

茨城大学重点研究

「次世代超高速 L S I 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

2013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 25 年度報告書刊行にあたって

プロジェクト代表 大貫 仁

茨城大学グリーンデバイス教育・研究センターでは、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低環境負荷社会の実現に向け、携帯電話、デジタル家電、コンピュータの大幅な省電力化を目的とした 1) 超高速・低消費電力 LSI の開発および 2) 磁気メモリの高密度化・高機能化の研究開発、HEV/EV や新幹線/近郊電車の小型軽量・省エネ化を目的とした 3) パワー半導体デバイスの高温化を目指した高温半導体の開発、廃熱を電気に変換するための 4) 高効率熱電変換素子の開発を行っております。

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ておりますが、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広く認知してもらうため、上記 1) 2) 3) および 4) を組み合わせてさらに付加価値の高い新しい技術開発の可能性を探ってまいります。

本年度におけるグリーンデバイス教育・研究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 等の外部資金が合計約 2 億 3 千万円、査読付学術論文が 25 編が上げられます。

H26 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」

(大貫 仁, 篠嶋 妥, 永野隆敏, 稲見 隆, T. Konkova, 柯 一青, 玉橋邦裕,
千葉秋雄, 滑川 孝, 武田茂樹, 小峰啓史, 菅原良孝, 杉田龍二, 島影 尚,
池田輝之, 太田弘道)

－ 1 －

2. プロジェクト業績

業績一覧

－ 7 －

1.研究報告

グリーンデバイス開発研究

代表者：大貫 仁

メンバー：篠嶋 妥，永野隆敏，稲見 隆，T. Konkova，柯 一青，玉橋邦裕，千葉秋雄，滑川 孝，
武田茂樹，小峰啓史，菅原良孝，杉田龍二，島影 尚，池田輝之，太田弘道

研究概要

本研究プロジェクトでは、主として環境対応デバイスの高機能化、高性能化、高速化を目指した研究を行っている。具体的には、本プロジェクトは、1)超高速・超消費電力LSI用ナノ界面制御超低抵抗率 Cu 配線技術の確立、2)高温半導体実現のための高信頼性実装技術の開発、3)低消費電力磁気メモリの開発、および4)熱電素子からなる。

1)に関しては、めっき材料の超高純度化により、現状純度の硫酸銅を用いた Cu 配線に比べ抵抗率を 30%以上低減することに成功した。2)では、300℃まで耐えられる超塑性ボイドフリーAl-Znはんだを開発した。3)では、情報機器の省電力化を目的とした磁壁移動型メモリ用としてのフェリ磁性体のスピン分極率に関する研究を行った。4)では、中温度域での熱電性能指数の高い PbTe 中の熱電性能に大きく影響する Na の固溶限を明らかにした。

成果

1)超高速・超消費電力 LSI 用ナノ界面制御超低抵抗率 Cu 配線技術の確立

微細配線の作製法には IBM が提唱し、デフォルトスタンダードになっているダマシンプロセスという Cu めっきによる配線溝への埋め込み法を採用している。めっき法で数 10nm 以下の微細 Cu 結晶からなる細線を形成し、その後熱処理により大粒径の結晶を成長させるが、従来のめっき法では、所望の結晶を成長させることができない。詳細に解析すると、めっきに含まれる極微量不純物が結晶成長を阻害していることがわかった。応募者は、”超高純度めっきプロセス”で作製すると、大粒径の結晶成長が促進されることを世界に先駆けて明らかにした。結果の一部を図 1 に示す。めっき主成分の硫酸銅の純度を現行の 99.9999% (6 Nine) から 99.9999999% (9 Nine)に向上させた”超高純度めっきプロセス”で作製すると、配線の電気抵抗

を 30%低減ができる²⁾。この抵抗は図 2 に示す配線遅延に当てはめると、遅延を 30%程度低減させることが可能、すなわち動作速度を現状最高純度品に比べ 1.4 倍向上させることが可能で

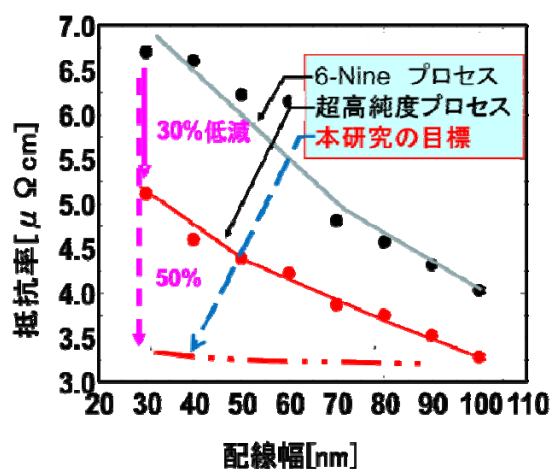


図 1 抵抗率に及ぼす配線幅の影響

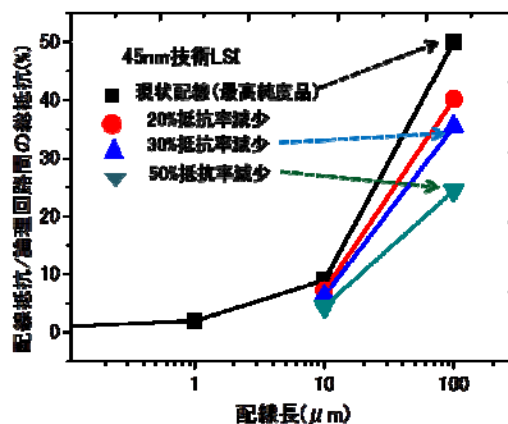


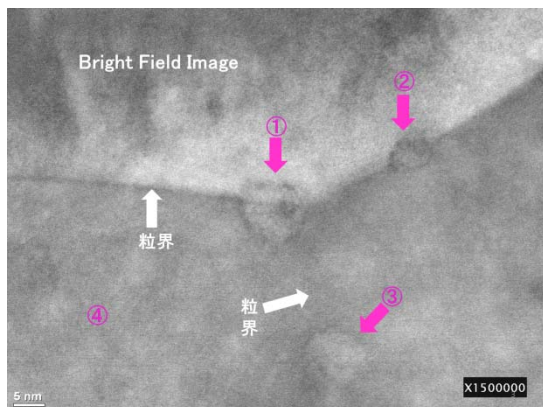
図2 配線遅延に及ぼす配線抵抗率の影響
配線遅延=配線抵抗/論理回路間の総抵抗

ある。目標とする 50%の抵抗率低減が可能になれば、動作速度を 2 倍に向上できる。

次に、微細ナノ粒界に存在する極微量不純物の特定と、その元素の由来と熱処理時における粒成長抑制メカニズムを明確にして、最終的には有

害不純物除去プロセスを開発する必要がある。

図3は、超高純度 9N 硫酸銅を用い、添加剤を使用して作製した幅 50nmCu 配線の粒界 3 重点近傍の収差補正 STEM 像を示す。この図で、ピンクの矢印は不純物を示し、白い矢印は粒界を示している。粒界 3 重点の不純物①および②の EDX 分析を行った結果、酸素、塩素、鉄、チタ



ン、亜鉛が検出された。

図3 粒界の不純物像

一方、粒内④には酸素と亜鉛のみが検出された。これらの結果から、結晶粒界には鉄、チタン、亜鉛の金属元素と塩素酸(CIO)からなる化合物が生成して熱処理時のピン止効果により、粒成長を妨げていると推定される。以上のように、C 1, O およびこれらの金属との化合物が熱活性による粒界移動を妨げると推定されるが、1) 金属元素の中で、何が最も有害か、またこれらの元素は主として硫酸銅から混入すると考えられるが、どのようにすれば除去できるのか、2) Cl および酸素はどこからどのようにして混入するのか、硫酸銅からか？、添加剤からか？、を明確にして、金属元素、塩素および酸素のほとんど混入しないめっきプロセス（硫酸銅、添加剤の組成等）を構築すれば、均一・大粒径を有し、抵抗率が現状最高純度品に比較して 50%低い超微細 Cu 配線が実現できると考えられる。

2)高温半導体実装技術

環境クリーン化の観点から、化石燃料を動力とする各種エンジン機関から電気を使用するモータへの切り換えが急速に進み、ハイブリッド自動車、電気自動車用のモータ駆動装置（インバータ装置）の小型・軽量化、高信頼化および高出力化技術の開発が強く望まれている。また、太陽光発電や風力発電等の再生可能エネルギーを電力系統に連結し、それらの電力変動を電力系統に連結した大型蓄電池や多数の電気自動車電池などで安定化させるスマートグリッド構想が進められ、系統連結用インバータの小型・軽量化、高信頼化および高出力化技術開発が強く望まれている。表1にパワーデバイスの開発トレンドを示す。表に示すように省エネルギー化のためには、デバイスのパワー損失密度を現状の 1/100 以下に低減し、同一の電気出力を小型・軽量で実現させる必要がある。また高出力化のためには、出力時の高い発熱に耐えるようにデバイスの耐熱性(高温動作温度)を現状の 150℃から 400℃位まで向上させる必要がある。デバイスの耐熱性向上は、デバイスの冷却方式を水冷から空冷に変更することを可能にし、冷却装置の大幅な小型軽量化を実現させる。このためには、心臓部である IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)モジュールおよび MOS-FET 等のパワー半導体デバイスの素材を現在の Si 半導体ではなく、高耐熱性の SiC 半導体にすることが不可欠である。このためには、心臓部である IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)モジュールおよび MOS-FET 等のパワー半導体デバイスの素材を現在の Si 半導体ではなく、高耐熱性の SiC 半導体にすることが不可欠である。しかし、パワー半導体デバイスの高温化を困難にしているのは、デバイスそれ自体ではなく、上記の高温に耐える周辺材料が未開発であること

表1 パワーデバイスの開発トレンド

	2010	2015	2020
パワー損失密度 (省エネ)	1	1/100 ~ 1/1000	
耐熱性 (実出力)	~150℃	200~250℃	300~400℃
半導体デバイス	Si	ダイオード SiC	MOS-FET IGBT
はんだ合金等の 耐熱性	200℃	300℃	400℃
はんだ材料	高純度 Pb はんだ	Au および Ag-Cu 系 高純度 はんだ 超導性 はんだ	

による。特に、高温半導体デバイスを実装支持基板に電氣的・熱的・機械的に接合する Pb フリー高温はんだ材料が**未開発**であることが大きな障害となっている。

図4に SiC デバイスモジュールの模式図を示す。SiC デバイスの裏面は SIN 絶縁基板を介して高温はんだにより、放熱用 Cu 基板に接続され、表面はワイヤボンディングにより、Cu 電極に接続され、更に高温はんだにより、外部端子が Cu 電極に接続された構造である。

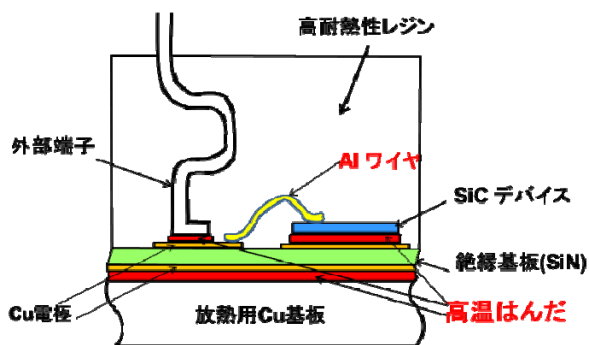


図4 SiCデバイスモジュールの模式図と接合対象部

これらのことから、本研究では、1)ボイドフリー高温はんだの開発および 2)太線アルミワイヤボンディング部の信頼性向上について検討した。

a)ボイドフリー高温はんだの開発

本研究では、熔融接合と固相接合とを併せ持つ。すなわち、低加圧力下でのボイドフリー接合を可能にするために、図5に示すように超塑性を発現でき、しかも融点が 430℃と高い共析 Al-78wt%Zn 合金に着目し、超塑性を接合に適用した。

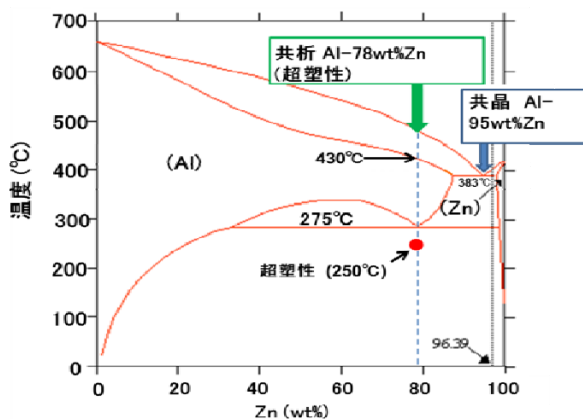


図5 Al-Zn 2元状態図

図6に超塑性を利用した Cu 基板の接合プロセスを示す。(a)に示すように、Ni めっきを施した Cu 基板の間に Al-78wt%Zn 合金を挟み、10MPa の低い圧力で加圧した状態において、(b)に示すように、250℃に 10 分間加熱保持して、超塑性を発現させ、はんだ変形による Cu/はんだ接合界面の清浄化とボイドフリーの高密着化を促進した後、(c)に示すように 350～430℃に温度を上昇させ、Cu とはんだの相互拡散を促進して接合を完了する方法である。雰囲気は Ar, N₂ で良い。

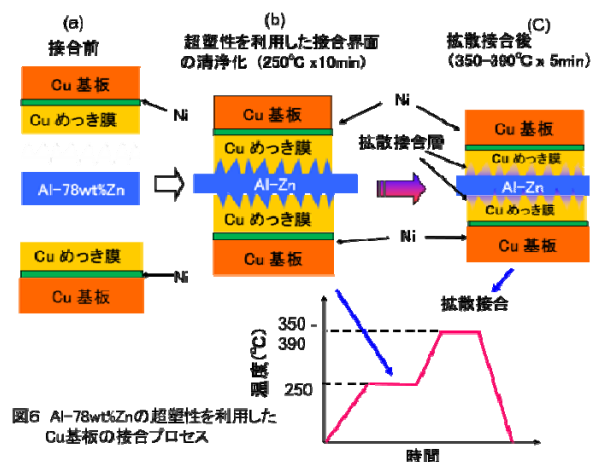


図6 Al-78wt%Znの超塑性を利用した Cu基板の接合プロセス

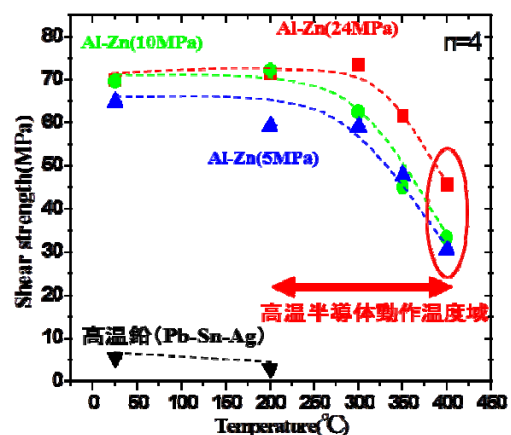


図7 Al-Zn はんだ接合部の高温強度

図7に加圧力を 10MPa と一定にして接合した試験片について温度を室温から 400℃までかえて強度を評価測定した結果を示す。接合強度は室温から

300℃までは 70MPa とほぼ一定で、より高温領域で温度とともに低下する。同図には代表的高温Pb系はんだの強度(200℃まで)を併記した。目標の300℃では、Al-Zn はんだは 10 倍以上の強度をもっていることがわかる。

b)SiC 高温半導体と SiN 絶縁基板との接合および信頼性

本研究では、図 8 に示すように SiC と SiN 基板とを Al-Zn はんだで接合した。

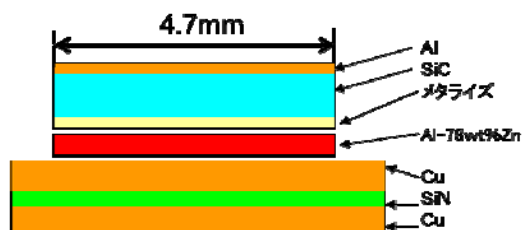


図 8 接合部の構造

図 8 に示す接合部の接合後信頼性試験(50℃～300℃, 100 サイクル)を行った後のクラック発生状況を断面 SEM で評価した。はんだと Cu/SiN/Cu 絶縁基板との境界および SiC とはんだ層との境界においてクラックは発生せず、良好な接合部が得られた。

c)高信頼性アルミワイヤの開発 最適ボンディング条件の確立

溶体化および時効処理した直径 400μm の Al-0.2mass%Cu-0.1mass%Mg ワイヤを用いて荷重、超音波出力および接合時間を変化させ、IGBT チップに超音波ボンディングし、ゲートエミッタ間の電圧を測定することによってダメージの有無を評価した。その結果、下記に示すように、ダメージが発生しない条件を確立できた。

ボンディング条件：

ワイヤ：直径 400μm-Al-0.2mass%Cu-0.1mass%Mg 荷重：

1200g, 超音波出力：115 目盛, 超音波印加時間：250ms

表1 ボンディング時のチップダメージの評価結果

	IGBT モジュール 数	ボンディング部の数	ダメージ発生数
600V IGBT モジュール	20	1440	0

Al-0.2mass%Cu-0.1mass%Mg ワイヤワイヤボンディング部の信頼性

上記条件下でワイヤボンディングした接合部の信頼性試験(50℃～150℃, ΔT=100℃, 100℃～200℃, ΔT=100℃)を行い、Al-Ni ワイヤボンディング部と比較した。結果を図 9 に示す。Al-0.2mass%Cu-0.1mass%Mg ワイヤボンディング部の信頼性は Al-Ni ワイヤボンディング部の信頼性より十分に高いことが分かる。

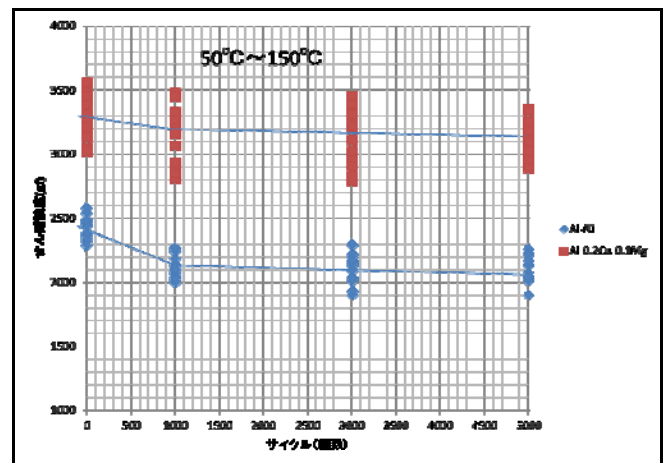


図 9 ワイヤボンディング部の信頼性

3)低消費電力磁気メモリの開発

情報量の爆発的な増大から、情報機器の省電力化は急務の課題である。現在、低消費電力動作の観点から不揮発性メモリを混載した LSI の

研究開発が検討されている。磁気を利用した不揮発性メモリはその候補の一つであり、最近 Everspin Technologies によってスピン注入型 MRAM (STTMRAM) が初めて製品化された。STTMRAM は、1T1MTJ から構成されるが、セル面積がフラッシュメモリなどに比べて大きく、高密度化、それに伴う熱安定性、また多値化への目処も立っていない。本研究では、熱安定性を維持しつつ高密度化・多値化への要求に柔軟に対応可能な磁壁移動型メモリの研究開発を行う。提案するメモリ構造を図 10 に示す。メモリ動作に必要なデータ転送層及びそのデータの熱安定性を確保する安定化層からなる構造を提案しており、本年度は、低電流駆動に必要なデータ転送層用材料であるフェリ磁性体のスピン分極率に関する検討を行った。

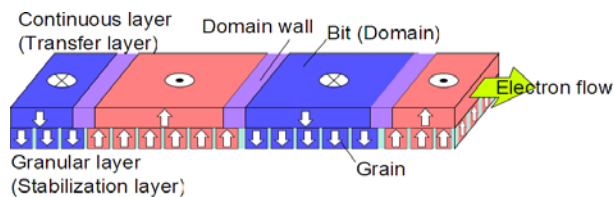


図 10 高密度化を可能にする二層構造セル

本研究で提案するナノワイヤセルの材料である TbFeCo 薄膜の作製及び多値ビットの読み出し方法の候補としての磁壁抵抗測定を試みた。RF マグネトロンスパッタリング装置を用いて垂直磁化 TbFeCo 薄膜を作製した。フォトリソグラフィ及びリフトオフを用いて、TbFeCo 細線試料を作製し、TbFeCo の磁壁抵抗を調べた。磁壁抵抗の大きさはスピン分極率と関係することが Levy と Zhang によって理論的に示されており (PRL 1997)、本研究ではメモリ動作に必要な磁壁抵抗が現れるかどうかを確認し、磁壁抵抗測定を通じて磁壁移動に必要なスピン分極率が得られるかどうかを評価した。作製した素子の光学顕微鏡写真を図 11 に示す。

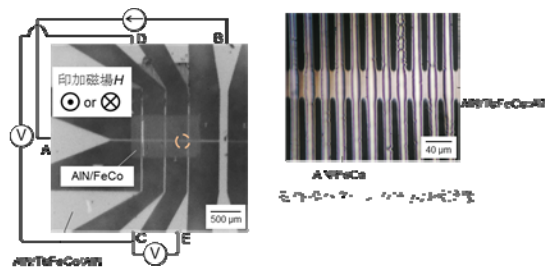


図 11 磁壁抵抗測定素子の光学顕微鏡像

細線状素子は AlN 保護膜を有する AlN/TbFeCo/AlN の積層膜であり、ICP 発光分析などからフェリ磁性体の補償組成よりも遷移金属 rich な組成であることがわかっている。また、素子の一部に形成した AlN/FeCo のラインパターン (L/S) はその場所に磁束を集中させ、磁壁を導入するために付与したものである。この原理は磁気転写として我々の研究グループが開発してきた技術でもある。保磁力程度の磁場を印加すると、磁化反転領域が L/S パターンに対応するため、結果として、C-E 間には計 50 個の磁壁が導入される。素子の A-B 間に測定電流を流し、C-E 間の抵抗の磁場依存性を測定した。素子の磁気抵抗を図 12 に示す。

磁場強度の増加とともに抵抗が下がっており、

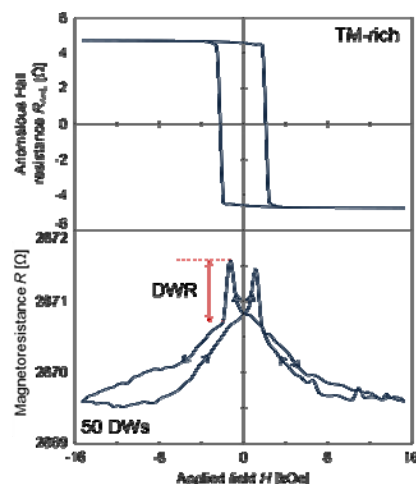


図 12 TbFeCo 細線の磁気抵抗

これは一般的な異方性磁気抵抗効果であると考えられる。一方、保磁力近傍で抵抗が急峻に変化しており、この急峻に変化する部分は磁壁が導入されたことによる磁気抵抗であると考えられる。磁壁一つ当たりの磁気抵抗から、Levy-Zhang の理論に沿ってスピン分極率を見積もると、約 0.16 であることがわかる。また、磁壁部のみであれば、30% 程度の磁気抵抗比を示しており、高密度ビットが可能になれば、十分な S/N 比も確保できる。以上の結果から、フェリ磁性体でも十分にスピン偏極した電流が流れていることを示しており、記録されたビット列に応じて、抵抗が段階的に変化することに対応する。抵抗の読み出しの場合、従来提案されている四端子構造よりも簡便な二端子素子による信号読み出しが可能である。

また、二層膜の磁気特性が電流誘起磁壁移動に及ぼす影響の数値解析(JAP2013)を行ったところ、飽和磁化が大きい材料の場合、二層間の静磁気結合が様々な磁壁移動モードを生み出し、メモリ動作に影響を及ぼすことが分かった。そのため、今後は、磁気異方性の高い材料と低い材料を組み合わせた二層膜による熱安定性及びメモリ動作の安定化を図る予定である。

4) 熱電素子

熱電材料は廃熱から電気エネルギーを生産できる優れた機能をもつことから、今日のエネルギー問題解決のための重要な鍵の一つとして、今後益々重要性を増すと考えられる。

PbTe は中温度域 (400–500°C) での熱電性能指数の高い材料として知られている。最近、Na ドープが高い性能指数を与えることが報告されているものの、PbTe 中の Na の固溶限はよく分かっていない。

本年度は、PbTe 中の Na の固溶限を調べる実験を行い、図 13 の結果を得た。

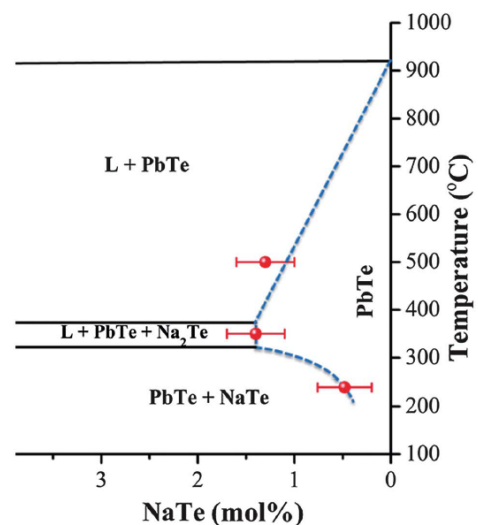


図 13 PbTe-NaTe 系状態図の PbTe リッチ側

これまで、2% 付近までドープする実験が行われているが、2% の溶解は平衡状態においては安定ではないことがわかる。また、低温ほど固溶度は小さく、実際に固溶度の低下を反映すると考えられる析出物の生成も見られた。

固溶度 x_B の温度依存性から、

$$x_B^{\alpha} = A \exp \left(-\frac{\Delta H_s}{RT} \right)$$

に基づき溶解エンタルピーを求めると 26 kJ mol⁻¹ である。この値は PbTe への Sb₂Te₃ (22 kJ mol⁻¹) や Ag₂Te (42 kJ mol⁻¹) の溶解と同じオーダーである。このことは、PbTe 中に NaTe の析出を起こさせる場合の化学的駆動力が、Sb₂Te₃ や Ag₂Te の析出の場合と同程度であることを意味する。したがって、Sb₂Te₃ や Ag₂Te と同様、ナノサイズの析出物の生成が期待できる。

2.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, *Mater. Trans.* Vol. 54, No. 2 (2013), pp. 255-259
- 2) Takatoshi Nagano, Yasushi Sasajima, Kunihiro Tamahashi and Jin Onuki, *ECS Electrochemistry Letters* Vol. 2 (2013) pp. H23-H25
- 3) Yiqing Ke, Tatyana Nikolaevna Konkova, Sergey Mironov, Kunihiro Tamahashi, and Jin Onuki, *Thin Solid Films*, Vol. 539 (2013) pp. 207-214
- 4) Yasushi Sasajima, Takatoshi Nagano, and Jin Onuki, *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, Vol. 2 (2013) P. 351-P. 356
- 5) Takashi Inami, Kishio Hidaka, Shohei Terada and Jin Onuki, *ECS Electrochemistry Letters*, Vol. 2 (2013) pp. D49-D51
- 6) Keisuke Ozaki, Toshiki Kurosu, and Jin Onuki, *Electrochemistry*, Vol. 82 (2014) pp. 100-1-3
- 7) Jin Onuki, Yasushi Sasajima, Kunihiro Tamahashi, Ke-YiQing S. Terada, K. Hidaka, and Shinji Itoh, *J. Electrochem. Soc.* Vol. 160 (12) (2013) D3266-D3270
- 8) S. Suzuki, H. Shimakage, A. Kawakami, A. Saito, M. Takeda, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Vol. 23 (2013) pp. 1051-8223
- 9) H. Shimakage, and Z. Wang, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Vol. 23 (2013) pp. 1051-8223.
- 10) A. Ooba, T. Komine, and R. Sugita, *J. Appl. Phys.* Vol. 113 (2013) 203915/pp. 1-3
- 11) M. Ito, A. Ooba, T. Komine, and R. Sugita, *J. Magn. Magn. Mater.* Vol. 340 (2013) pp. 61-64
- 12) J. Kajitani, T. Komine, and R. Sugita, *IEICE Trans. Electron.* Vol. E96-C, No. 12 (2013) pp. 1515-1519
- 13) N.A. Heinz, T. Ikeda, Y. Pei, G.J. Snyder, *Adv. Func. Mater.*, 2013, DOI: 10.1002/adfm.201302899.
- 14) S.A. Yamini, T. Ikeda, A. Lalonde, Y. Pei, S.X. Dou, G.J. Snyder, *J. Mater. Chem.*, Vol. 1A (2013), pp. 8725-8730.
- 15) Yiqing Ke, Takakshi Namekawa, Kunihiro Tamahashi, Takashi Inami and Jin Onuki, EBSD analysis of microstructures along the depth direction in very narrow Cu wires. *Electrochemistry*, Vol. 81, No. 4 pp. 246-250
- 16) Tatyana Konkova, Yiqing Ke, Sergey Mironov and Jin Onuki, Structural response of nano-scale damascene copper lines to annealing, *Electrochemistry* Vol. 81 (2013) pp. 616-622
- 17) 田代 優, 門田裕行, 伊藤雅彦, 村中誠志, 大貫 仁, 超高純度Cu陽極の含リン化が8インチウエハへの超高純度めっきプロセスにおける異物汚染および形成したCu配線の抵抗率に及ぼす影響, *日本金属学会誌* Vol. 77 (2013) p. 503-508
- 18) Yasunori Chonan, Takashi Aoyama, K.P. Khoo, and Jin Onuki, Influence of minimum barrier metal thickness at trenches on void formation in 50-nm-wide Cu wiring, *Electrochemistry*, Vol. 82 (2014) pp. 26

【学会発表】

- 1) Daiki Eguchi, Takatoshi Nagano, Nobuhiro Ishikawa, Kunihiro Tamahashi, Kishio Hidaka, Yasushi Sasajima, Jin Onuki; “Pinning effect of Fe(ClO) compounds on Cu grain growth in very narrow Cu wires : ab initio calculation and Cs-corrected STEM observation”, 第23回日本MRS年会, poster R-P9-001, H25. 12. 9

【特許】

- 1) 発明者：大貫 仁, 篠嶋 妥, 永野隆敏, 玉橋邦裕, 千葉秋雄 出願人：国立大学法人茨城大学, 発明の名称：「半導体集積回路装置及びその製造方法, 並びに該半導体集積回路装置に使用する低抵抗率銅配線の探索方法」, 出願番号：特願 2013-101708
- 2) 発明者：大貫 仁, 藤井 功隆, 竹口 俊輔, 石川 佳樹, 山本 厚, 出願人：国立大学法人茨城大学, 日本ピストンリング(株), 発明の名称：「ボンディングワイヤ, 接続部構造, 並びに半導体装置およびその製造方法」, 出願番号：特願 2013-226459
- 3) 発明者：大貫 仁, 玉橋 邦裕, 藤井 功隆, 出願人：国立大学法人茨城大学, 日本ピストンリング(株), 発明の名称：「パワー半導体用アルミニウムワイヤ及び該アルミニウムワイヤを用いた半導体装置, 並びに該アルミニウムワイヤの探索方法」, 出願番号：PCT/JP2013/065302
- 4) 発明者：大貫 仁, 藤井 功隆, 竹口 俊輔, 石川 佳樹, 山本 厚, 出願人：国立大学法人茨城大学, 日本ピストンリング(株), 発明の名称：「ボンディングワイヤ, 接続部構造, 並びに半導体装置およびその製造方法」, 出願番号：特願 2013-226459
- 5) 発明者：大貫 仁, 藤井 功隆, 竹口 俊輔, 石川 佳樹, 山本 厚, 出願人：国立大学法人茨城大学, 日本ピストンリング(株), 発明の名称：「BONDING WIRE, CONNECTION STRUCTURE, SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURING METHOD OF SAME」, 出願番号：EP 出願 13193402.8
- 6) 発明者：Teruyuki Ikeda, Jeffrey Snyder, 出願人：独立行政法人科学技術振興機構, カリフォルニア工科大学, 発明の名称：「Method of manufacturing thermoelectric material, thermoelectric material, and thermoelectric conversion element」, 米国出願番号：U.S. Patent Application No. : 13/431,107 (国内出願「熱電材料の製造方法, 熱電材料及び熱電変換素子」, 出願番号：特願 2013-540140)
- 7) 発明者：篠嶋 妥, 大貫 仁, 田代 優, クウ キュウ ピン, 出願人：国立大学法人茨城大学, 発明の名称：「半導体集積回路装置及びその製造方法」, 韓国特許 10-1278235 号 (PCT 出願)

【受賞等】

- 1) 受賞者名：大貫 仁, 受賞名：日本金属学会第 52 回 谷川・ハリス賞, 授与者：日本金属学会, 受賞日：2013/3/27
- 2) 受賞者名：大貫 仁, 受賞名：茨城大学学長学術表彰優秀賞, 授与者：茨城大学, 受賞日：2013/10/19

【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 25 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)【シーズ育成タイプ】、「超高速・超低消費電力 LSI 向けナノ界面制御超低抵抗率 Cu 配線技術の確立(2014 年度～2017 年度)」, 研究経費 180,150 千円, 研究代表者：大貫 仁
- 2) JST A-STEP ハイリスク挑戦タイプ(復興促進型)タイプⅡ, 「次世代 SiC パワー半導体用ボイドフリー超塑性はんだの開発」, 研究代表者：大貫 仁(2014 年度), 20,000 千円
- 3) JST A-STEP フィージ ビリテスタデフィージ シーズ顕在化タイプ, 「一方向性気孔を利用した高効率熱電変換材料の創出およびシステムの確立」, 研究責任者：池田輝之(2014 年度), 8,000 千円
- 4) JST 戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発 (ALCA), 「一方向気孔をもつ多孔質熱電材料による高効率熱発電」, 研究代表者：池田輝之(2014 年度), 150,000 千円
- 5) 田中貴金属 貴金属に関する研究助成金, 「LSI 用極細 Cu 配線のためのバリアメタル探索」, 5,000 千円, 研究代表者：篠嶋 妥

- 6) 軽金属奨学会,「アルミニウム合金における照射エネルギーを利用した組織制御プロセスの探索」, 250 千円, 研究代表者: 篠嶋 妥
- 7) JST A-STEP フィージビリティスタディステージ 探索タイプ,「X 線回折を用いた次世代高速 LSI 用 Cu 微細配線のナノ粒径制御システムの構築」, 研究責任者: 稲見 隆(2013 年度), 1,700 千円
- 8) カシオ科学振興財団,「フェリ磁性体積層ナノワイヤにおける電流誘起磁壁移動の高速化に関する研究」, 1,000 千円, 研究代表者: 小峰 啓史
- 9) 泉科学技術振興財団,「ナノインプリントリソグラフィを用いたシート状エネルギー変換素子の開発」, 1,000 千円, 研究代表者: 小峰 啓史
- 10) 島津科学技術振興財団,「超高精度・広ダイナミックレンジ磁気スケールの短時間形成に関する研究」, 1,000 千円, 研究代表者: 小峰 啓史
- 11) 材料科学技術振興財団,「新規電界効果型熱電素子による熱電性能向上に関する研究」, 1,000 千円, 研究代表者: 小峰 啓史
- 12) 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, 研究代表者: 小峰 啓史
- 13) JST 先端計測分析技術・機器開発プログラム,「超高精度・広ダイナミックレンジ磁気スケールの短時間形成に関する機器開発」, 80,000 千円, 研究代表者: 小峰 啓史

2. 申請した科学研究費補助金

- 1) 文部科学省 平成 26 年度 特別推進研究,「高度ナノ界面制御による超高速・高機能システム LSI 用 Cu 配線基盤技術の開発」, 3,747,500 千円, 2014 年度～2018 年度, 研究代表者: 大貫 仁
- 2) 文部科学省 平成 26 年度 基盤研究(B),「高エネルギー非平衡状態を利用した熱電材料のナノ構造化と新機能」, 20,000 千円, 2014 年度～2016 年度, 研究代表者: 池田輝之
- 3) 文部科学省 平成 26 年度 挑戦的萌芽研究,「一方向性気孔をもつ多孔質熱電材料を用いた流体フロー型熱発電」, 5,000 千円, 2014 年度～2015 年度, 研究代表者: 池田輝之
- 4) 文部科学省 平成 26 年度 基盤研究(C)「計算機実験を先導的に活用した最適熱処理方法の探索」, 4,315 千円, 2014 年度～2016 年度, 研究代表者: 篠嶋 妥
- 5) 文部科学省 平成 26 年度 基盤研究(B)「次世代高機能システム LSI における線幅 50nm 以下微細銅配線の結晶粒径評価」, 15,660 千円, 2014 年度～2016 年度, 研究代表者: 稲見 隆
- 6) 文部科学省 平成 26 年度 挑戦的萌芽研究,「次世代高機能システム LSI 用 TSV の結晶粒径評価法の確立」, 4,800 千円, 2014 年度～2015 年度, 研究代表者: 稲見 隆

3. 採択された競争的資金等の外部資金

- 1) 平成 25 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)【シーズ育成タイプ】、「超高速・超低消費電力 LSI 向けナノ界面制御超低抵抗率 Cu 配線技術の確立(2014 年度～2017 年度)」, 研究経費 180,150 千円, 研究代表者: 大貫 仁
- 2) JST A-STEP ハイリスク挑戦タイプ(復興促進型)タイプⅡ, (2014 年度), 19,000 千円, 研究代表者: 大貫 仁
- 3) 平成 26 年度(第 36 回)研究助成, (公財)日本板硝子材料工学助成会,「高エネルギー非平衡状態を介したナノコンポジット熱電材料の創製」, 研究代表者: 池田輝之, 1,200 千円
- 4) 平成 25 年度研究助成(一般研究), (公財)東電記念財団,「新しい熱発電技術のための一方向気孔をもつ熱電材料の創製」, 研究代表者: 池田輝之, 1,000 千円
- 5) 平成 25 年度研究助成(公財)中部電気利用基礎研究振興財団,「バルク熱電半導体におけるナノ構造の制御

- と新機能」, 研究代表者:池田輝之, 2,550 千円
- 6) 平成 25 年度粉体工学に関する研究のための研究費助成(研究助成), (公財) ホソカワ粉体工学振興財団, 「非平衡微粉化プロセスを利用した高効率ナノコンポジット熱電材料の創製」, 研究代表者:池田輝之, 800 千円
- 7) 平成 25 年度第 28 回材料科学研究助成金, (公財) 日立金属・材料科学財団, 「自己組織化反応を利用したナノ構造化シリサイド熱電材料の創製」, 研究代表者:池田輝之, 800 千円
- 8) 平成 25 年度研究助成, (公財) 谷川熱技術振興基金, 「高効率廃熱発電をめざす熱電材料の多孔質化」, 研究代表者:池田輝之, 1,000 千円
- 9) 2013 年度半導体理工学研究センターIS テーマ, 「電流誘起磁壁移動を利用した多値ビット不揮発性メモリ」, 研究代表者:小峰 啓史, 2,000 千円
- 10) NEDO 先導的産業技術創出事業「超高効率 1 次元量子ナノワイヤー熱電変換素子の開発」, 50,000 千円, 2010 年度～2013 年度, 研究代表者:埼玉大学 長谷川靖洋, 研究分担者:小峰 啓史
- 11) 軽金属学科 教育研究資金・研究補助金「アルミニウムにおける水素粒界偏析の第一原理計算」, 150 千円, 研究代表者:永野隆敏

4. 採択された科学研究費補助金

- 1) 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」 14,600 千円, 2013 年度～2015 年度, 研究代表者:大貫 仁
- 2) 文部科学省 平成 25 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 2012 年度～2014 年度, 研究代表者:田代 優
- 3) 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」 5,200 千円, 2013 年度～2015 年度, 研究代表者:小峰 啓史
- 4) 文部科学省 平成 25 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, 2013 年度～2015 年度, 研究代表者:杉田 龍二
- 5) 文部科学省 平成 25 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, 研究代表者:埼玉大学 長谷川靖洋, 研究分担者:小峰 啓史
- 6) 文部科学省 平成 25 年度 若手研究(B), 「 β -FeSi₂ 表面磁性発現の研究」, 1,300 千円, 2012 年度～2013 年度, 研究代表者:永野隆敏

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

2013年度報告書

発行日 平成 26 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

茨城大学重点研究

<http://www.ibaraki.ac.jp/generalinfo/activity/researching/juuten/>

茨城大学工学部附属教育研究センター

<http://www.eng.ibaraki.ac.jp/research/centers/index.html>

グリーンデバイス教育研究センター

<http://www.eng.ibaraki.ac.jp/research/centers/device/index.html>