Schriftenreihe des Instituts für Produktionsmesstechnik

Band 7

Christian Schrader

Charakterisierung, Einmessung und Anwendung von Mikrotasterarrays

Shaker Verlag
Aachen 2013

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2013

Copyright Shaker Verlag 2013
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-1890-5
ISSN 1862-4456

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Charakterisierung, Einmessung und Anwendung von Mikrotasterarrays

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Untersuchung der Anwendung von Mikrotasterarrays zur parallelisierten taktilen Messung von Mikrostrukturen. Es werden zunächst die häufigsten Probleme diskutiert, die sich aus den speziellen Eigenschaften der Mikrostrukturen (z.B. hohe Aspektverhältnisse, spiegelnde Oberflächen, transparente Schichten) und deren hochparalleler Fertigung ergeben. Hieraus wird abgeleitet, dass weder bestehende optische noch taktile Verfahren für eine fertigungsnahe, flexible Messung von Mikrostrukturen geeignet sind. Bei den taktilen Verfahren ist niedrige Messgeschwindigkeit aufgrund der seriellen Antastung das Hauptproblem, das durch die gleichzeitige Verwendung mehrerer Taster addressiert werden soll. Die Basis hierfür bilden Mikrotasterarrays, die zuvor am Institut für Mikrotechnik der TU Braunschweig entwickelt wurden. Diese werden im Stand der Technik vorgestellt und aus ihren Eigenschaften Anforderungen an geeignete Messeinrichtungen abgeleitet.

In dieser Arbeit werden Strategien zum Einsatz von Mikrotasterarrays entwickelt. Hierfür wird zunächst ein Algorithmus vorgestellt, mit dem die Arrays vollautomatisch an die zu messenden Strukturen ausgerichtet werden können. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf einer Formulierung des Verfahrens, die unabhängig von Eigenschaften aktuell existierender Arrays ist und es somit auch bei zukünftigen konstruktiven Änderungen einsetzbar macht. Erschwerend kommt hinzu, dass eine erfolgreiche Ausrichtung des Arrays schon für seine Einmessung notwendig ist, weshalb das Verfahren auch mit einem nicht eingemessenem Array funktionieren muss, von dem weder seine genauen geometrischen Eigenschaften noch seine Empfindlichkeiten bekannt sind.

Ein weiteres Thema stellt die Einmessung der Mikrotasterarrays dar. Es wird ein Verfahren vorgestellt, mit dem die Tastkugelpositionen und die Übertragungseigenschaften der Taster bestimmt werden können. Auch hierbei ist die weitgehend automatische Durchführung ein wichtiges Entwurfsziel. Das Verfahren ist bezüglich der benötigten Einmesszeit unabhängig von der Tasteranzahl und somit auch bei zukünftigen Arrays mit vielen Tastern praktikabel.

Es wird der für die experimentellen Untersuchungen verwendete Laboraufbau eines Mikro-Koordinatenmessgerätes erläutert. Dieser umfasst einen mechanischen Teil für die Messung mit realen Arrays, einen Simulator für die Erprobungsphase der Algorithmen und die zugehörige Steuerung. Für die Gestaltung von Messprogrammen werden Vorschläge für eine geeignete Programmierabstraktion gemacht, die die Besonderheiten der parallelisierten Antastung soweit kapseln, dass der Komplexitätszuwachs gegenüber Einzeltaster-Systemen vor dem Anwender weitgehend verborgen wird.

In einem weiteren Abschnitt werden Kriterien für die Anwendbarkeit von Mikrotasterarrays diskutiert. Diese umfassen Richtlinien für das messgerechte Design der zu messenden Strukturen und deren Anordnung auf dem Wafer. Weiterhin wird eine gegenüber bisherigen Verfahren verbesserte Vorrichtung zur Montage der Taststifte vorgestellt.

Characterisation, Calibration and Application of Micro Touch Probe Arrays

Summary

The topic of this work is the study of the application of micro touch probe arrays for the parallel measurement of micro structures. The most common problems that result from the specific properties of micro structures (large aspect ratio, reflecting surfaces, transparent layers) and their highly parallel production process are discussed. From this the conclusion is drawn that neither existing optical nor tactile measurement techniques meet the requirements of quality control embedded into the production process. The main drawback of tactile techniques is the low measurement speed caused by the serial probing. This is approached by the simultaneous usage of multiple probes. Micro touch probe arrays developed at the Institute for Microtechnology of the TU Braunschweig are the basis of this approach. Their properties lead to a set of requirements for coordinate measuring machines utilizing these arrays.

The development of strategies for the use of micro touch probe arrays is the main goal of this work. First an algorithm is presented that allows the alignment of the array to the underlying wafer that contains the objects to measure. The focus of the development is on keeping the procedure independent of the properties of the currently existing arrays. This way the procedure is applicable to future arrays with different probe layout or other changes in design. One challenge is the fact that the alignment has to be done prior to the calibration with an uncalibrated array. In this case neither the exact probe positions nor the sensitivities are known.

Another topic is the calibration of the micro touch probe arrays. A calibration procedure is shown that allows the determination of the probes' positions, orientations and sensitivities. The possibility to run the calibration fully automatically was an important design objective. The calibration time of the presented algorithm is independent of the number of probes and therefore it will be applicable to future arrays with a larger number of probes.

The experimental setup is shown that acts as the basis for the validation of the strategies. It consists of a mechanical Micro-CMM for the use of real arrays, a simulation environment that is used as a drop-in-replacement of the Micro-CMM for the purpose of testing and validation of algorithms and the control components. The parallel probing causes an increased complexity compared to single probe systems. This is supposed to be hidden to the user of an array. Therefore for the development of measurement programs an abstraction layer is suggested that facilitates this.

For the application of micro touch probe arrays some requirements have to be met. These demands for the design of the micro structures themselves and their arrangement on a waver are discussed. Furthermore an improved appliance for the mounting of the styli to the silicon substrate is presented.