

課題番号 : F-15-OS-0038
利用形態 : 機器利用
利用課題名 (日本語) : サブサーフェス磁気イメージングシステムの高分解能化
Program Title (English) : Development of high-resolution magnetic imaging system
利用者名 (日本語) : 木村建次郎, 美馬勇輝, 稲垣明里
Username (English) : K.Kimura, Y. Mima, A. Inagaki
所属名 (日本語) : 神戸大学, 理学研究科, 化学専攻
Affiliation (English) : Graduate School of Science, Kobe University

1. 概要 (Summary)

近年急速に電子デバイスの多次元化が進展し、動作不良発生時の検査がより一層難しいものとなってきた。ウェア表面下に2次元平面的にデバイスが集積されたチップでは、電子顕微鏡や走査型プローブ顕微鏡等の表面観察技術が積極的に活用されたが、3次元集積化されたデバイスの故障解析では、物体内部の構造を映像化可能なサブサーフェスイメージングが不可欠である。

我々は、これまで表面下の電流経路を映像化可能な、世界初の映像化理論に基づく計算ソフトウェアを搭載したサブサーフェス磁気イメージングシステムの開発を進め、商品化に成功した。¹⁻³ 電子デバイスの動作中に、電子デバイスの外部に漏洩する静磁場の空間分布を測定し、それらの結果を、静磁場の基礎方程式のディリクレ境界条件およびノイマン境界条件として使用し、解析解を用いて電流経路近傍の磁場の空間分布を示す画像を再構成する。⁴ 磁気発生源から離れた領域における特徴のない“ぼやけた”磁場分布画像から、磁気発生源近傍の鮮鋭な画像をつくり出すため、我々は“磁場逆解析によるフォーカス処理”と呼んでいる。特に最近では、積分幾何学的な計算手法を取り入れながら磁場の基礎方程式を解く“フォーカス”処理法の開発に成功しており、これを用いることで、磁場を計測するセンサの最小寸法で決定する空間分可能を達成することが可能となる。¹

本研究では、静磁場計測およびマイクロ波計測に使用するセンサの形状を最適化するための微細加工を目的として、大阪大学 産業研究所内ナノテクノロジー設備供用拠点の集束イオンビーム加工装置(FIB)を利用した。

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】

集束イオンビーム加工装置

【実験方法】

トンネル磁気抵抗効果素子を作製したSiウェハをベースとして、Siウェハを針状に加工し、針部先端に磁気センサ素子が位置するようにFIB加工する。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Fig.1 に我々が開発したサブサーフェス磁気イメージングシステムによって得られた渦電流画像および電流経路画像を示す。測定試料は、最小配線幅 27 μ m のフレキシブルプリント基板である。渦電流画像は、測定試料全体に交流磁場を印加し、導電性の高い領域にて発生した渦電流に

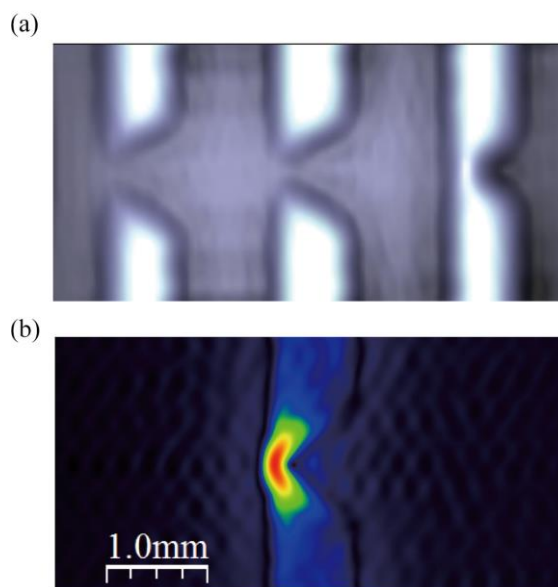


Fig. 1: (a) Eddy current image on flexible printed circuit. (b) Electric current image simultaneously obtained with Fig.1(a).

よる磁場を映像化している。電流経路画像は、配線に直接電流を加え、それによって発生した磁場の計測結果を基に作成されたものである。同一のセンサにて、電流経路画像と渦電流画像を測定することができ、複雑な配線パターン内のどこに電流が流れているか容易には把握することが可能である¹。現状では、空間分解能は、サブサーフ

エスにて典型値数 μm 程度であるが、今後は、FIB による磁気センサの構造を最適化することにより、より空間分解能の高い画像を取得する。

4. その他・特記事項 (Others)

[Reference]

(1) Kimura, K.; Mima, Y.; Kimura, N. 電流経路可視化技術-蓄電池非破壊検査への応用-. Journal of the institute of electrical engineers of japan **2015**, 135, 4.

(2) 美馬勇輝; 木村憲明; 木村建次郎. サブサーフェス磁気イメージングシステムの開発と半導体チップ内部の電流経路映像化への応用. ケミカルエンジニアリング **2015** 60, 7.

(3) Nondestructive imaging apparatus of electric current-Focus001- <http://ig-instrum.co.jp/en/product01.html>.

(4) Mima, Y.; Oyabu, N.; Inao, T.; Kimura, N.; Kimura, K.: Failure analysis of electric circuit board by high resolution magnetic field microscopy. In *IEEE CPMT Symposium Japan* IEEE: Kyoto University, 2013 pp 257.

(1) 研究成果展開事業(先端計測分析技術・機器開発プログラム)(JST)「電池用-高分解能電流経路映像化システムの開発」

(2) 医療分野研究成果展開事業(先端計測分析技術・機器開発プログラム)(AMED)「次世代乳癌スクリーニングのためのマイクロ波散乱場断層イメージングシステムの開発」

(3) 科学研究費助成事業・挑戦的萌芽研究「散乱トモグラフィ理論に基づくマイクロ波マンモグラフィの基礎研究」

(4) 若手ICT研究者等育成型・戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)「リアルタイムマイクロ波マンモグラフィの研究開発」

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1)木村建次郎, 野本和誠, 美馬勇輝, 木村憲明, “高分解能電流経路映像化システムによる蓄電池の非破壊検査”JPCA Show 2015, 2015 マイクロエレクトロニクスショー, アカデミックプラザ, 東京ビッグサイト, 2015年6月3日~5日.

(2)星島一輝, 中田成幸, 美馬勇輝, 木村建次郎, “コンクリート中の鉄筋の磁気イメージング”, コンクリート構造物

の非破壊検査シンポジウム論文集 5 (2015) p.337-340.

(3)木村建次郎, “サブサーフェスイメージング法の開発と生体、蓄電池、インフラ画像検査への応用” イノベーション・ジャパン 2015, 東京ビッグサイト, 2015年8月27日.

(4)木村建次郎, “最先端画像計測装置の開発と実用化 -安全,安心な社会を目指して-” 戦略目標「プロセスインテグレーションによる次世代ナノシステムの創製」3研究領域第3回合同公開シンポジウム, 東京(コクヨホール), 2015年9月29日.

(5)美馬勇輝, 野本和誠, 木村憲明, 木村建次郎, “高分解能電流経路映像化システムの捲回型蓄電池への応用” 第56回電池討論会, (愛知県産業労働センター ウインクあいち), 2015年11月13日.

(6)美馬勇輝, 木村憲明, 木村建次郎, “電子やイオンの流れを可視化する装置の開発”日本化学会秋季事業, 第5回 CSJ 化学フェスタ 2015, 東京(タワーホール船堀), 2015年10月13日~15日.

(7)野本和誠, 松田聖樹, 稲垣明里, 美馬勇輝, 木村憲明, 木村建次郎, “サブサーフェス磁気イメージングシステムによる多層蓄電池内の非破壊電流密度分布計測に関する研究” 第63回応用物理学会春季学術講演会, (東京工業大学 大岡山キャンパス), 2016年3月19日~3月22日.

6. 関連特許 (Patent)

なし。