future, which could simultaneously process a multitude of operations, making it significantly faster than conventional processor architecture [1]. According to the demands of the "Quantum Optics and Spectroscopy" group, Faculty of Experimental Physics at University of Innsbruck, Austria, several ion-traps with different layouts were manufactured. The main features of these traps were multi-electrode structures on carrier substrates that had to be horizontally aligned with

respect to each other and with micron accuracy. A spacer realized an exact vertical distance between the electrodes, while a base substrate provided mechanical stability and pads to electrically connect the various electrodes. The individual substrates were manufactured from a machinable alumina-nitride ceramic that allowed for proper handling of the dissipated power created by the high-frequency control of the ion-traps. The substrates were grinded and polished down to the required thicknesses of 635 μm and 254 μm . The second step was electrode structuring by thinfilm processing. Following this, precise, miniaturized cavities (Fig. 1) were milled into the substrates and between the electrodes on a precision milling machine to create free space for the ions that have to be manipulated in vacuum. Finally the individual substrates were stacked onto each other by pick&place and joined by a vacuum compatible

adhesive. The microscopic view and overlay of the electrode images allowed for an alignment of the electrodes with micron accuracy. Initial experimental results proved the manufactured ion-traps (Fig. 2) to be suitable for manipulating ions in the expected manner. A future option is to use the high precise alignment strategy on substrates that are manufactured from an alternative material system, e.g. silicon.

References:

- [1] Blatt, R.: Ionen in Reih und Glied. In: Physik Journal 4 (2005), Nr. 11, pp. 37.

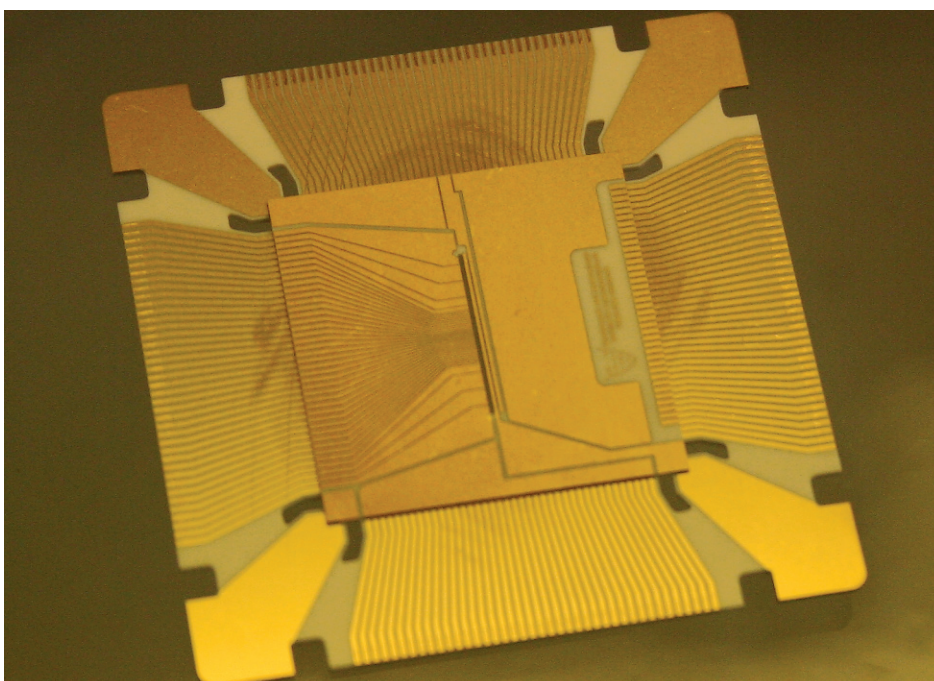


Abb. 2: Ionenfalle mit linearem Layout.

Fig. 2: Ion trap with linear layout.