

ディペンダブル VLSI システムの基盤技術  
平成 21 年度採択研究代表者

H25 年度 実績報告
----------------

竹内 健

中央大学 理工学部  
教授

ディペンダブル ワイヤレス ソリッド・ステート・ドライブ(SSD)

## § 1. 研究実施体制

### (1)「竹内」グループ

- ① 研究代表者:竹内 健 (中央大学理工学部、教授)
- ② 研究項目
  - ・メモリシステム

### (2)「黒田」グループ

- ① 主たる共同研究者:黒田 忠広 (慶応義塾大学理工学部、教授)
- ② 研究項目
  - ・通信システム

### (3)「石黒」グループ

- ① 主たる共同研究者:石黒 仁揮 (慶応義塾大学理工学部、准教授)
- ② 研究項目
  - ・給電システム

## § 2. 研究実施の概要

### 2.1 チーム全体の研究の概要

#### (1) 本研究の背景と課題定義

フラッシュメモリを用いたストレージであるソリッド・ステート・ドライブ (SSD)、メモリカードは低価格・軽量・低消費電力なストレージとして、携帯端末・パソコン・データセンターなどへの応用が期待されている。フラッシュメモリはフローティングゲートに電子を蓄えることによりデータ記憶を行うが、データ保持中にフローティングゲート中の電子がリークしデータが破壊されるという問題がある。またメモリカードのコネクタはゴミの付着や汚染、メモリカードとホスト機器の頻繁な着脱によるコネクタの摩耗が接触不良や速度劣化を引き起こす。更に、有線通信のメモリカードの高速化実現には、コネクタの容量を減らす必要がある。その結果、ギガbps以上の高速通信ではメモリカードとして必要なESD保護素子を搭載することが困難になり、人体との接触による静電気破壊に脅かされる。

#### (2) 本研究の特徴

本研究では、本研究を遂行する上で必須の関連技術を世界に先駆けて開発し、当該分野で世界をリードした産学の力を結集する。また大学の研究メンバー全員が企業での豊富な研究経験を有し、出口企業との連携、メモリ・通信・給電の異なる分野の間での協力など、実用化を強く意識した問題意識や研究スタイルを共有している。

#### (3) 本研究の達成目標

本研究ではフラッシュメモリを用いたテラバイト容量のワイヤレスSSD(メモリカード)及びホストシステムの研究を行う。書き換え回数やデータ保持時間の増加など使用に伴うメモリの信頼性の劣化、接触不良、動作中の電源遮断や水への接触(人的エラー)、人体との接触による静電気破壊(ESD)などのエラー要因にディペンダブルな回路システムの開発を目標とする。1mm程度の通信距離の短距離無線通信・給電により有線通信(SATA・PCIe)並みの10~50Gbpsの実現を目指す。

### 2.2 研究実施方法

#### (1) 本研究チーム全体の運営と取りまとめ方針

本研究では、メモリシステム(竹内)、無線通信回路(黒田)、無線給電回路(石黒)を専門とする3名の研究者で構成される垂直統合型の研究チームを編成し、緊密な連携を保ちつつ、「高信頼メモリホストシステム」、「適応制御ワイヤレス給電・通信」、「高QoS(Quality of Service)メモリ・通信統合システム」の研究を行う。

#### (2) 研究グループの分担

##### ① 「竹内」グループ(研究代表者グループ)

研究 1「高信頼メモリシステム」でメモリシステムのエラーを抑制する高信頼誤り訂正・データ変調システムの研究を行う。また研究 2「適応制御ワイヤレス給電・通信システム」、研究 3「高 QoS メモリ・通信システム」では石黒・黒田と協力し、適応制御型の電力制御システム等の高いディペンダビリティを有するシステムの研究を行う。

#### ② 「黒田」グループ

研究 2「適応制御ワイヤレス給電・通信システム」では、近接場通信を用いたデータ通信を研究する。データ転送速度の向上を見越して、将来の様々な規格にも対応できるよう超広帯域の伝送方式を研究する。また、本アプリケーションでは、ワイヤレス通信とワイヤレス給電を同時に行う必要があるため、石黒と協力して電力伝送チャンネルからの干渉を低減するための研究を行う。研究 3「高 QoS メモリ・通信システム」では、竹内・石黒と協力して電源をカード側とホスト側で適応制御して精緻にするシステムの研究を行う

#### ③ 「石黒」グループ

研究 2「適応制御ワイヤレス給電・通信システム」では主に給電システムを担当する。メモリカードという限られたサイズの中で、非接触でワットクラスの電力を伝送するためのコンパクトで高効率な伝送技術を開発する。また、データ・電力同時伝送時における通信の信頼性を確保するために、黒田と協力して電力チャンネルからデータチャンネルへの干渉を減らすための技術を開発する。研究 3「高 QoS メモリ・通信システム」では、竹内・黒田と協力して機器内外の回路の誤動作を防ぐための EMI を抑制するための電力伝送技術を開発する。

### 2.3 研究グループの今年度の研究の狙い

#### ① 「竹内」グループ(研究代表者グループ)

本研究テーマでは、高信頼なワイヤレス SSD を実現するため、メモリシステムの高信頼性化技術を開発する。最適な誤り訂正回路の実現のためには、メモリ・通信等、エラーを発生するチャンネルのエラーパターンをモデリング・解析することが鍵になる。本年度は、平成 21 年度に開発したメモリチャンネル不良パターンのモデリングを行うための解析システムを用いる。また、平成 22-24 年度に測定を行った、40nm、30nm、20nm 世代のメモリの不良パターンの測定データ、解析した特徴を活用し、エラーを抑制するシステムを開発する。ディペンダビリティを高める手法としては、誤り訂正回路 (ECC) のみならず、メモリに記憶するデータに変調を掛けるなど、様々な信号処理技術を検討する。メモリセルの間の容量結合などメモリの微細化で顕著になる問題を解決するため、RAID ストレージシステムなどより上位のシステムの階層で高いディペンダビリティを確保するシステムを開発する。また、ReRAM や PCRAM など高速で不揮発かつ大容量なストレージ・クラス・メモリを積極的に活用したストレージシステムのディペンダビリティの向上を目指す。

#### ② 「黒田」グループ

本研究テーマでは、研究 2「適応制御ワイヤレス給電・通信システム」において、これまでに開発

した広帯域の伝送線路型結合器の適応アプリケーションを広げるための技術開発を行う。特に新たなアプリケーションとして、車載用途の有線コネクタを非接触コネクタに置き換えるための技術を開発する。非接触コネクタに置き換えることで、激しい振動が加わる車載用途でも接触不良の問題を回避できるなど、様々な信頼性向上の効果が期待できる。一方で車載用途は電磁干渉が極めて大きな環境であり非接触化による通信の信頼性を損なわないための技術が必須となる。本研究ではこれらアプリケーションにおける要求項目を精査して、その要求を満足するための技術を開発する。評価システムを構築して実使用状態に近い条件での性能の測定を行う。研究 3 の「高 QoS(Quality of Service)メモリ・通信統合システム」においては、メモリシステムや他のシステムに及ぼす干渉を抑制するために、伝送線路型結合器を用いた非接触 I/F からの干渉信号を詳細に評価して、それが他のシステムに及ぼす影響をこれまでに立ち上げたシステムを用いて評価する。

### ③ 「石黒」グループ

本研究テーマでは、ホスト側から SSD のフラッシュメモリおよびワイヤレスインターフェース回路に最大数ワットの電力を供給する無線給電システムの研究を行なう。負荷変動の激しい SSD 用途で電力効率を落とさないために、フラッシュメモリ用の電源昇圧を電力伝送用のインダクタを利用して行うこと、二次側の共振用の容量を高速に調整すること、データ伝送チャネルを利用して二次側出力電圧の情報を一次側に伝送して送信電力をきめ細かく制御する手法を開発する。また、一つのインダクタでフラッシュメモリの動作に必要な多電圧を出力する手法を開発する。本年度は、平成 21～23 年度の研究で開発済みのスイッチング信号の位相制御および分数調波切り替えによる高速給電制御技術、および平成 24 年度の研究で基本動作を実証した受電側の 2 電圧生成手法を組み合わせ、精度の高い高速電圧制御手法を確立する。複雑な制御におけるループの安定性を保障すると同時に、通信や機器動作に悪影響を与える EMI を抑え、システムの信頼性を向上する技術の完成度をさらに上げる。

## § 3. 成果発表等

### (3-1) 原著論文発表

#### 論文詳細情報(国内)

(1)

竹内健, “フラッシュメモリの高信頼信号処理技術”, 信頼性, vol. 35, no. 8, pp. 460, 2013.

(2)

黒田忠広, "非接触インタコネクタのアプリケーション," 日本信頼性学会誌, vol. 35, no. 8, p. 473, Dec. 2013.

(3)

黒田忠広, "実装インタコネクタの課題," 日本信頼性学会誌, vol. 35, no. 8, p. 469, Dec.

2013.

(4)

竹内健, “半導体メモリーを搭載したソリッドステートドライブ”, 映像情報メディア学会誌, vol. 68, no. 1, pp. 26-31, 2014 年 1 月.

#### 論文詳細情報(国際)

(5)

Shuhei Tanakamaru, Yuki Yanagihara and Ken Takeuchi, “Error-Prediction LDPC and Error-Recovery Schemes for Highly Reliable Solid-State Drives (SSDs),” *IEEE J. of Solid-State Circuits*, vol. 48, no. 11, pp. 1-14, November, 2013.

(6)

Ken Takeuchi, “NAND Flash Application and Solution,” *IEEE Solid-State Circuits Magazine*, vol. 5, no. 4, pp. 34-40, December, 2013.

(7)

Shuhei Tanakamaru, Masafumi Doi and Ken Takeuchi, “NAND Flash Memory / ReRAM Hybrid Unified Solid-State-Storage Architecture,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems I*, 2014.

(8)

A. Kosuge, W. Mizuhara, T. Shidei, T. Takeya, N. Miura, M. Taguchi, H. Ishikuro, and T. Kuroda, "A 0.15-mm-Thick Noncontact Connector for MIPI Using a Vertical Directional Coupler," *IEEE Journal of Solid-State Circuits (JSSC)*, vol. 49, no. 1, pp. 223-231, Jan. 2014.

(9)

A. Kosuge, T. Takeya, M. Shioya, M. Taguchi, and T. Kuroda, "A 3 Gbps Non-Contact Inter-Module Link with Twofold Transmission Line Couplers and Low Frequency Compensation Equalizer," *Japanese Journal of Applied Physics (JJAP)*, vol. 52, no. 4, Apr. 2013.

#### (3-2) 知財出願

特許出願件数 (平成 25 年度)

合計	国内	3	件
----	----	---	---

CREST 研究期間累積件数

合計	国内	18	件
----	----	----	---