

Neue Medien für die praktische MST-Ausbildung

Antoni Picard, Manfred Brill, Detlev Cassel, Andreas Jentsch, Markus Rollwa
FB Informatik und Mikrosystemtechnik, FH-Kaiserslautern

Peter Kämper, Sabine Merten
FB Maschinenbau und Mechatronik, FH-Aachen

Im Studiengang Mikrosystemtechnik des Fachhochschulstandortes Zweibrücken werden zwei neue moderne Anlagen für die Herstellung von mikrotechnischen Komponenten in Betrieb genommen: Ein Oxidationsofen für Herstellung dünner Oxidschichten auf Silizium-Einkristallen und eine Belichtungsapparatur für die Fotolithografie – das Besondere an diesen Anlagen: Sie existieren nur virtuell, d.h. als Animationen in einer Computerwelt. Die Anlagen sind ein erstes Ergebnis des vom BMBF-geförderten Projektes „Entwicklung und Evaluation interaktiver, multimedialer Lernsoftware für technische und physikalische Praktika in Ingenieur-Studiengängen“ (IngMedia). Mit Hilfe dieser virtuellen Geräte wird eine effiziente praktische Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren in der Mikrotechnik im Rahmen kompakter Präsenzpraktika ermöglicht.

Für die Herstellung eines mikrotechnischen Drucksensors aus Silizium, wie in Bild 1 gezeigt, benötigt man eine Reihe teurer, prozesstechnisch miteinander verbundener Geräte, einen Reinraum, Ausgangsmaterialien, wie z.B. Silizium- und Glas- Wafer, sowie diverse Chemikalien und nicht zuletzt gut geschultes Personal zur Bedienung der Maschinen. Die Investitionskosten für die Geräteausstattung und Reinraum liegen typischerweise bei deutlich über 10 Millionen Euro, die Betriebs- und Erhaltungskosten bei einigen hunderttausend Euro pro Jahr – klarerweise kann dies nur dann ein lohnenswertes Geschäft sein, wenn die erzielbaren Preise pro Drucksensor oder die Stückzahlen sehr hoch sind.

Offensichtlich ist der Bedarf groß, die erzielbaren Preise sind bei entsprechenden Stückzahlen profitabel und der Absatz mikrotechnischer Sensoren wächst stetig - z.B. bei Bosch in Reutlingen seit mehreren Jahren mit zweistelligen Zuwachsraten (Vortrag Dr. Sättler, Zweibrücken, 15. 6. 02). Die Marktprognosen sind weiterhin gut – der Mangel an gutausgebildeten Nachwuchingenieuren kann jedoch zum Problem werden: Die notwendige praktische Ingenieursausbildung in einer fertigungsähnlicher Umgebung, d.h. in einem Reinraum mit professionellem Equipment, ist schlichtweg sehr teuer und kaum im Etat einer normalen Fachhochschule realisierbar.

Die Fachhochschule Kaiserslautern mit dem Studiengang Mikrosystemtechnik am Standort Zweibrücken kann in diesem Zusammenhang eine bundesweit außergewöhnliche Aus- und Weiterbildungsmöglichkeit anbieten: Es steht eine nahezu komplette Fertigungslinie für mikrotechnische Sensoren speziell für die Lehre zur Verfügung! Als Demonstrationsprojekt wird u.a. ein piezoresistiver Silizium-Drucksensor gefertigt. Die Herstellung umfasst alle wesentlichen Fertigungsschritte, ähnlich wie sie auch in einer kommerziellen Produktion zu finden sind. Die Labor- Ausbildung zum bzw. zur Mikrosystemtechnik-Ingenieur oder – Ingenieurin in Zweibrücken entspricht daher im hohem Maße den Forderungen an ein praxisnahes Studium.

Der Studiengang Mikrosystemtechnik bietet sowohl anderen Hochschulen als auch interessierten Firmen eine Aus- und Weiterbildung in den mikrotechnischen Laboren der Fachhochschule in Form von kompakten „hands-on“- Kursen gegen Kostenbeteiligung an. Kompakte praktische Laborkurse an den komplexen und teureren Geräten der Mikrotechnik erfordern allerdings eine sehr sorgfältige Vorbereitung – insbesondere muss die Bedienung

der Maschinen schon vor der praktischen Tätigkeit im Reinraum weitgehend bekannt sein. Ansonsten kommt es zu der unerfreulichen Situation, dass die Praktikanten lediglich nur zusehen können, wie der Ausbilder verwirrend viele Knöpfe und Schalter bedient, ohne dass sie selbst handelnd eingreifen können. Lerneffekt und Erfolgserlebnis für diese Praktikanten bleiben auf der Strecke.

Die Vor- und Nachbereitung derart aufwendiger realer Versuche in der Lehre soll zukünftig durch den Einsatz multimedialer Techniken verbessert werden. Hierzu wird im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes „Entwicklung und Evaluation interaktiver, multimedialer Lernsoftware für technische und physikalische Praktika in Ingenieur-Studiengängen“ (IngMedia) ein virtuelles Technologielabor entwickelt.

Die zwei ersten Anlagen der virtuellen Fertigungslinie werden zur Zeit in Zweibrücken in Betrieb genommen: Ein Oxidationsofen für Herstellung dünner Oxidschichten auf Silizium-Einkristallen und eine Belichtungsapparatur für die Fotolithografie.

Das Bild 2a zeigt den realen Oxidationsofen im Reinraum der Fachhochschule. Man erkennt im Hintergrund zwei von den vier zur Verfügung stehenden Ofenrohren und im Vordergrund den Steuerrechner. Die Anlage wird in Realität fast ausschließlich über diesen Steuerrechner bedient. Hinzu kommen nur wenige einfache manuelle Tätigkeiten.

Im Bild 2b ist die Bedienoberfläche der virtuellen Maschine zu sehen. Man erkennt die Ähnlichkeit der Funktionselemente von realer und virtueller Maschine. Den Bildschirmtasten des virtuellen Oxidationsofens sind jeweils Aktionen hinterlegt, die den Funktionen des realen Ofens entsprechen, d.h. man kann je nach ausgewähltem Prozessparameter die Eigenschaften einer virtuellen Siliziumscheibe verändern – ganz ähnlich wie es in der Realität der Fall ist.

Eine etwas kompliziertere Abbildung von der realen in die virtuelle Welt stellt die Umsetzung des Belichters für die Lithografie dar. In Bild 2a ist der Belichter im Reinraum der Fachhochschule zu sehen. Kurzweiliges Licht würde bei der Lithografie stören, daher ist nur Gelblicht erlaubt. Ein Belichter wird nicht über einen Rechner gesteuert, sondern über ein spezielles Bedienfeld und zusätzliche Dreh- und Stellräder. Darüber hinaus sind einige wichtige manuelle Aktionen, wie z.B. das Einlegen einer Siliziumscheibe in die Maschine notwendig und wichtig. Die Einstellungen erfordern unter anderem auch die Positionierung und das Scharfstellen von Mikroskopen, damit die kleinen mikrotechnischen Strukturen sichtbar werden.

In Bild 2b ist die Umsetzung in eine virtuelle Bedienfläche gezeigt. Auch hier sind die Schalter mit den der Realität entsprechenden Aktionen hinterlegt. Die Anordnung der einzelnen Funktionselemente muss notwendiger Weise für die virtuelle Abbildung etwas dem Monitorformat angepasst werden, was aber die Bedienung nicht wesentlich verändert. Die mechanischen Bewegungen, die für den Belichter essentiell sind, werden z.B. über eingeblendete Video-Sequenzen oder Animationen nachvollzogen. Das Scharfstellen der Mikroskope wird über virtuelle Drehknöpfe simuliert. Ein Beispiel für die Abbildung eines Justagekreuzes bei verschiedenen Fokuslagen zeigt das Bild 2c.

Zur Zeit werden die virtuellen Prozesse auf den beiden Maschinen eingefahren, d.h. die Aktionen / Reaktionen der virtuellen Welt werden mit den Aktionen / Reaktionen in der realen Welt abgeglichen.

Nach Fertigstellung des virtuellen Technologiepraktikums werden die investitionsaufwendigen Anlagen der Fachhochschule somit einem erweiterten Nutzerkreis in Form von kompakten, hoch-effizienten Laborkursen zur Verfügung stehen. Dies wird das Aus- und

Weiterbildungsangebot im Bereich Mikrosystemtechnik nachhaltig verbessern und darüber hinaus auch dem Erhalt und dem Betrieb der High-Tech-Labore in Zweibrücken unmittelbar zugute kommen.

Das Projekt wird gefördert im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms der Bundesregierung „Neue Medien in der Bildung“; Kennzeichen 08 NM 097 C

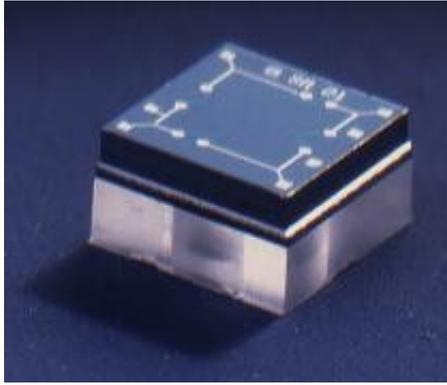


Bild 1

Fotografie eines mikromechanischen Silizium-Drucksensors, wie er im Rahmen der virtuellen und realen Laborversuche in Zweibrücken hergestellt wird.



Bild 2a

Fotografie des realen Oxidationsofens im Reinraum des Studienganges Mikrosystemtechnik in Zweibrücken. Im Vordergrund sieht man der Steuerrechner zur Bedienung der Anlage.

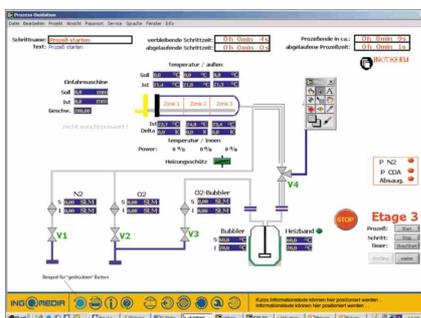


Bild 2b

Bildschirmbild des virtuellen Oxidationsofens. Man erkennt die sich entsprechenden Bedienelemente im Vergleich mit der realen Maschine aus Abbildung 2a



Bild 3a

Fotografie des realen Belichters in der Lithografie (Gelbraum im Reinraum) des Studienganges Mikrosystemtechnik in Zweibrücken. Man erkennt u.a. die verschiedenen Taster und Bedienelemente, die Vorrichtung für die Aufnahme der Silizium-Scheiben und darüber die Mikroskope.



Bild 3b

Bildschirmbild des virtuellen Belichters. Man erkennt die sich entsprechenden Bedienelemente im Vergleich mit der realen Maschine aus Abbildung 3a sowie das eingblendete Video-Bild auf der linken Seite.

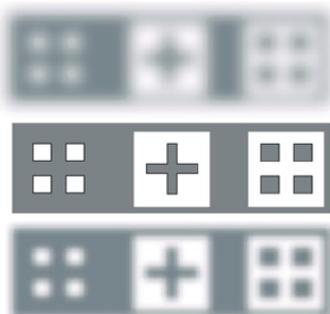


Bild 3c

Für den Belichter müssen u.a. Funktionen wie das Scharfstellen eines Mikroskops nachgebildet werden. Man erkennt die Bildschirmdarstellung für drei unterschiedliche Fälle: Fokuslage zu tief, Fokuslage richtig, Fokuslage zu hoch.