

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－インド研究交流）

1. 研究課題名：「次世代デバイスのためのナノスケール磁気ドメインのキャラクタリゼーション」
2. 研究期間：平成20年12月～平成24年3月
3. 支援額： 総額 18,700,000 円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	越川孝範	大阪電気通信大学	教授
研究者	安江常夫	大阪電気通信大学	教授
研究者	梅澤憲司	大阪府立大学	教授
研究者	鈴木雅彦	大阪電気通信大学	学術研究員
研究者	橋本道廣	大阪電気通信大学	学術研究員
研究者	繁田和也	大阪電気通信大学	院生（博士）
参加研究者 のべ 6 名			

中国側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Bhupendra Nath Dev	Indian Association for the Cultivation of Science	Senior Professor
研究者	Rajib Batabyal	Indian Association for the Cultivation of Science	Senior Research Fellow
研究者	Suman Patra	Indian Association for the Cultivation of Science	Senior Research Fellow
研究者	Anupam Roy	Indian Association for the Cultivation of Science	Senior Research Fellow
参加研究者 のべ 4 名			

5. 研究・交流の目的

現在の電子デバイスは電荷の動きを利用しているが、新しいスピントロニクスでは電子がもつスピンを利用することにより、従来不可能であったデバイスの微細化、高速化、不揮発性等が期待されている。このため、スピントロニクスは世界中で競って研究が行われている。スピントロニクスによる新しい素子の開発を行うためには、表面ナノ磁性の新しいキャラクタリゼーション法が必要とされている。その有力な候補がスピン偏極低エネルギー電子顕微鏡（SPLEEM）をはじめとする磁区をナノスケールで観察する手法である。

そこで、本研究・交流では、日本側が有する世界最高性能のスピン偏極低エネルギー電子顕微鏡によるナノスケールの磁区観察技術と、インド側が有する卓越した低次元表面ナノ磁性構造の作製技術を融合し、他の表面、薄膜分析手法を駆使しながら情報通信に利用できる新しい電子スピンデバイスを開発とそのキャラクタリゼーションを行うことを目的とする。

## 6. 研究・交流の成果

### 6-1 研究の成果

本研究では、特にシリコン上での二次元磁性ナノ構造の形成を行うために、界面バリア層の導入を試み、相互拡散の抑制が可能かどうかの実験を日印共同で行った。シリコン基板上での磁性ナノ構造の形成は、これまでのシリコンをベースとした半導体デバイス技術の延長線上にあり、実現が待ち望まれていることから、本研究の意義が大きいことが理解できる。界面バリア層の役割としては、①磁性ナノ構造形成時に相互拡散を抑制し、シリサイドの形成を抑える、②界面を安定化し加熱に対する耐性を高めるなどが期待される。実験では Si(111)および Si(110)を基板とし、界面バリア層として Ag および Pb を用いた。そして、その上に Co 薄膜を形成して、その磁区構造の観察および加熱による磁化の消滅過程などを観察した。その結果、特に Ag バリア層において、Ag の膜厚に依存した磁区の細分化が見いだされ、磁区構造制御につながる重要な知見が得られた。また、形成した Co 薄膜上に Au キャップ層を形成し、その効果についても観察を行った。結果として、バリア層との相乗効果により界面での相互拡散が抑制されることが明らかとなった。

以上のようにいくつかの新しい知見が得られたが、さらに深さ方向分析を行って相互拡散の抑制がどの程度行われているかを検討する必要があると考えている。このため日印双方の研究者が実績を持っているイオン散乱法による実験を共同で行うことを予定している。

スピントロニクスは今後ますます進展し、実用化がすすめられる研究分野であると考えられるので、本研究で示された SPLEEM による表面磁性のキャラクタリゼーションは大きな波及効果があると考えている。特にインドにおいては新しい技術であるので、インパクトが大きいと思われる。

### 6-2 人的交流の成果

本研究では、日印双方の若手研究者が積極的に交流を行い、得られた結果について議論を行ってきた。実験は世界最高性能の SPLEEM が設置されている大阪電気通信大学で行ったので、インド側の研究者が来日し共同実験を行うという形で研究を進めた。日本側の若手研究者については、英語でコミュニケーションをとりながら実験を進め、議論を行うという、国際交流でしか得られない貴重な経験をすることができた。また、インド側研究者にとっては、本研究を通じて世界最高性能の高偏極・高輝度 SPLEEM を実際に使うことができ、その性能を確信することができた。このため、今後も表面ナノ磁性研究を続けるうえで有効活用したいとの強い要望が寄せられている。

また、インドから来日した研究者のうち、2名が本研究の成果も含めて Ph.D の学位を取得または取得予定となっている。このようにインドから来日した研究者に対して、本交流は人材育成という観点からも大きな貢献をした。

本研究で得られた成果は、現在論文としてまとめているところである。このため、頻繁に連絡を取って議論を続けている。さらに、先に述べたように今後も深さ方向分析などの共同研究を継続していく予定であり、本研究がきっかけとしてさらに活発な交流を続けていきたいと考えている。

## 7. 主な論文発表・特許等（5件以内）

※相手国側との共著論文についてはその旨備考欄に記載

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等	備考
論文	B.N. Dev, A. Roy, R. Batabyal, M. Suzuki, T. Koshikawa, T. Yasue, M. Hashimoto and K. Umezawa, "Quantum Size Effects in Electronic and Magnetic Behaviour in Epitaxial Nanostructures", Proc. of 8th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '11, pp.382-384, 2011.	共著論文