

# LotTrack: Echtzeitlokalisierung in der Halbleiterfertigung

Dr. Frédéric Thiesse, Universität St. Gallen und  
Dr. Markus Dierkes, Intellion AG, St. Gallen



Dr. Frédéric Thiesse ist Projektleiter des Mobile and Ubiquitous Computing Lab (M-Lab), einem Gemeinschaftsprojekt der Universität St. Gallen und ETH Zürich.



Dr. Markus Dierkes ist Mitglied der Geschäftsführung der Intellion AG.

Neben ihrem wirtschaftlichen Potenzial zur Effizienzoptimierung von Objektidentifikationsaufgaben kann RFID-Technologie auch die Visibilität physischer Güterflüsse erhöhen und so die Steuerung von Logistik- und Produktionsprozessen verbessern. Das Fallbeispiel von Infineon Technologies in diesem Beitrag illustriert die Nutzeneffekte von RFID in der innerbetrieblichen Logistik einer Chipfabrik. Wir beschreiben das Konzept von LotTrack, einem Echtzeit-Identifikations- und Lokalisierungssystem, wel-

## In diesem Beitrag lesen Sie:

- welche Nutzeneffekte von RFID in der innerbetrieblichen Logistik realisiert werden können,
- wie mit Hilfe des Systems ‚LotTrack‘ Produktionslose im Reinraum verfolgt werden können und welche Vorteile daraus entstehen,
- welche Erfahrungen bei der Umsetzung in der Halbleiterfertigung von Infineon Technologies gemacht werden konnten.

ches aktive RFID-Transponder und Ultraschallsensoren verwendet, um Produktionslose im Reinraum zu verfolgen. LotTrack vereint die Effizienz herkömmlicher Automatisierungstechnik mit der Flexibilität manueller Fertigung und führt zu völliger Transparenz in Produktionsszenarien, die bislang kaum steuerbar waren. Im praktischen Einsatz führte das System zu höherer Maschinenauslastung und stark verkürzten Durchlaufzeiten und Fehlerquoten.

Infineon Technologies ist einer der weltweit größten Halbleiterhersteller mit 36.000 Angestellten und einem Umsatz von 7,19 Milliarden EUR im Jahr 2004. Wie auch andere Unternehmen der Branche strebt Infineon nach einem höheren Automatisierungsgrad in der Produktionslogistik um Lagerbestände zu senken und die Effizienz von Transportprozessen zu erhöhen. In der Praxis wird hierzu eine Reihe von hochautomatisierten Transportsystemen eingesetzt, deren Konzept vor allem auf

die Bedürfnisse großer Chip-Fabriken (Fabs“) mit relativ statischen Prozessen, begrenzter Produktpalette und hochvolumiger Produktion ausgelegt ist. Im Gegensatz dazu sind jedoch Fabs mit stärkerer Kundenorientierung wegen der hohen Variantenvielfalt und der regelmäßigen Umbauten des Produktionssystems auf flexible, auf den einzelnen Mitarbeiter ausgerichtete Automatisierungstechnologien angewiesen.

Ein Beispiel für eine derartige Fab ist das Werk in Villach, Österreich. Villach ist die Zentrale von Infineons Automotive & Industrial Business Group. Die Einheit entwickelt und produziert vor allem Komponenten für den Einsatz in Autos, z.B. zur Motorsteuerung, Comfort & Safety Management und Infotainment. Das Werk arbeitet rund um die Uhr mit 2.000 Mitarbeitern und produziert ca. 800 verschiedene Produkte mit einem Gesamtvolumen von 10 Milliarden Chips pro Jahr. Aufgrund der enormen Vielzahl an Prozessen werden Produktionslose nicht mittels Fließbändern, sondern manuell von ei-



Bild 1: Bestandteile des DisTags.

ner der 600 Maschinen zur anderen transportiert und durchlaufen ca. 400 Produktionsschritte. Zu diesem Zweck werden die Siliziumwafer in sog. Wafercassetten" aufbewahrt, welche in speziellen Plastikboxen transportiert werden und jeweils bis zu 25 Wafer beinhalten.

Während in der Vergangenheit der einzelne Produktionsschritt in einer Maschine von der zentralen Fertigungssteuerung (MES) kontrolliert wurde, war der zwischen zwei Schritten liegende Transportprozess vollständig intransparent. Wie erste Analysen zeigten, hatte eine verbesserte Transparenz der innerbetrieblichen Logistik das Potenzial, Durchlaufzeiten zu senken und die Maschinenauslastung zu verbessern. Darüber hinaus konnte in der Vergangenheit die Einhaltung der Prioritäten des Produktionsprogramms an der einzelnen Anlage nicht immer eingehalten werden, da die entsprechenden Lose nicht entsprechender Zeit auffindbar waren. Stattdessen musste mit dem nächsten Los die Auslastung der Anlage gewährleistet werden, was insgesamt die Problematik der Einhaltung des Produktionsprogramms bzw. der Lieferttermine verschärfte. Vor diesem Hintergrund entschied Infineon, die Fab mit einem Echtzeit-Lokalisierungssystem auszustatten, um den gesamten Produktionsprozess eines Loses sichtbar und damit kontrollierbar zu machen. Hauptziele des Projekts waren niedrigere Durchlaufzeiten bei gleichzeitiger Erhöhung des Durchsatzes sowie die Vermeidung von Prozessierungsfehlern beim Transport- und Handling der Lose. Daneben wurde das Projekt auch als ein Schritt in Richtung der papierlosen Fab betrachtet und damit zu einer weiteren Partikelreduktion im Reinraum.

### Technologieauswahl

Die Idee, Funk, Infrarot, Ultraschall oder Kombinationen dieser Technologien zur Objektlokalisierung in Innenräumen einzusetzen, wird bereits seit längerem diskutiert [1,2,3]. Jede dieser Technologien hat ihre eigenen Stärken

und Schwächen bezüglich Präzision, Flexibilität, Kosten usw. Im Fall der Losboxenverfolgung im Reinraum eines Halbleiterwerks mussten die folgenden Anforderungen berücksichtigt werden:

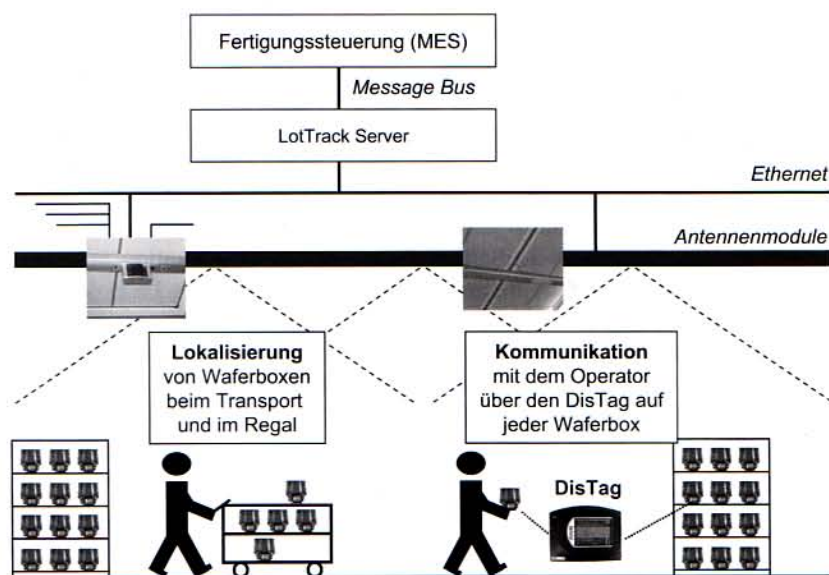
- Die Anzahl der zu lokalisierenden Objekte in der Fab ist größer als 1.000; insbesondere können größere Mengen von Losboxen an einzelnen Stellen konzentriert auftreten.
- Um den Prozess in Echtzeit steuern zu können, sollte die zeitliche Verzögerung zwischen Bewegungen in der realen Welt und Positionsänderungen im System unter einer Minute liegen.
- Die Lokalisierungsgenauigkeit des Systems sollte auf mindestens einen Meter genau sein, um die Suche nach einzelnen Losen so effizient wie möglich zu gestalten.
- Bilateralion entlang einer Linie als Verfahren zur Positionsberechnung wurde als ausreichend angesehen, da das Layout einer Fab keine weiten Räume, sondern ausschließlich untereinander verbundene Korridore umfasst.
- Wände, Böden, Decken sowie die zahlreichen Regale zur Losboxlagerung in der Fab bestehen aus Metall, welches Funkkommunikation

erschweren oder zu unerwünschten elektromagnetischen Reflektionen führen kann.

- Die genaue Orientierung einer Losbox auf dem Regal kann nicht garantiert werden, d.h. eine direkte Sichtverbindung zwischen Box und einem Lesegerät an der Wand oder Decke ist nicht immer gegeben.

Eine Lösung auf Basis passiver RFID-Transponder wurde aufgrund des metallischen Umfelds und der zu geringen Lesereichweite zu Beginn verworfen. Die Idee einer Infrarot-basierten Lösung musste wegen der unverzichtbaren Sichtverbindung zum Lesegerät ebenfalls aufgegeben werden. Die Performance eines Ultraschall-Systems wiederum wäre für die Ortung einer großen Zahl von Objekten nicht ausreichend gewesen. Aus diesen Gründen wurde letztlich aktive RFID-Technologie als Grundlage für das Projekt ausgewählt. Wie sich bei ersten Tests zeigte, funktionierte die Identifikation einwandfrei, wohingegen eine Ortung mittels Messung der RFID-Feldstärken wegen unlösbarer Reflektionsprobleme weitgehend scheiterte. Aus diesem Grund entschied das Projektteam, für LotTrack eine Kombination aus aktiver RFID-Technologie und Ultraschallsensoren zu entwickeln.

Bild 2: Aufbau der Lokalisierungsinfrastruktur



## Systemkonzept

Infineons Partner in dem Projekt waren der Schweizer Lösungsanbieter Intellion und der österreichisch-kanadische Hardwareanbieter Identec Solutions. Intellion war als Generalunternehmer für Projektmanagement, Systementwurf, Entwicklung und Installation des Systems verantwortlich; Identec Solutions lieferte seine Aktiv-RFID-Technologie Intelligent Long Range™ (ILR) als Grundlage für die LotTrack-spezifischen Lokalisierungs-Transponder. ILR-Transponder arbeiten im UHF-Frequenzband und erreichen eine maximale Lesereichweite von 100 Metern. Zusätzliche Features des für LotTrack entwickelten DisTag™ sind ein Ultraschallsensor, eine zweifarbige LED, ein mechanischer Flipdot (Schwarz-Gelb-Anzeige), ein stromsparendes No-Power-Display und vier Tasten für Benutzerinteraktion (Bild 1). Der DisTag ist somit nicht nur eine Komponente zur Lokalisierung, sondern auch die Schnittstelle zum Mitarbeiter im Reinraum. Das Display ersetzt die traditionellen Papierchecklisten und liefert Informationen zur Losidentifikationsnummer und den folgenden Produktionsschritten. Der trotz der zahlreichen Zusatzfeatures niedrige Energieverbrauch des DisTag erlaubt eine Lebensdauer von mehr als zwei Jahren.

Die zweite Systemkomponente ist das Lesegerät. Identecs Standard-RFID-Controller, an den bis zu vier RF-Antennen angeschlossen werden können, wurde um zusätzliche Anschlüsse für Ultraschallsender erweitert. Um die Installationsarbeiten im Reinraum auf ein Minimum zu reduzieren, wurden je eine RF-Antenne und drei Ultraschallsender in einem standardisierten Antennenmodul mit vorkonfigurierter Verkabelung zusammengefasst, welches vergleichsweise einfach an der Decke installiert werden kann. Der Abstand zwischen den Sendern wurde dabei so gewählt, dass ein DisTag stets eine für die Bilateralität ausreichende Zahl von Ultraschallsignalen von unterschiedlichen Sendern erhält.

Das gesamte System wird von einem zentralen Server kontrolliert, der Netzwerkverbindungen zu jedem Lesegerät aufrecht erhält (Bild 2). Der Server empfängt die gesammelten Daten von den Lesegeräten, welche als Grundlage für die Positionsberechnung dienen. Er ist darüber hinaus auch für Plausibilitätsprüfungen und weitere Filtermechanismen verantwortlich, die eine möglichst hohe Datenqualität garantieren sollen. Die Ergebnisse werden an eine Messaging-Middleware übergeben, die diese wiederum an diverse Client-Systeme weiterleitet. Die Middleware dient darüber hinaus auch zur Übermittlung von Kommandos dieser Clients an LotTrack, z.B. im Fall von Schreib-/Leseoperationen auf einzelnen DisTags. Neben der Fertigungssteuerung werden Positionsdaten auch von einem Visualisierungstool (FabViewer™) verarbeitet, welches einen grafischen Überblick über die Prozesse im Werk liefert. Darüber hinaus zeichnet LotTrack eine Vielzahl von Performanceindikatoren auf, die zur Administration des Systems genutzt werden können.

## Benutzerfunktionalität

Waferfertigungsprozesse werden üblicherweise über sog. Dispatch-Listen™ gesteuert, die die Reihenfolge der Losbearbeitung an einer Maschine bzw. Maschinengruppe festlegen. Mitarbeiter im Reinraum können dabei direkt am Bildschirm dasjenige Los auswählen, welches sie als nächstes bearbeiten wollen. Die Tatsache, dass ein Los zur Bearbeitung reserviert wurde, wird durch einen aktivierten Flipdot auf dem DisTag angezeigt. LotTrack liefert Informationen zu dessen Position. Für die schnelle Identifikation in der Nähe des DisTags bzw. des Loses kann jeder Mitarbeiter die DisTag-LED blinken lassen, so dass die Box leicht identifiziert und einem Regal entnommen werden kann. Des Weiteren registriert das System, ob sich eine Box in Ruhe oder in Bewegung befindet, so dass der Mitarbeiter entscheiden kann, ob er auf das Los warten will oder sich aktiv auf die Suche begibt.

Der Mitarbeiter nimmt die Box und bringt sie zu einer Maschine. Die Information auf dem Display zeigt ihm, welche Maschine an welchem Ort das Ziel des Transportes ist und was der nächste Arbeitsschritt ist. Er öffnet die Box, stellt die Wafercassette in die Maschine und startet den Bearbeitungsschritt. Um sicherzustellen, dass das richtige Los bearbeitet wird, entschloss sich Infineon, die Wafercassetten zusätzlich mit passiven RFID-Labels auszustatten, die in der Maschine ausgelesen werden. Auf diese Weise können Doppelbearbeitungen oder übersprungene Schritte im Vorhinein erkannt und vermieden werden. Ist die Bearbeitung beendet, nimmt der Mitarbeiter die Cassette aus der Maschine und stellt sie zurück in die Box. Das MES ermittelt den nächsten Arbeitsschritt und den nächsten Ort des Loses und aktualisiert über das LotTrack – System per Funk das DisTag-Display. Anschließend stellt der Mitarbeiter die Box in ein Regal, von wo aus sie zur nächsten Maschine transportiert wird.

## Bisherige Erfahrungen

Die Installation in Villach umfasst ca. 100 Lesegeräte und über 1.000 DisTags. Das System verarbeitet ca. 3 Milliarden Ultraschallmessungen der DisTags am Tag, aus denen 270 Millionen Positionen mit einer Lokalisierungsgenauigkeit von +/- 30 cm errechnet werden. Da LotTrack Positionsänderungen erst bei Überschreitung eines frei einstellbaren Schwellwerts publiziert, werden letztlich 500.000 Positionsaktualisierungen an die Client-Systeme weitergeleitet. Die zeitliche Verzögerung zwischen physischem Prozess und Veränderung im System inkl. der Entscheidung, ob der DisTag in Bewegung ist oder nicht, beträgt ca. 30 Sekunden.

LotTrack ist mittlerweile seit fast zwei Jahren in Betrieb und hat sich als äußerst robust und effizient bei der Lokalisierung und Kommunikation mit einer großen Anzahl von Objekten erwiesen. Die Nutzeneffekte für die Fertigung sind eine geringere Anzahl an Prozessfehlern sowie insbesondere

kürzere Durchlaufzeiten oder eine bessere Auslastung der Fertigung. Nicht zuletzt ist LotTrack auch ein wichtiges Element der papierlosen Fab, in der der DisTag alle notwendigen Informationen zu einem Los anzeigt und so die Kommunikation mit den Mitarbeitern vereinfacht und flexibilisiert.

#### Literatur

- [1] Borriello, G., Chalmers, M., LaMarca, A., Nixon, P.: Delivering Real-World Ubiquitous Location Systems. Communications of the ACM, Vol. 48, No. 3 (March 2005), 36-41
- [2] Hazas, M., Scott, J., Krumm, J.: Location-Aware Computing Comes of Age. IEEE Computer, Vol. 37, No. 2 (February 2004), 95-97
- [3] Hightower, J., Borriello, G.: Location Systems for Ubiquitous Computing. IEEE Computer, Vol. 34, No. 8 (August 2001), 57-66

#### Schlüsselwörter:

RFID, Lokalisierung, Halbleiterfertigung

#### Real-time localisation in semiconductor manufacturing

Besides its economic potential to optimize the efficiency of object identification tasks, RFID can also increase the visibility of physical product flows and thus improve the planning of logistics and production processes. The case example of Infineon Technologies in this paper illustrates the benefits of RFID for inbound logistics in wafer fabs. We describe the concept of LotTrack, a real-time identification and localization system that uses active RFID transponders and ultrasound sensors in order to track production lots in the fab's cleanroom. LotTrack combines the efficiency of process automation with the flexibility of manual production and leads to complete transparency in manufacturing scenarios that had previously been hardly controllable. In practical use, the system has led to better machine utilization as well as drastically reduced lead times and fault rates.

#### Keywords:

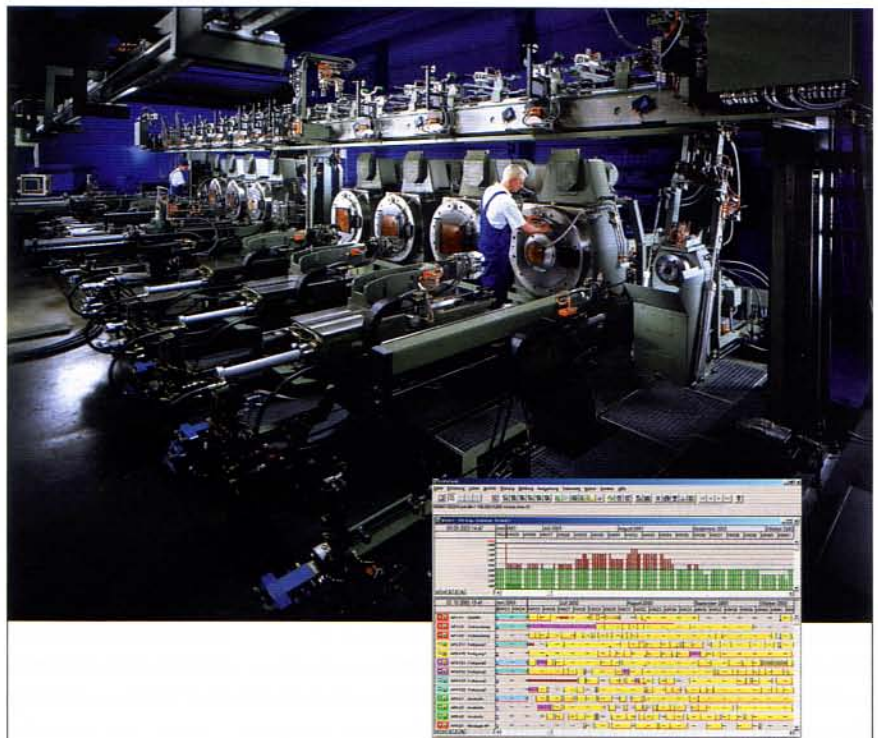
RFID, Localization, Semiconductor manufacturing

#### Kontakt:

Institut für Technologiemanagement (ITEM-HSG), Universität St. Gallen  
 Dufourstr. 40a, CH-9000 St. Gallen  
 Tel.: +41 71 224 7243  
 Fax: +41 71 224 7301  
 E-Mail: frederic.thiesse@unisg.ch

#### Kontakt:

Intellion AG  
 Schuppstrasse 8  
 CH-9016 St. Gallen  
 Tel.: +41 71 280 8181  
 Fax: +41 71 280 8182  
 E-Mail: markus.dierkes@intellion.com



## 20.000 Aufträge, ein Blick, 100 % im Plan

Manufacturing Execution Systems zur besseren  
Planung und Steuerung der Fertigung



PSI Aktiengesellschaft Dircksenstraße 42-44 10178 Berlin (Mitte) Deutschland  
 Telefon: +49/30/28 01-20 00 Telefax: +49/30/28 01-10 42 info@psi.de  
[www.psi.de](http://www.psi.de) Software für Versorger und Industrie