

プロジェクト事前評価報告書

評価委員会開催日：平成22年3月26日

評価委員：（敬称略、五十音順）

天野 浩 名城大学 理工学部 教授
 水島公一 東芝リサーチ・コンサルティング（株） シニアフェロー
 武藤俊一 北海道大学大学院 工学研究科 教授
 山部紀久夫 筑波大学大学院 数理物質科学研究科 教授

確定年月日：平成22年6月24日

プロジェクト名	ナノ構造制御による低消費電力型磁性・スピントロニクス材料の開発に関する研究（「省エネ磁性材料の研究開発」に改題）
研究責任者の所属・役職・氏名	磁性材料センター センター長 宝野和博
実施予定期間	平成23年度～平成27年度
研究目的と意義	ナノテクノロジーを駆使して、省エネルギーやエレクトロニクス産業に貢献できる新規の磁性材料とそのデバイスの開発を目指す。磁化反転やスピン散乱を制御するために、磁性体とその複合体のナノ構造を高度に制御し、省エネルギーに貢献する磁石材料、超高密度磁気記録媒体、再生ヘッド材料、低消費電力型メモリ、次世代演算素子の開発を目指す。また、デバイス構築のナノ構造制御に必須の技術となる3DAP（3次元アトムプローブ）、TEM（透過電子顕微鏡）などのナノ解析技術を発展させる。磁性材料は外部からのエネルギーなしに磁場を取り出すことができたり、電源を切っても記録した情報を保持することができる（不揮発）ので、磁性材料を用いた機器やデバイスにより電気自動車・発電・データストレージの省エネルギーに大きく貢献することができる。
研究内容	磁性体および磁性体と非磁性体から構成される材料ならびに人工積層構造とそれらの界面構造・組成をナノスケールで制御することにより、優れた特性を持つ磁石材料、超高密度磁気記録媒体、再生ヘッド材料、低消費電力型メモリの開発を行う。また磁気抵抗や磁壁移動に適した強磁性材料の探索も同時に行う。これらの探索材料を用いて、磁石特性、磁気記録特性、再生・記録特性、不揮発メモリ特性を発現する構造体を様々なプロセスにより構築する。また、デバイス構築のナノ構造制御に必須の技術となる3DAP、TEMなどのナノ解析技術を発展させる。
ミッションステートメント（具体的な達成目標）	省エネルギーに大きく貢献する磁性材料と磁気デバイスの開発。(1)重希土類元素を用いない高保磁力磁石の開発、(2)4 T（テラ=兆）bit/in ² 対応のFePt系熱アシスト磁気記録媒体の開発、(3)室温MR（磁気抵抗）比>100のCPP-GMR（膜垂直通電型巨大磁気抵抗）素子開発とそのマイクロ波発振、局所スピバルブなどの4 Tbit/in ² 対応記録再生ヘッドの基盤技術、(4)電流スピン分極率(P)>0.75の強磁性ハーフメタルの探索、(5)Spin-MRAM（磁気記録式随時書き込みメモリ）の基盤技術となる10 ⁵ A/cm ² 台の低電流密度書込可能なTMR（トンネル磁気抵抗）素子、室温TMR>1000%の巨大TMR素子、ダイオード特性を有する2重トンネル接合素子の開発、(6)Si基板上に作製された磁気抵抗素子で室温磁気抵抗比>200%の達成、(7)磁壁移動型メモリ基盤技術、(8)ナノ解析による上記材料・デバイスの機能発現メカニズムの解明、を目指す。

この事前評価は課題提案の最初の段階で行ったものです。特に事前評価は厳しく評価をしてもらっています。この結果を基に研究内容・計画等をブラッシュアップして、プロジェクトは実施されます。

【評価項目】	コメント
<p>①プロジェクトの目的、ミッションステートメント {優れている点、内容が不足している点、目的や目標を絞る必要はないか、達成目標が高すぎる（低すぎる）か、既存プロジェクトとの重複（差別化）、など}</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・それぞれ重要なテーマであり、現段階で目的や目標を絞る必要はない。 ・磁性材料、スピントロニクスによるMRAM、新規磁気デバイスによるロジックのいずれも重要な課題であり、これまで優れた研究成果が得られている実績があるので、期待できる。 ・モーターから高密度記録まで多岐に亘るが、全て将来の省エネルギーを見据えた意義あるプロジェクトである。 ・磁性材料に関して、幅広い陣容が整っている。創製から解析まで、高いレベルを有している。注目を浴びている磁性材料に関して、プロセスなどの既存技術より、基礎材料科学に力点を置き、多様な展開の可能性を有している。 ・緊急性の高いHV（ハイブリッドカー）・EV（電気自動車）用磁性材料やHDD（ハードディスクドライブ）用磁性材料の開発に加え、新規デバイスの開発が目標とされている。後者に関してはその実用化が読みきれないものもあるが、ぜひトライしてほしい研究課題である。 ・実用化の点で不安はあるが、プロジェクトの目標としては妥当である。 ・他機関の取り組みとの差別化は必要であるが、現段階で特段の問題は認められない。 ・応用展開の点で、効果に関する数値的な説明がほしい。 ・MRAMとナノワイヤの磁化反転電流密度の目標値が2ケタ異なる理由の説明が必要である。
<p>②プロジェクトの意義 （学術的レベル、技術的レベル、社会的価値、経済的価値、将来新しい研究開発分野となるか、実用材料につながるか、産業界にとって重要か、重要特許になりうるか、など）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・社会的にも重要なテーマであり、学術的レベルも高い。 ・HV・EV用磁性材料やHDD用磁性材料開発の意義については議論の余地はない。近未来メモリとして期待されるMRAMなどの素子を、これまでの視点とは異なる材料制御的観点から開発することも有意義と考える。 ・本プロジェクトは、低電力消費化の一つのアプローチとして、産業界にとって重要である。 ・このプロジェクトは、Dyを代替するモーター用磁性材料や超高密度記憶など応用の可能性が多岐に亘るが、全て将来の省エネルギーを見据えた意義あるものである。 ・注目を浴びているだけに、競争も激しく、技術動向の変化をしっかりと把握することが求められる。真に、省エネルギーデバイスになり得るかが、大きなポイントである。それぞれの応用における技術調査が重要である。 ・新規スピndeデバイスに関してはその有用性が読みきれない状況ではあるが、学術的、技術的レベルを高める意味から進めてほしい研究である。 ・スピントロニクスや新規磁気デバイスに関しては初期的段階のように見受けられるので、他の機関との差別化が必要である。

この事前評価は課題提案の最初の段階で行ったものです。特に事前評価は厳しく評価をしてもらっています。この結果を基に研究内容・計画等をブラッシュアップして、プロジェクトは実施されます。

<p>③プロジェクトの内容、ロードマップ、推進体制、マネジメント、予算計画 (研究内容、目的の実現可能性、計画の問題点、推進体制、マネジメント、予算使途の問題点、など)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ いずれのサブテーマも重要な内容である。 ・ 予算に関しては特段の問題点は見受けられない。適正な人材と体制の下で、適正なプロジェクトが進められると考えられる。特にHV・EV用磁性材料の開発は、日本の自動車産業を背負う気概をもって成功してもらわなければならない。 ・ 目的実現のためには、解析グループの活躍が必要である。 ・ 非局所スピバルブを用いた新しい磁気センサは興味深く、また新規磁気デバイスサブテーマに気鋭の若手研究者を迎えて、将来が楽しみなプロジェクトである。 ・ 磁性に関する多岐に亘るデバイス開発となっており、多面的研究が故のメリットをどう活かしていくかが重要である。 ・ 研究推進に当たっては、サブテーマ間の相互作用が十分か、再検討が必要である。 ・ すべてのサブテーマで、同時期に成果をまとめるのは容易ではないことが予想される。どのようにすべてのサブテーマのグループがモチベーションを保つかのマネジメントが必要である。 ・ スピントロニクス、新規磁気デバイスに関しては研究計画の更なる精査が必要である。 ・ 共鳴 TMR で高い MR 比が得られるが、動作の許容範囲が限られる可能性に注意する必要がある。 ・ 省エネルギーのための施策が境界条件を複雑にし、実用解の導出を複雑にする可能性があり、これは、まさにプロジェクト全体で、良いアイデアの導出につながるのではないか。
<p>④見込まれる直接の成果(アウトプット)、効果・効用(アウトカム)や波及効果(インパクト) (質の高い成果は期待できるか、論文・特許数は十分出そうか、新技術・デバイスにつながるか、多くの外部資金獲得・共同研究につながるか、他分野への波及効果は、など)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ レベルの高い論文と有力な特許の創出が期待される。Nature や Science などのインパクトファクターの高い論文誌に成果を掲載し、宣伝して欲しい。 ・ それぞれの材料創製において、専門的な知識と洞察が必要であり、スピード感があれば、論文・特許のいずれも大きな成果が期待できる。一方、変化の激しい技術分野となることが予想され、技術調査の確かさが明暗を分ける可能性がある。 ・ 実用的なものから将来性のあるものまで、広範な成果が期待できる。 ・ HV・EV 用磁性材料、HDD 用磁性材料開発の成果による、産業や社会へのインパクトは計り知れないほど大きい。 ・ 磁性材料は、正に時機を得たテーマであり、興味を持っている企業は少なくはなく、多くの共同研究・外部資金獲得につながる可能性がある。ナノ構造解析についても、その役割から共同研究は確実に確保できる。 ・ スピントロニクスおよび新規磁気デバイスは、新しい成果が得られれば質の高い論文が出るであろうが、実用化への道筋はまだ出来ていない。 ・ 新規磁気デバイスに関してはいくつかのブレークスルーが必要と思われるが、その学術的、技術的価値は大きい。
<p>⑤総合評価 (研究全体に対する総合的所見、及び上記評価項目①～④に含まれない、その他の評価ポイントがあれば追加してコメント)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 材料が良く分かった研究者によるデバイス研究という、新しい試みに期待している。 ・ 独自の合金検索により見出した新規高スピン分極材料、およびアトムプローブ解析の実績を有するグループであり、実用的なものから将来性のあるものまで、広範な成果が期待できる。 ・ 高い専門性の集団であり、オリジナリティーの高い成果が期待できる。課題の解析とマネジメントが大きな成果につながる。 ・ 磁性が脚光浴びており、国内外でも研究が盛んであり、NIMSがリーダーシップをとり、世界を引っ張っていくという意識が必要である。 ・ いずれも重要なサブテーマ設定であり、また取り組み方も理解できる。近々の重要なサブテーマと、未来の可能性に賭けるサブテーマでバランスよく組み立

この事前評価は課題提案の最初の段階で行ったものです。特に事前評価は厳しく評価をしてもらっています。この結果を基に研究内容・計画等をブラッシュアップして、プロジェクトは実施されます。

		<p>てており、研究をより加速して進めることが望まれる。未来の可能性に賭けるサブテーマに関しては、数値目標の精査、他の可能性の検討等により、どのような新機能が生まれるか、従来の他の材料系とどこが違い、定量的にどのくらいの効果が期待できるのか、ロードマップとともに示した方が、より研究も加速するものと思われる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・半導体技術との連携は、あまり前面に出ていないが、外部メモリのみならず、内部メモリあるいは混載メモリとして、大きく期待されていることから、積極的なアプローチが必要である。
総合評価点 (10点満点)		8.8 (小数第二位以下四捨五入)
各委員の評価点 (10点満点)		9, 9, 9, 8 (順不同)
評価点	評価	評価基準
10	S	全ての点において模範的に優れている。
9		計画を変更することなく推進すべきである。
8	A	総合的に優れている。
7		一部計画を見直し推進すればS評価になる可能性がある
6		平均的なプロジェクトである。
5	B	プロジェクトの実施は認めるが、一部計画を見直した方が良い点がある。
4		期待されたほどではない。
3		計画を見直して推進すべきである。
2		大きな問題があり、プロジェクトを中止すべきである。
1	C	プロジェクトの見直し、計画の抜本的な変更がなければ実行すべきではない。

この事前評価は課題提案の最初の段階で行ったものです。特に事前評価は厳しく評価をしてもらっています。この結果を基に研究内容・計画等をブラッシュアップして、プロジェクトは実施されます。