

Berichte aus der Mikro- und Feinwerktechnik

herausgegeben von Prof. Dr. rer. nat. S. Büttgenbach

Band 21

Udo Triltsch

**Baukastenbasierte Entwicklungsmethodik für die
rechnerunterstützte Konstruktion von Mikrosystemen**

Shaker Verlag
Aachen 2008

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., 2007

Copyright Shaker Verlag 2008

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-6875-6

ISSN 1433-1438

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

Baukastenbasierte Entwicklungsmethodik für die rechnerunterstützte Konstruktion von Mikrosystemen

Dipl.-Ing. Udo Tritltsch

In der vorliegenden Arbeit wird eine Methodik vorgestellt, die den Entwickler von Mikrosystemen von der Entwicklung einzelner Komponenten bis zum Entwurf komplexer Mikrosysteme, die aus einer Vielzahl von Materialien bestehen können, unterstützt.

Dazu wird zunächst ausgehend von bekannten Vorgehensmodellen der Produktentwicklung ein Vorschlag für ein an die Besonderheiten des Mikrosystementwurfs angepasstes Vorgehensmodell entwickelt welches den verhaltensnahen und den fertigungsnahen Entwurf vereint. Dabei wird insbesondere darauf geachtet, dass es ungeachtet der Ausrichtung der Entwurfsstrategie einen gemeinsamen Einstiegspunkt in das Vorgehensmodell gibt. Der Systementwurf in dem von den Anforderungen eine Funktions-, bzw. Wirkstruktur abgeleitet wird, ist sowohl für den verhaltensnahen als auch für den fertigungsnahen Entwurf relevant. Ausgehend von der Wirkstruktur sieht das Vorgehensmodell dann prinzipiell zwei Wege vor, die zunächst zur Ableitung eines dreidimensionalen Modells, später zum gefertigten Mikrosystem führen.

Die Analyse des Stands der Forschung hat gezeigt, dass die bisher entwickelten Entwurfswerkzeuge hauptsächlich den verhaltensnahen Entwurf unterstützen. Die bekannten Ansätze zur fertigungsnahen Entwurfsunterstützung vernachlässigen weitestgehend den Entwurf des Maskenlayouts. Im Bereich der Baukästen wurden hauptsächlich Systembaukästen aufgebaut, die einzelne Mikrosysteme über definierte Schnittstellen miteinander verbinden.

Daher wurde ein System entwickelt, welches eine Lücke im Bereich des Komponentenentwurfs schließt. Mit Hilfe von Bausteinen auf Komponentenebene kann eine Möglichkeit aufgezeigt werden wie ein kombinierter Layout- und Prozessentwurf die technologieübergreifende Nutzung von bereits erfolgreich gefertigten Lösungselementen ermöglicht. Das System wurde in einen Softwareprototyp umgesetzt und mit einer zentralen Datenbank verbunden.

Einen Aspekt des Komponentenentwurfs spiegelt die detaillierte Simulation konkreter Prozessschritte wider. Gerade im Umgang mit Prozessen der UV-Tiefenlithographie hat sich im Verlauf der Arbeit gezeigt, dass Beugungserscheinungen die strukturgetreue Abbildung der Maskengeometrie verhindern. Es ist daher sinnvoll, die Belichtungsintensität auf der Resistoroberfläche vorherzusagen zu können, um das Maskenlayout ggf. anzupassen. Daher wurde ein Simulationsprogramm für Beugungseffekte entwickelt, welches aus den erstellten Maskenlayouts eine Topographie der Resistoroberfläche ableitet und den Einfluss dieser Topographie auf die Abbildungstreue simuliert.

Um die starre Zuordnung von Bausteinen zu Fertigungsprozessen, wie sie im Datenmodell des Baukastensystems verankert ist aufzuweichen, wurde nach einer Möglichkeit gesucht Fertigungstechnologien an Hand eines Kriteriensystems auswählbar zu machen. Es wird gezeigt, dass aus dem Maschinenbau bekannte Verfahren an die Belange der Mikrosystemtechnik angepasst werden können und so zur gezielten Auswahl geeigneter Technologien führen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Arbeit ist die Integration der einzelnen Module in eine geschlossene Entwicklungsumgebung. Hier wurde darauf geachtet, dass kommerzielle Werkzeuge mit den entwickelten Modulen über definierte Schnittstellen Daten austauschen und so ein geschlossenes System für den verhaltens- und fertigungsnahen Entwurf zur Verfügung steht. Der Entwickler wird über ein Projektplanungs und -management Werkzeug durch die einzelnen Entwurfsschritte geführt.

Abschließend zeigen Anwendungsbeispiele verschiedene Aspekte des Systems. Am Beispiel einer doppellagigen Mikroschule wird das Vorgehen beim Entwurf mittels Baukastensystem verdeutlicht. Diese Anwendung soll vor Allem detailliert die Arbeitsweise des Programms im Hinblick auf die Ableitung von Gesamtlayout und -prozesskette verdeutlichen. Des Weiteren wird hierbei ein Modul zum Grobentwurf von planaren Mikroschulen eingesetzt und die Anbindung an ein Finite Elemente Magnetics Programm vorgestellt.

Ein zweites Anwendungsbeispiel verdeutlicht den Einsatz von Modulen zum Komponentenentwurf, falls für gewünschte Funktionen keine Bausteine im System vorgehalten werden. Die Membran eines Kraftsensors wird herangezogen, um die Vorgehensweise des Moduls zur Optimierung von Masken zu illustrieren.

In der letzten Anwendung wird die Fähigkeit des Systems herausgestellt technologieübergreifende Bausteine zu einem neuen, komplexen Mikrosystem zusammenzuführen. Das Beispiel eines Mikrogreifers, der Komponenten aus der Siliziumtechnologie und der UV-Tiefenlithographie verbindet zeigt wie vorteilhaft die technologieübergreifende Entwicklung sein kann.

Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick für zukünftigen Forschungsbedarf ab.