

茨城大学重点研究

「次世代超高速LSI開発研究」

茨城大学工学部附属 グリーンデバイス教育研究センター

2012年度

報告書

茨城大学重点研究「グリーンデバイス開発研究」

平成 24 年度報告書刊行にあたって

プロジェクト代表 大貫 仁

将来のIT・ユビキタス・低環境負荷社会の実現には、耐環境性を考慮したエレクトロニクス技術の一層の進展が不可欠であります。その中で、携帯電話、デジタル家電、コンピュータの大幅な省電力化には、1) 超高速・低消費電力 LSI の開発、2) 磁気メモリの高密度化・高機能化がキー技術となります。また、3) モータ駆動装置(インバータ)の小型化・軽量化・高信頼化は、ハイブリッド車、電気自動車等の普及を一段と加速するため、駆動装置の心臓部に相当するパワー半導体デバイスの高温化が極めて重要になると考えられます。本学グリーンデバイス教育・研究センターは、材料・デバイス・回路・分析・シミュレーション技術の英知を結集して得られた成果を本学から世界に向けて情報発信し、上記グリーンデバイスの高性能・高信頼化を実現する目的で設立されました。

茨城大学グリーンデバイス教育・研究センターを世の中に認知してもらうため、研究を加速することは勿論、得られた成果を積極的に新聞報道するとともに、外部資金を獲得し、メジャーな国際会議での講演、国内外一流学術誌への投稿を推進します。また、博士後期課程学生の国内外からの受け入れを促進します。

本年度のセンターの主な成果としては、成果報告書に加え、科研費、JST 等の外部資金 53,000k 円、新聞報道 3 件、国際学会講演 6 編、招待講演 3 回、学術誌論文 32 編が上げられます。

H25 年度も、全力で研究開発に邁進して参りますので、引き続きご指導・ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

－目次－

1. 研究報告

「グリーンデバイス開発研究」

Investigation on Electronic Materials for Green Devices

(大貫 仁、小峰啓史、杉田龍二、篠嶋 妥、太田弘道、島影 尚、
武田茂樹、稲見 隆、永野隆敏、田代 優、玉橋邦裕、菅原良孝)

2. プロジェクト業績

業績一覧

研究報告

グリーンデバイス開発研究

Investigation on Electronic Materials for Green Devices

大貫 仁、小峰啓史、杉田龍二、篠嶋 妥、太田弘道、島影 尚、武田茂樹、稲見 隆、永野隆敏、田代 優、玉橋邦裕、菅原良孝

グリーンデバイス教育・研究センター

J. Onuki, T. Komine, R. Sugita, Y. Sasajima, T. Inami, T. Nagano, S. Takeda, and K. Tamahashi

Green Device Education and Research Center, Ibaraki University, Hitachi, Japan

1. 概要

グリーンデバイスの性能向上を目的に、デバイス用微細材料におけるナノレベル粒界制御の重要性を示した。

2. はじめに

超高速 LSI や磁気記録デバイス等、電子・情報デバイスの性能向上が飽和し始めた最も大きな要因は、LSI に使用されている Cu 配線の深さ方向の結晶粒径制御が困難であること、記録媒体における面内の結晶粒径の微細化および均一化等の粒径制御が困難であることによると考えられる。本研究では、複合材料である電子デバイスの粒径の均一制御技術を開発することにより、高速・低損失の LSI、高密度・低ノイズの磁気記録デバイス、および環境負荷の少ない高温デバイス等のグリーン電子デバイスを実現し、我が国の電子・情報産業の再生・発展に寄与することを目的とする。

3. H24 年度の研究進捗状況

3.1 低消費電力・超高速 LSI

Cu 配線抵抗率が、配線遅延に及ぼす影響を 45nm 技術 LSI についてシミュレーションした。その結果、図 1 に示すように、配線抵抗率を現状配線の 1/2 に低減できれば配線遅延は 1/2 になる、すなわち 2 倍の動作速度向上が期待できることが分かった。

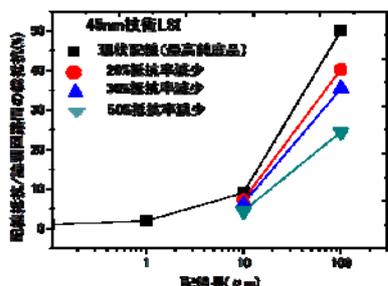


Fig.1 配線遅延に及ぼす配線抵抗率の低減効果

次に、これまでの研究結果に基づき、硫酸銅の純度を高め、Cu 配線抵抗率を低減する目的で、日鉱金属製超高純度 9N の Cu 板を用いて分別再結晶法により、9NUP の世界最高純度硫酸銅を作製した。外観写真を

図 2 に示す。



Fig.2 9NUP(世界最高純度品)硫酸銅の外観写真

この硫酸銅を用いて厚さ $6\mu\text{m}$ の Cu めっき膜を作製し、膜中の不純物を GDMS により分析した。その結果、現状最高純度品に比べ、世界最高純度硫酸銅で作製した Cu めっき膜中の不純物濃度は 1/4 以下にまで減少することが分かった。さらに、現状純度品と世界最高純度品で作製した Cu 配線の抵抗率を比較した結果、後者は、前者に比べ、30%程度抵抗率が減少することが分かった。さらに、Cu 配線中の結晶粒径も前者に比較して均一・粗大化が促進されることが分かった。高純度化することにより Cu 配線下部の粒成長が促進され、深さ方向の結晶粒径制御が容易になった^{1) 2) 4)-7)}。高純度硫酸銅を用いて作製した Cu 配線のナノレベル結晶粒界および粒内の不純物分析を収差補正型 TEM を用いて分析した結果、添加剤等に含まれる不純物が粒内ではほとんど観察されないのに対し、粒界には明確に観察されることが分かった³⁾。今後、粒界制御がより一層重要になることを示唆している。

3.2 磁気デバイスの高機能化

近年、スピンの流れ(スピン流)を利用した磁化の直接制御技術が注目されており、磁気メモリを利用したノーマリーオフコンピューティングによってコンピュータの大幅な省電力化が見込まれている。しかし、現在のところ磁気メモリの駆動電流密度が高く、高密度化への明確な道筋が示されていないのが現状である。

磁気メモリの高密度化、高機能化のためには、低電流駆動のための材料探索に加えて、磁性層を構成する磁性粒子の微細化、粒径分散の低減が必要である。これらの影響は、磁性膜に出現する磁気クラスターサイズに顕著に現れるものと推察され、磁気クラスターサイズの低減は転移ノイズの低減につながると期待出来る。ま

た、これら開発課題は同時にハードディスクの高密度化、高機能化のための課題でもある。

今年度は、磁気メモリの高機能化検討の一環として、フェリ磁性体ナノワイヤによる駆動電流密度の低減、及び、積層構造ナノワイヤによる高密度化を計算機シミュレーションにより検討した^{9), 13), 14), 16)}。また、ハードディスクの高密度化、低ノイズ化検討として、市販ハードディスクの磁場印加方向が磁気クラスターサイズに及ぼす影響を検討した^{10-12), 15), 17)}。

本研究では一次元近似した磁壁の運動方程式を用いて、ピン止め磁場と閾値電流密度の関係を解析した。我々の提案したフェリ磁性体は高い磁気異方性を保持しつつ、飽和磁化を低減出来ることが最大の特徴であり、飽和磁化が閾値電流密度に及ぼす影響を主に数値解析した。飽和磁化 M_s を変化させたときの閾値電流密度 J_c のピン止め磁場 H_{pin} 依存性を Fig. 3 に示す。スピン分極率 P を 0.5、非断熱項定数 β を 0.02 と仮定した。Fig. 3 に示すように、値電流密度 J_c はピン止め磁場 H_{pin} の大きさによって、weak pinning region、intermediate pinning region、strong pinning region に分類できる。また、intermediate pinning region の J_c は欠陥のない perfect wire で得られる閾値電流密度(intrinsic な閾値電流密度)と一致することが報告されている。 $M_s=400$ emu/cm³ の場合、intrinsic な閾値電流密度 J_c は、 $J_c = 1.4 \times 10^7$ A/cm² となる。また、 $M_s = 100$ emu/cm³ の場合も同様に J_c を見積ると、 $J_c = 1.4 \times 10^6$ A/cm² となることがわかる。したがって、磁壁の動きを妨げる磁壁ピン止めが存在しても、我々が提案した低飽和磁化かつ垂直磁化を有するフェリ磁性体を用いることで閾値電流密度が一桁も下げられることが明らかとなった。

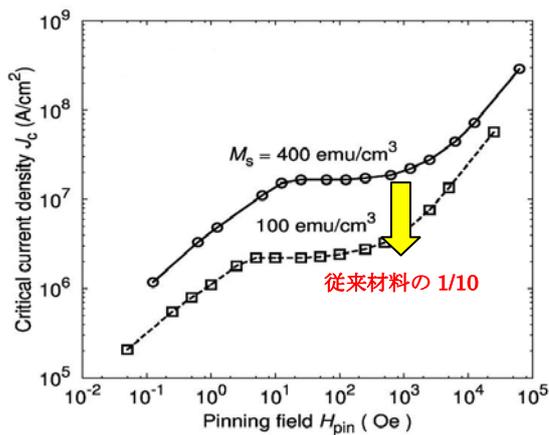


Fig.3 飽和磁化の異なる材料における閾値電流密度のピン止め磁場依存性

次に、市販されている 3 種類の積層構造ハードディスク(HD) を用いて磁場印加方向が磁気クラスターサイズに及ぼす影響を検討した。これらの HD は、記録層におけるグラニューラ層と Cap 層の層厚比が異なってい

る。

HD に対して、膜面とのなす角を変化させて磁場を印加して消磁し、磁気クラスターを評価した。測定には、磁気力顕微鏡 MFM (PNI 社製 Nano-R) を用いた。MFM 探針は、Si に Co 合金が被膜されている NanoWorld 社製 SSS-MFMR(先端曲率半径 15 nm, 分解能約 25 nm) を用いた。

消磁状態における、媒体の MFM 像、及び MFM 像から解析した磁気クラスターサイズのヒストグラムを Fig. 4 に示す。MFM 像において、明部は膜面垂直方向上向き、暗部は下向きの漏れ磁場を表している。MFM 像の明暗パターンを白黒で 2 値化し、白及び黒の領域をそれぞれ楕円で近似した。近似した楕円の短軸の長さを磁気クラスターサイズとしてヒストグラムを作成した。

MFM 像から評価したそれぞれの媒体における平均クラスターサイズはいずれも約 45 nm であり、磁場印加角度が変化しても平均クラスターサイズは変化しないことがわかった。一方、クラスターサイズの分散は角度増加とともに増加した。また、MFM 像から得られる MFM 出力の peak-to-peak 値 V_{pp} は、磁場印加角度の増加とともに減少した。

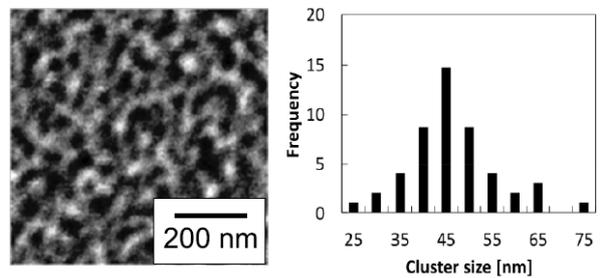


Fig. 4 ハードディスクの磁気力顕微鏡像とその磁気クラスターサイズ分布

このような結果が得られる理由として、MFM により観察される磁気クラスターの内部に、磁化が逆向きの領域(以下、これを Sub-domain と称する)が存在することが推察される。Sub-domain は磁性粒子数個以下で構成され、MFM 分解能以下のサイズであるため、Sub-domain からの漏れ磁場が MFM 出力を減少させると考えられる。Sub-domain が形成される原因のひとつとして、熱揺らぎが考えられる。磁場印加方法に起因する磁気クラスターサイズ分布の傾向が、我々の解析手法から初めて明らかになった。今後膜構造との関連を詳細に調べる。

3.3 高温デバイス

パワー半導体市場は、太陽光発電、電気自動車、ハイブリッド自動車市場等に向け拡大の一途をたどっている。性能面では、小型、低損失、高出力および高温動作化が追及されている。

Fig.5 に高温半導体 SiC デバイスモジュールの模式図を示す。

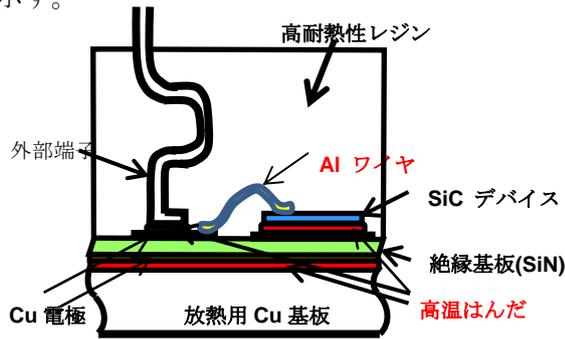


Fig.5 SiC デバイスモジュールの模式図と接合対象部

パワー半導体の性能向上を妨げている最も大きな原因の一つは、デバイス/基板の接合面におけるはんだの耐熱性が低く、現状ではたかだか 300°C 以下程度(実用高温 Pb はんだ)であるという点が挙げられる。また、高温半導体チップと外部端子とを接続するアルミワイヤボンディング部の高温信頼性向上(250°C 以上)も重要な課題である。

3.3.1 アルミワイヤボンディング技術

アルミワイヤボンディング部は、シリコンとアルミニウムの熱膨張の違いにより、加熱後の冷却過程においてワイヤに生じる熱応力により、クラックがアルミワイヤ内部で進展するため、劣化する。このクラック進展を抑制するためには、Fig.6 に示すように、ワイヤの結晶粒界に、例えば Al_2Cu 等の析出物を均一に分散させたり、Mg 等をアルミワイヤ基地中に固溶させ、加熱・冷却時におけるワイヤの変形を抑制し、クラックの進展を少なくすることが有効である¹⁸⁾。そこで、Al-Cu-Mg ワイヤを新たに製作した。このワイヤを溶体化+時効処理を行い、粒界への最大析出を促進した後、Si チップ上のアルミ電極上にワイヤボンディングした。

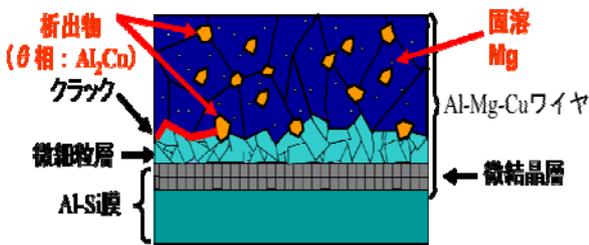


Fig.6 Al ワイヤボンディング部のクラック進展抑制策

接合部の温度サイクル試験(100°C~150°C)後の信頼性を市販の Al-Ni ワイヤボンディング部および Al-0.5%ワイヤボンディング部と比較した結果、下図に示すように、Al-Cu-Mg ワイヤボンディング部の信頼性が最も高いことが分かった¹⁹⁾。今後は、より高温での信頼性評価を行い、上記ワイヤの使用限度を明確にす

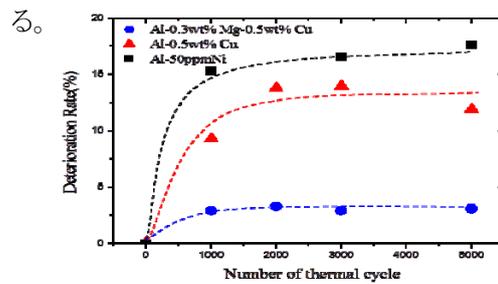


Fig.7 ワイヤボンディング部の信頼性

3.3.2 高温鉛フリーはんだの開発²⁰⁾

400°C まで使用可能な高温モジュールを開発するため、超塑性を有し、融点が 430°C の共析 Al-Zn はんだに着目し、このはんだを用いた固相接合技術の検討を行った。接合のコンセプトを下図に示す。

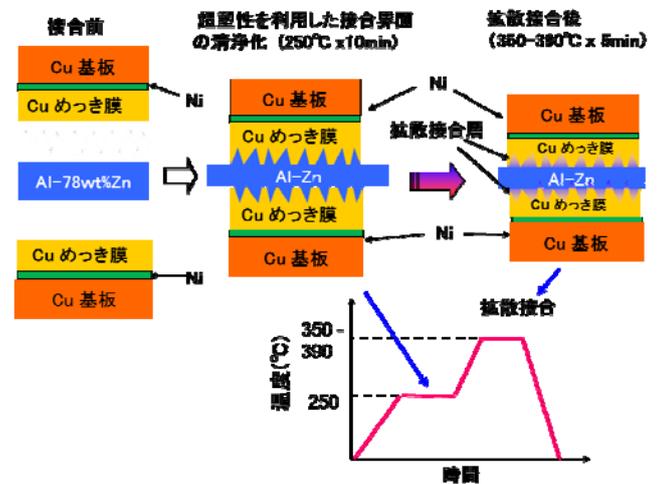


Fig.8 共析 Al-Zn はんだの超塑性を利用した固相接合

共析 Al-Zn はんだは 250°C で超塑性を示すので、この温度にサンプルを加熱し、加圧して超塑性により、図に示すように接合界面が清浄化され、次の拡散プロセスによりはんだと基板との接合が完了する。接合部は高温鉛フリーはんだに比べ、5倍以上の高い強度を有し、400°C までの加熱に耐える可能性が有ることが確認できた。今後は、実モジュールでの信頼性評価が必要である。

4. 結論

1. 低消費電力・超高速 LSI

超高純度硫酸銅を作製するプロセスを開発した。超高純度硫酸銅めっき液を用いて微細 Cu 配線を形成することにより、現状最高純度硫酸銅溶液を用いて作製した Cu 配線よりも抵抗率を大幅に低減できることが分かった。

2. 磁気デバイスの高機能化

マイクロマグネティックシミュレーションを用いて、磁気特性の分散に起因するピン止めが閾値電流に及ぼす影響を解析した。その結果、磁壁の動きを妨げる磁壁

ピン止めが存在しても、従来我々が提案した低飽和磁化かつ垂直磁化を有するフェリ磁性体を用いることで閾値電流密度が一桁も下げられることが明らかとなった。また、ハードディスクのノイズに起因する磁気クラスタの解析を行い、磁場印加方向がクラスタ形成過程に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

3. 高温デバイス

高温デバイスを実現する Al-Cu-Mg 系アルミ合金ワイヤ材料および超塑性利用共析 Al-Zn はんだとそのプロセス技術を開発した。

6. おわりに

1. 低消費電力・超高速 LSI

本年度の成果により、硫酸銅の純度を向上させることが、Cu めっき膜中の不純物を低減させ、Cu 配線の抵抗率を減少させるキーポイントであることを明らかに出来た。今後、結晶粒界に存在する不純物の解析と、これらの粒成長に及ぼす影響を明確化し、配線抵抗率のさらなる低減を図る予定である。

2. 磁気デバイスの高機能化

本年度得た成果によって、低電流動作磁気メモリへの材料設計指針及び磁性粒子微細化に伴う磁気クラスタ分散の解析手法を確立した。今後、これらの成果を元に磁気デバイスの低消費電力化・高機能化に向けた実証研究を行う予定である。

3. 高温デバイス

耐高温性に優れたワイヤおよび鉛フリーはんだ材料を開発することができた。今後、これらを半導体と放熱基板との接合に展開し、信頼性の評価をする予定である。

【参考文献】

- 1) Yiqing Ke, Takashi Namekawa, Kunihiro Tamahashi, and Jin Onuki: The influence of the additive-free processes on the microstructure of very narrow Cu wires in the lower region of a trench., Material Transaction, Vol.54, No.2, 2013, pp.255-259
- 2) Yiqing Ke, Takashi Namekawa, Kunihiro Tamahashi, and Jin Onuki: EBSD analysis of microstructures along the depth direction in very narrow Cu wires”, Electrochemistry 掲載決定(2012年12月13日)
- 3) Yiqing Ke, Tatyana Konkova, Mironov Sergey, and Jin Onuki: Effect of annealing temperature on structure of electrodeposited nano-scale copper wires, Letters on materials, Vol.2, 2013, pp.198-201
- 4) Yiqing Ke, Takashi Namekawa, Kunihiro Tamahashi, Tatyana Konkova, Jin Onuki: The grain size distribution investigation of high purity plated Cu wire in depth direction. Ultrafine-Grained and Nanostructured Materials Conference-2012, Ufa, Russia.
- 5) Yiqing Ke, Takashi Namekawa, Kunihiro Tamahashi, and Jin Onuki: Grain size and texture investigation of Cu wire formed with additive-free plating by EBSD. Advanced Metallization Conference 2012, Tokyo, Japan.
- 6) Tatyana Konkova, Yqing Ke, Sergey Mironov, and Jin Onuki: MICROSTRUCTURE ANALYSIS OF ELECTRODEPOSITED NANO-SCALE COPPER WIRE BY EBSD TECHNIQUE, Nanostructured Materials Conference-2012, Ufa, Russia.
- 7) Tatyana Konkova, Yiqing Ke, Sergey Mironov, Jin Onuki: Analysis of electrodeposited nano-scale copper wire microstructure by EBSD method, Advanced Metallization Conference 2012: 22nd Asian Session, Tokyo, Japan, 22-25 October, 2012.
- 8) Takashi Inami and Jin Onuki, Evaluation of grain size distributions of 50nm wide Cu interconnects by X-ray diffraction method, ECS, Honolulu, Abstract #2745(稲見、大貫:日刊工業新聞、H24年9月17日掲載)
- 9) T. Komine, A. Ooba, and R. Sugita, “Current-induced domain wall motion in a multilayered nanowire for achieving high density bit”, J. Appl. Phys. Vol. 111, 07D314/pp.1-3, 2012.
- 10) T. Kawamae, T. Komine, and R. Sugita, “Perpendicular Magnetic Printing Characteristics along Cross-Track Direction on ECC Media”, J. Magn. Soc. Jpn. Vol. 36, No. 3, pp.141-144, 2012.
- 11) Y. Yamaguchi, Y. Kawada, T. Komine, and R. Sugita, “Magnetic Field Direction Dependence of Magnetic Cluster Size in ECC Media”, J. Magn. Soc. Jpn. Vol. 36, No. 3, pp.145-149, 2012.
- 12) Y. Kawada, M. Onose, R. Kawasaki, A. Oyama, T. Komine, and R. Sugita, “Thickness Dependence of Magnetic Properties of CoPt Perpendicular Magnetic Anisotropy Film”, J. Magn. Soc. Jpn. Vol. 36, No. 3, pp.192-196, 2012.
- 13) A. Ooba, Y. Fujimura, T. Komine, and R. Sugita, “Numerical Study of Current-induced Domain Wall Motion in a Perpendicular Magnetic Anisotropy Nanowire in the Presence of Wall Pinning”, J. Magn. Soc. Jpn. Vol. 36, No. 3, pp.223-228, 2012.
- 14) A. Ooba, Y. Fujimura, K. Takahashi, T. Komine, and R. Sugita, “Effect of the pinning field on critical current density for current-induced domain wall motion in perpendicular magnetic anisotropy

- nanowires”, J. Nanosci. Nanotech., Vol. 12, pp. 7411-7415, 2012.
- 15) S. Sato, Y. Yamaguchi, T. Komine, and R. Sugita, “Effect of applied magnetic field direction on magnetic cluster state of perpendicular recording media”, IEEE Trans. Magn. Vol. 48(11), pp.3181-3184, 2012.
- 16) A. Ooba, T. Komine, and R. Sugita, “Influence of interlayer coupling on domain wall motion in multilayered nanowires for achieving high density bit”, IEEE Trans. Magn. Vol. 48(11), pp.3947-3950, 2012.
- 17) R. Kawasaki, M. Onose, A. Oyama, Y. Kawada, T. Komine, and R. Sugita, “Perpendicular Magnetic Printing by Using a Multi-layered Master Medium with Perpendicular Anisotropy”, J. Magn. Soc. Jpn. Vol. 36, No. 6, pp.323-330, 2012.
- 18) Y. Fujii, Y. Ishikawa, S. Takeguchi, and J. Onuki, Development of High-Reliability Thick Al-Mg₂Si Wire Bonds for High-Power Modules, in Proc. 2012 ISPSD, pp.279-282
- 19) 大貫 仁、パワー半導体向けアルミ合金ワイヤの開発、日刊工業新聞、2012年6月6日
- 20) 大貫 仁、鉛フリーはんだ材料開発、日刊工業新聞、2012年5月18日

プロジェクト業績

研究論文等発表一覧について

【原著論文】

- 1) Yiqing Ke, Takashi Namekawa, Kunihiro Tamahashi, and Jin Onuki. "The influence of the additive-free processes on the microstructure of very narrow Cu wires in the lower region of a trench.", *Material Transaction*, Vol.54, No.2, 2013, pp.255-259
- 2) Yiqing Ke, Takashi Namekawa, Kunihiro Tamahashi, and Jin Onuki. "EBSD analysis of microstructures along the depth direction in very narrow Cu wires", *Electrochemistry* 掲載決定(2012年12月13日)
- 3) Yiqing Ke, Tatyana Konkova, Mironov Sergey, and Jin Onuki, "Effect of annealing temperature on structure of electrodeposited nano-scale copper wires", *Letters on materials*, Vol.2, 2013, pp.198-201
- 4) Y.Sasajima, T.Satoh, K.Tamahashi, and J.Onuki, Void Generation Mechanism in Cu Filling Process by Electroplating for Ultra-Fine Wire Trenches, *Mater.Trans.* 53(2012) pp.1507-1514
- 5) Takatoshi Nagano, Yasushi Sasajima, and Jin Onuki, Cs-corrected STEM Observation and Atomic Modeling of Grain Boundary Impurities of Very Narrow Cu Wires, *ECS Electrochemistry Letters*, Accepted for Publication
- 6) T. Komine, A. Ooba, and R. Sugita, "Current-induced domain wall motion in a multilayered nanowire for achieving high density bit", *J. Appl. Phys.* **111**, 07D314/pp.1-3 (2012)
- 7) A. Ooba, Y. Fujimura, K. Takahashi, T. Komine, and R. Sugita, "Effect of the pinning field on critical current density for current-induced domain wall motion in perpendicular magnetic anisotropy nanowires", *J. Nanosci. Nanotech.*, **12**, pp. 7411-7415 (2012)
- 8) M. Murata, H. Yamamoto, F. Tsunemi, Y. Hasegawa, and T. Komine, "Four-Wire Resistance Measurements of a Bismuth Nanowire Encased in a Quartz Template Utilizing Focused Ion Beam Processing", *J. Elec. Mater.* **41**(6), pp. 1442-1449 (2012)
- 9) S. Sato, Y. Yamaguchi, T. Komine, and R. Sugita, "Effect of applied magnetic field direction on magnetic cluster state of perpendicular recording media", *IEEE Trans. Magn.* **48**(11), pp.3181-3184 (2012)
- 10) A. Ooba, T. Komine, and R. Sugita, "Influence of interlayer coupling on domain wall motion in multilayered nanowires for achieving high density bit", *IEEE Trans. Magn.* **48**(11), pp.3947-3950 (2012)
- 11) 川前武士, 小峰啓史, 杉田龍二, ECC 媒体におけるクロストラック方向の磁気転写特性, *J. Magn. Soc. Jpn.* **36**(3), pp.141-144 (2012)
- 12) 山口義明, 川田裕介, 小峰啓史, 杉田龍二 ECC 媒体における磁気クラスタサイズの磁場印加方向依存性, *J. Magn. Soc. Jpn.* **36**(3), pp.145-149 (2012)
- 13) 川田裕介, 小野瀬勝, 川崎龍太, 大山哲広, 小峰啓史, 杉田龍二, CoPt 垂直磁気異方性膜の磁気特性の膜厚依存性, *J. Magn. Soc. Jpn.* **36**(3), pp.192-196 (2012)
- 14) 大庭綾香, 藤村勇馬, 小峰啓史, 杉田龍二, ピン止めを有するナノワイヤにおける電流誘起磁壁移動のシミュレーション, *J. Magn. Soc. Jpn.* **36**(3), pp.223-228 (2012)
- 15) 川崎龍太, 小野瀬勝, 大山哲広, 川田裕介, 小峰啓史, 杉田龍二 積層構造垂直磁気異方性マスター媒体による垂直磁気転写, *J. Magn. Soc. Jpn.* **36**(3), pp.323-330 (2012)
- 16) Y. Kawada, M. Onose, R. Tojo, T. Komine and R. Sugita, "Magnetic domain structure in thin CoPt perpendicular magnetic anisotropy films", *EPJ Web of Conferences* **40**, 07002 (2013)
- 17) A. Oyama, T. Komine and R. Sugita, "Effect of interlayer exchange coupling on magnetization reversal process in ECC media with high coercivity", *EPJ Web of Conferences*, **40**, 07003 (2013)

【国際会議発表】

- 1) T. Inami and J. Onuki, Evaluation of Grain Size Distribution of Cu Interconnects with less than 100nm Width by X-ray Diffraction Method, ECS Transaction, **41**, 11-14, (2012)
- 2) T. Inami and J. Onuki, Evaluation of Grain Size Distributions of 50nm Wide Cu Interconnects by X-ray Diffraction Method, ECS Transaction, accepted
- 3) Y.Fujii, Y.Ishikawa, S.Takeguchi, and J.Onuki, Development of High-Reliability Thick Al-Mg₂Si Wire Bonds for High-Power Modules, in Proc. 2012 ISPSD, pp.279-282
- 4) Yiqing Ke, Takashi Namekawa, Kunihiro Tamahashi, Tatyana Konkova, Jin Onuki. The grain size distribution investigation of high purity plated Cu wire in depth direction. Ultrafine-Grained and Nanostructured Materials Conference-2012, Ufa, Russia. Best Student Award
- 5) Yiqing Ke, Takashi Namekawa, Kunihiro Tamahashi, and Jin Onuki. Grain size and texture investigation of Cu wire formed with additive-free plating by EBSD. Advanced Metallization Conference 2012, Tokyo, Japan.
- 6) Tatyana.Konkova, Yqing Ke, Sergey Mironov, and Jin Onuki, MICROSTRUCTURE ANALYSIS OF ELECTRODEPOSITED NANO-SCALE COPPER WIRE BY EBSD TECHNIQUE, Ultrafine-Grained and Nanostructured Materials Conference-2012, Ufa, Russia.
- 7) Tatyana Konkova , Yiqing Ke , Sergey Mironov, Jin Onuki, Analysis of electrodeposited nano-scale copper wire microstructure by EBSD method, Advanced Metallization Conference 2012: 22nd Asian Session, Tokyo, Japan, 22-25 October, 2012.
- 8) Takashi Inami and Jin Onuki, Evaluation of grain size distributions of 50nm wide Cu interconnects by X-ray diffraction method, ECS, Honolulu, Abstract #2745

【学会発表等 (国内,国際)】

- 1) S. Sato, Y. Yamaguchi, T. Komine, and R. Sugita, International Magnetism Conference INTERMAG 2012, May 7-11, 2012
- 2) A. Ooba, T. Komine, and R. Sugita, International Magnetism Conference INTERMAG 2012, May 7-11, 2012
- 3) Y. Nabatame, T. Matsumoto, Y. Ichige, T. Komine, R. Sugita, M. Murata, and Y. Hasegawa, The 31st International & 10th European Conference on Thermoelectrics (ICT&ECT), July 9-12, 2012
- 4) 東條, 小野瀬, 田中, 川崎, 小峰, 杉田, 電子情報通信学会, 映像メディア学会 磁気記録・情報ストレージ研究会, 2012年7月19, 20日
- 5) 大山, 小野瀬, 川崎, 小峰, 杉田, 電子情報通信学会, 映像メディア学会 磁気記録・情報ストレージ研究会, 2012年7月19, 20日
- 6) A. Ooba, T. Komine, and R. Sugita, Joint European Magnetic Symposia (JEMS), Sept. 9-14, 2012
- 7) Y. Kawada, M. Onose, R. Tojo, T. Komine, R. Sugita, Joint European Magnetic Symposia (JEMS), Sept. 9-14, 2012
- 8) A. Oyama, T. Komine, and R. Sugita, Joint European Magnetic Symposia (JEMS), Sept. 9-14, 2012
- 9) R. Tojo, Y. Kawada, T. Komine, and R. Sugita, The 2nd International Conference of the Asia Union of Magnetism Societies (ICAUMS2012), Oct. 2-5, 2012
- 10) S. Sato, Y. Yamaguchi, T. Komine, and R. Sugita, The 2nd International Conference of the Asia Union of Magnetism Societies (ICAUMS2012), Oct. 2-5, 2012
- 11) A. Oyama, T. Komine, and R. Sugita, The 2nd International Conference of the Asia Union of Magnetism Societies (ICAUMS2012), Oct. 2-5, 2012
- 12) Y. Yamaguchi, T. Komine, and R. Sugita, The 2nd International Conference of the Asia Union of Magnetism Societies (ICAUMS2012), Oct. 2-5, 2012

- 13) K. Iwai, T. Komine, S. Saito, R. Sugita, The 2nd International Conference of the Asia Union of Magnetics Societies (ICAUMS2012), Oct. 2-5, 2012
- 14) A. Ooba, T. Komine, and R. Sugita, The 2nd International Conference of the Asia Union of Magnetics Societies (ICAUMS2012), Oct. 2-5, 2012
- 15) M. Itoh, A. Ooba, T. Komine, and R. Sugita, The 2nd International Conference of the Asia Union of Magnetics Societies (ICAUMS2012), Oct. 2-5, 2012
- 16) Y. Kawada, S. Sato, Y. Yamaguchi, T. Komine, and R. Sugita, The 2nd International Conference of the Asia Union of Magnetics Societies (ICAUMS2012), Oct. 2-5, 2012
- 17) Y. Yamaguchi, T. Komine, and R. Sugita, 12th Joint MMM/INTERMAG Conference, Jun. 14-18, 2013.
- 18) S. Sato, Y. Yamaguchi, T. Komine, and R. Sugita, 12th Joint MMM/INTERMAG Conference, Jun. 14-18, 2013.
- 19) 稲見 隆, 小峰啓史, 大貫 仁, 佐藤翔平(学生), 杉田龍二, 磁気記録媒体の粒径分布と磁気クラスター, 日本金属学会秋期大会, 2012/9/18
- 20) 平澤歩(院生), 稲見 隆, 大貫 仁, X線回折法による幅 50nm 銅微細配線の結晶粒径評価, 日本金属学会秋期大会, 2012/9/18

【招待講演】

- 1) 大貫 仁, 高純度めっきプロセスにより形成した超微細 Cu 配線の結晶構造と抵抗率, H24 年金属学会春期大会
- 2) 大貫 仁, LSI 用微細 Cu 配線材料のナノ粒界評価技術, H24 年 金属学会秋期大会
- 3) 大貫 仁, 日本金属学会, 谷川・ハリス賞 受賞記念講演, H25 年 金属学会春期大会

【受賞等】

- 1) 受賞者名: 山口義明, 受賞名: 日本磁気学会学術奨励賞(内山賞), 授与者: 日本磁気学会, 受賞日: 2012/10/03
- 2) 受賞者名: 大貫 仁: 谷川・ハリス賞, 授与者: 日本金属学会, 受賞日 2013/3/27

【新聞報道等】

- 1) 鉛フリーはんだ材料開発, 日刊工業新聞, 2012 年 5 月 18 日 (大貫 仁)
- 2) パワー半導体向けアルミ合金ワイヤの開発, 日刊工業新聞, 2012 年 6 月 6 日(日本ピストンリング, 大貫 仁)
- 3) LSI 配線非破壊検査, 日刊工業新聞, 2012 年 9 月 17 日(稲見 隆, 大貫 仁)

【競争的資金獲得】

1. 申請した競争的資金等の外部資金
 - 1) 平成24年 独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業(A-STEP)【フィージビリティスタディ(探索タイプ)】, 「X線回折法による幅 50nm 以下 Cu 微細配線の結晶粒径評価技術の確立」, 1,680 千円, 2012 年度～2013 年度
 - 2) 三菱財団 第 44 回(平成 25 年度) 三菱財団自然科学研究助成, 「磁壁移動型メモリのためのフェリ磁性ナノワイヤにおけるスピン分極率の解明」, 5,000 千円, 2013 年度
2. 申請した科学研究費補助金
 - 1) 文部科学省 平成 25 年度 特別推進研究, 「電子・情報デバイスにおけるナノ粒界制御技術の開発」, 499,700 千円, 2013 年度～2017 年度
 - 2) 文部科学省 平成 25 年度 基盤研究 B, 「3 次元実装用低ひずみ・高アスペクト比 TSV 開発」, 19,950 千円, 2013～2015 年度

- 3) 文部科学省 平成 25 年度 挑戦的萌芽研究, 「超塑性を利用したボイドフリー固相接合技術の基礎検討」, 4,950 千円, 2013 年度～2014 年度
- 4) 文部科学省 平成 25 年度 挑戦的萌芽研究, 「エックス線回折法による次世代超微細銅配線の結晶粒非破壊評価技術の確立」, 4,800 千円, 2013 年度～2014 年度
- 5) 文部科学省 平成 25 年度 基盤研究(C), 「超高記録密度積層構造ナノワイヤメモリの低電流・高速動作に関する研究」, 5,000 千円, 2013 年度～2015 年度

3.採択された競争的資金等の外部資金

- 6) 平成 24 年 独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業(A-STEP) シーズ顕在化タイプ, 「次世代高温パワー半導体を実現するボイドフリー超塑性はんだ接合技術の開発」, 7,995 千円
- 7) 平成 24 年 独立行政法人科学技術振興機構 復興促進プログラム(A-STEP) シーズ顕在化タイプ, 「高温パワー半導体モジュール要素技術の開発」, 7,930 千円

4.採択された科学研究費補助金

- 1) 文部科学省 平成 24 年度 基盤研究(S), 「極限高純度めっきプロセスによる Cu 配線ナノ構造制御と次世代ナノLSI への展開」, 26,300 千円, 2008 年度～2012 年度
- 2) 文部科学省 平成 24 年度 基盤研究(C), 「フェリ磁性積層構造を利用した高密度ナノワイヤメモリの基礎研究」, 4,160 千円, 2010 年度～2012 年度
- 3) 文部科学省 平成 24 年度 基盤研究(C), 「エネルギーアシスト記録及び瓦記録方式ハードディスク対応超高速サーボ信号転写の研究」, 5,460 千円, 2012 年度～2014 年度
- 4) 文部科学省 平成 24 年度 基盤研究(C), 「収束イオンビームを用いたナノワイヤー熱電変換素子への ナノ電極形成・輸送特性の解明」, 5,070 千円, 2011 年度～2013 年度
- 5) 文部科学省 平成 24 年度 若手研究(B), 「 β FeSi₂ 表面磁性発現の研究」, 3,120 千円, 2012 年度～2013 年度
- 8) 文部科学省 平成 24 年度 基盤研究(C), 「高温動作パワー半導体実装用アルミ銅合金ワイヤボンディングプロセスの開発」, 4,200 千円

茨城大学重点研究「次世代超高速LSI開発研究」

茨城大学工学部附属グリーンデバイス教育研究センター

2012年度報告書

発行日 平成 25 年 3 月

発行者 茨城大学 工学部 マテリアル工学科
教授 大貫 仁
〒316-8511 日立市中成沢町 4-12-1
Tel: 0294-38-5053 Fax: 0294-38-5226

※禁無断転載