

Schlussbericht

Zuwendungsempfänger:

IHP GmbH Frankfurt (Oder)

Förderkennzeichen:

01 BU 0604

Vorhabensbezeichnung:

HMoS: HF-Modulator für Klasse-S-Verstärker
Teilprojekt 2: Monolithische modulare Integration

Laufzeit des Vorhabens:

01.08 2006 bis 31.07.2009

Berichtszeitraum:

01.08 2006 bis 31.12.2009

22. Feb. 2010



Dr.-Ing. J. Christoph Scheytt

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhaltsverzeichnis

1	Projektkurzdarstellung.....	3
1.1	Aufgabenstellung.....	3
1.2	Voraussetzungen	3
1.3	Planung und Ablauf des Auftrags.....	4
1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand.....	6
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	6
2	Erzielte Ergebnisse	7
2.1	Verwendung der Zuwendung.....	7
2.2	Zielsetzungen zum Teilprojekt 2 „HMoS“	7
2.3	Ergebnisse des Teilprojekts 2 „HMoS“	8
2.3.1	2 GS/s 450 MHz BDSM	9
2.3.2	2.2GS/s 900 MHz BDSM	15
2.3.3	9GS/s 2.1..2.2 GHz BDSM	18
2.3.4	5GS/s 2.1..2.2 GHz BDSM	21
2.3.5	Treiber.....	22
2.4	Erfordernis und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	24
2.5	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit des Ergebnisses	24
2.6	Bekannt gewordener Fortschritt im Projektzeitraum	25
2.7	Erfolgte und Geplante Veröffentlichungen	25
3	Literaturverweise	26

1 Projektkurzdarstellung

1.1 Aufgabenstellung

Das Projekt HMOS - "HF-Modulator für Klasse-S-Verstärker" im Förderschwerpunkt mobile-GaN dient dem praktischen Nachweis der Machbarkeit eines Schaltverstärkers, zu dem die Kernbestandteile Modulator und Rekonstruktionsfilter gehören. HMOS wird in zwei Teilprojekten von der TU Ilmenau und dem IHP Microelectronics Frankfurt/Oder durchgeführt.

Das IHP hatte im vorliegenden Teilvorhaben die Aufgabe, für einen Schaltverstärker ein Konzept für optimale HF-Modulatorarchitektur zu erarbeiten, simulativ zu untersuchen, zu optimieren und dann diese als integrierte Schaltung zu entwickeln. Die entworfenen Modulatoren für 450 MHz und – nach Frequenzskalierung – bis 2 GHz sollten in Klasse-S-Demonstratoren integriert werden.

1.2 Voraussetzungen

Das IHP bringt umfangreiche schaltungstechnische und technologische Erfahrungen ein, die HF-Schaltungen wie PLLs und komplette Transceiver (2.4...60 GHz) sowie A/D-Umsetzer (0.1...10 GS/s) betreffen [1]-[4]. Diese Erfahrungen begünstigen die Entwicklung des Modulators durch zahlreiche Synergieeffekte. So benötigt der Modulator einen sehr schnellen Komparator, der auch für ultra-schnelle A/D-Umsetzer erforderlich ist. Auch gibt es am IHP Vorarbeiten bei Komponenten wie Summierer, DA-Wandler und Takttreiber.

Als Zieltechnologien standen die Halbleitertechnologien des IHP zur Verfügung (BiCMOS und CMOS-Technologien mit 0.13 μm bis 0.25 μm Strukturgrößen) [5]. Des Weiteren hat das IHP umfangreiche Messmöglichkeiten eingesetzt, zu denen Waferprober, S-Parameter-Messplätze und insbesondere auch ein 40 GS/s Digitaler Speicheroszilloscope der Fa. Tektronix zählt.

Das Projekt wurde von einem Doktoranden (Pylp Ostrovskyy) und dem Projektleiter (Dr. Christoph Scheytt) bearbeitet. Zur Diskussion der technischen Spezifikationen und Ergebnisse standen die Projektpartner der Technische Universität Ilmenau, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Alcatel-Lucent, EADS und FBH zur Verfügung. Die aktiv beteiligten Mitarbeiter waren hier Christian Hartmann, Andrzej Samulak, Georg Fischer und Ulf Schmid.

1.3 Planung und Ablauf des Auftrags

Das Vorhaben war in 3 Arbeitspakete unterteilt:

AP-1: SiGe-Bandpass Delta-Sigma Modulator (BDSM) Architektur .
Messtechnisch einheitliche Bewertung kritischer Teilkomponenten anhand von Testchips

AP-2: 450 MHz-Modulator BDSM. Anforderungen Schnittstelle Treiberstufe.

AP-3: Skalierung des Modulatorprinzips bis 2 GHz. Herstellung und Charakterisierung

Die geplanten Meilensteine sind in der nachfolgenden Tabelle beschrieben:

Tabelle 1: Meilensteine des Vorhabens

AP	Meilenstein	Quartal / Jahr	Vorgesehenes Projektergebnis im TP 2
1.1	M1	Q1/07	Grundlage für Entscheidung continuous-time / discrete-time für BDSM fertig
1.1	M2	Q2/07	Testchips für kritische Komponenten fertig zur Herstellung
1.1	M3	Q3/07	Messtechnische Charakterisierung der Testchips
1.2	M4	Q2/07	450 MHz-BDSM Entwurf auf Schaltungsebene vollständig
1.2	M5	Q4/07	Funktionsmuster 450 MHz BDSM fertig zur Herstellung als Testchip
1.2	M6	Q1/08	Ausblick über Folgen einer Eingangsschnittstelle in Baseband-Lage (analog digital) statt HF-Lage
1.2	M7	Q1/08	Messtechnische Charakterisierung des Funktionsmusters 450 MHz BDSM
1.2	M8	Q2/08	Auswahl des künftigen Modulatorprinzips (gemeinsam mit der TU Ilmenau)
1.2	M9	Q3/08	Modulator und Klasse-S-Verstärker-Demonstrator für 450 MHz (gemeinsam mit Konsortium)
1.3	M10	Q4/08	Testchip für GaN-Ansteuerung bis 2 GHz fertig zur Herstellung
1.3	M11	Q2/09	Frequenzskalierter Modulator arbeitet mit GaN-Ansteuerung (IHP)
1.3	M12	Q3/09	Klasse-S-Verstärker-Demonstrator fertig (gemeinsam mit Konsortium)

Die Zeitplanung der Meilensteine erwies sich als realistisch und wurde weitestgehend mit kleinen Abweichungen eingehalten. Zusätzliche Arbeiten sowie Änderungen des Projektantrages die im Laufe des Projektes erschienen

wurden erfolgreich erfüllt. Nach der Literaturrecherche und Simulationsuntersuchung wurde Anfang 2007 die Architektur des Modulators festgelegt. Im Jahr 2007 wurden einige komplette Modulator-ICs zum tape-out gebracht. Den ersten funktionierenden 450 MHz Modulator stand nach dem tape-out (April 2007) im August 2007 für Tests zur Verfügung. Dieser Modulator wurde modifiziert, um bessere Ergebnisse zu bekommen. Im Februar 2008 wurde ein BDSM-Chip, auf eine von EADS gefertigte Testplatine, montiert und im April 2008 noch einmal am IHP gemessen. Im Jahr 2008 gab es eine Änderung im Projektantrag, dementsprechend wurde am IHP ein modifizierter Modulator erfolgreich entworfen, gemessen und für ein 900 MHz Klasse-S Modul eingereicht. Das Modul wurde Ende 2009 von EADS montiert, gemessen und hat sehr gute Ergebnisse gezeigt. Laut Änderung im Projektantrag im Jahr 2009 sollten die Partner ein 2 GHz Klasse-S Modul fertig stellen. Da der im Jahr 2008 entworfene 9 GS/s Modulator für 2 GHz zu schnell war, musste man ein Modulator mit reduzierter Taktfrequenz implementieren. Innerhalb der verbleibenden zwei Monate der Projektzeit wurde am IHP die Systemsimulation für den benötigten Modulator durchgeführt. Abgesehen vom Projektende wurden die Arbeiten an dem 2 GHz Modulator mit reduzierten Taktfrequenzen bis zum Chip durchgeführt. Auch nach dem Ablauf des Projekts haben die Mitarbeiter des IHP an allen Treffen und Telekonferenzen teilgenommen. Alle gefertigten Chips wurden an die jeweiligen Partner immer rechtzeitig geliefert.

Über den Verlauf des Teilprojekts wurden die folgenden Treffen abgehalten:

- 05. Dezember 2006 Kick-off-Meeting in Nürnberg, Lucent Technologies
- 02. Oktober 2007 Statusmeeting in Nürnberg, Lucent Technologies
- 11. September 2008 Statusmeeting in Stuttgart, Alcatel-Lucent Technologies
- 28. April 2009 Statusmeeting in Ulm, EADS
- 05. November 2009 Statusmeeting in Berlin, Ferdinand-Braun-Institut

Diese Meetings wurden von Lucent (später Alcatel-Lucent) terminlich und inhaltlich koordiniert, wobei verschiedene Partner als Gastgeber auftraten. Bei diesen Treffen wurde der Status des Modulators vorgestellt und diskutiert.

Neben der gewöhnlichen Kommunikation per Telefon und Internet, wurden seit dem Jahr 2009 bis zum Ende des Projektes von Alcatel-Lucent regelmäßige thematische Telefonkonferenzen durchgeführt.