



Doctoral Thesis

## Opto-electronic interface in multi chip modules (MCM)

**Author(s):**

Wirz, Marco

**Publication Date:**

2006

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005287279> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

# Opto-electronic Interface in Multi Chip Modules (MCM)

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
ZURICH

for the degree of  
Doctor of Technical Sciences

presented by

MARCO WIRZ

Dipl. El.-Ing. ETH

born 7 April 1977

citizen of Dürrenäsch AG, Switzerland

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Gerhard Tröster, examiner

Prof. Dr. Jürgen Jahns, co-examiner

Prof. Dr. Paul Lukowicz, co-examiner

# Abstract

In this thesis a new approach for the integration of optical communications and electronic data processing into one combined package is presented. Communications bandwidth on electrical buses cannot keep pace with the growing processing speed and computing power. The proposed approach allows for optical links to enter into the core of computers, establishing optical channels as a viable alternative to electronic buses. The introduction of an optical layer to the electronic packaging technology can be achieved with few modifications to the established processes.

The methods and technologies described in this thesis were developed and implemented in the course of the European research project HOLMS<sup>1</sup>, which aimed to construct a demonstrator system. The focus of this work is the electrical part in the form of a multi-chip module (MCM), and the integration of the electro-optical interface into the packaging technology.

The work is split into three parts, beginning with general technology considerations. Optical properties of the materials are evaluated, and geometric calculations show the general issues (e.g. optical path). It is shown that MCM technology can be enhanced to include optics without fundamental changes to the design process; the physical constraints for this extension are presented.

In a second step, the module internal issues (e.g. placement) are discussed, such as constraints on the individual elements, the optical-electrical converters. The interconnects between the individual components and the module are evaluated, both in the optical and the electrical domain. As a result, the combination of the electronic MCM and the optical layer to an opto-electronic MCM is presented.

Finally, the opto-electronic module is seen as an entity that has to be connected to the rest of the system, both optically and electrically, and different approaches for this integration are shown. Two methods based on different assumptions are compared. First, an electrical connection is chosen, and then a suitable optical interface is designed. In the second case, the optical interface is optimized, and then an electrical connection is fitted into the system.

The proposed system can be used to implement small multi-processor computers with some 20 nodes, but a limited scalability restricts the usage in large systems with hundreds or even thousands of nodes. References to other research show possibilities for further enhancement of this technology.

---

<sup>1</sup>High-speed Opto-electronic Memory Systems, Information Technology Society, project No. IST-2002-35235.

# Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit präsentiert einen neuen Ansatz für die Integration von optischer Kommunikationstechnologie und elektronischer Datenverarbeitung in einem kombinierten Modul. Die Übertragungskapazität elektrischer Busse kann mit der wachsenden Verarbeitungsgeschwindigkeit und Rechenleistung moderner Prozessoren nicht Schritt halten. Der vorgeschlagene Ansatz ermöglicht, die optischen Kanäle bis zu den Prozessoren der elektronischen Datenverarbeitung zu führen, so dass sie die elektrischen Busse ersetzen und eine praktische Alternative bieten können. Die Integration einer optischen Lage in die industrielle Aufbautechnologie kann mit wenigen Änderungen an den seit Jahren benutzten Prozessen erreicht werden.

Die Methoden und Technologien in dieser Arbeit wurden im Rahmen des Europäischen Forschungsprojektes HOLMS<sup>2</sup> entwickelt und implementiert. In dem Projekt sollte die Machbarkeit nachgewiesen und ein Demonstrationssystem gebaut werden. Die vorliegende Arbeit fokussiert auf den elektronischen Teil des Systems in Form eines Multi-Chip Moduls (MCM), und der Einbindung der optisch-elektrischen Schnittstelle in die integrierten Schaltungen.

Die Arbeit ist in drei Abschnitte gegliedert und beginnt mit generellen Überlegungen zu den verschiedenen Technologien. Optische Eigenschaften unterschiedlicher Materialien werden evaluiert; geometrische Überlegungen zeigen die grundsätzlichen Schwierigkeiten (z.B. Strahlengang). Die Erweiterung der MCM-Technologie um optische Elemente ist ohne fundamentale Änderungen am MCM-Herstellungsprozess machbar, solange gewisse Einschränkungen eingehalten werden.

In einem zweiten Schritt werden die modulinternen Aspekte diskutiert. Auch für die Bauelemente wie die optisch-elektrischen Wandler gelten Einschränkungen (z.B. Platzierung). Die Verbindungen zwischen diesen Elementen und dem Modul werden untersucht, sowohl im optischen wie auch im elektrischen Bereich. Als Resultat wird die Kombination eines MCM und einer optischen Lage zu einem opto-elektronischen MCM präsentiert.

Zum Schluss wird das ganze Modul als eine Einheit betrachtet, welche mit dem Rest des Systems verbunden werden muss, wiederum optisch und elektrisch. In einem Vergleich werden zwei Ansätze betrachtet, welche auf unterschiedlichen Annahmen basieren: zuerst wird eine elektrische Verbindung gewählt und eine passende optische Schnittstelle dazu entwickelt; der andere Ansatz geht den umgekehrten Weg: zuerst wird die optische Schnittstelle optimiert, bevor die elektrischen Verbindungen in das System eingepasst werden.

---

<sup>2</sup>High-speed Opto-electronic Memory Systems, Information Technology Society, project No. IST-2002-35235.

Mit dem vorgeschlagenen Ansatz können kleinere Mehrprozessor-Systeme mit etwa 20 Knoten implementiert werden, doch eine limitierte Skalierbarkeit verhindert die Verwendung in grossen Systemen mit hunderten oder gar tausenden von Knoten. Mit Hinweisen auf verschiedene andere Forschungsarbeiten werden Möglichkeiten für weitere Verbesserungen der Technologie aufgezeigt.