

助成対象事業成果報告書（概要版）

助成対象事業名	量子コンピューターに向けたトンネル電子による単一スピン検知操作技術の開発
助成対象事業者 （研究代表者名）	東北大学多元物質科学研究所 （米田 忠弘）
<p>1 事業の概要</p> <p>単一スピンの情報伝達の‘ビット’として扱われる、スピントロニクスや量子コンピューターなどが急速に議論されてきているが、これらの実現化に対して単一スピンの検出が果たす役割は大きい。単一スピンを検知する方法としてトンネル電子を利用することは、固体素子の利用や微細化技術との組み合わせの点で優れている。その理由に、光を用いた手法などに比べて、素子の整合性がよいことが挙げられる。単一スピンをトンネル電子で検出する手法として、磁場中で回転する単一スピンが磁場の存在下で Larmor 歳差運動し、それと同期して現れるトンネル電流の高周波数での変調の検出を利用する手法が注目されている。しかしながら現在までのところ非常に限られた発表しかない。本申請ではスピンの存在の検出にとどまっている技術を発展させスピンの初期状態（上向き・下向き）の決定を行えること、さらにスピンの操作を行える技術を開発しようとする。単一スピンをビットとして使い、読み込み書き込みを実現した例はほとんど無く、世界的にも新しい分野を開拓できると考える。イスラエルと日本が、理論と装置作成の分野で分担し研究を進めた。</p> <p>2 共同研究体制と分担内容</p> <p>研究はトンネル顕微鏡の開発に経験をもつ東北大学と、スピン検出操作の信号技術および理論的解析に実績をもつイスラエル・ベングリオン大学とが互いに得意分野の技術を持ち寄ることで、国際的に見てレベルの高い研究を行おうとする。本実験では超高真空トンネル顕微鏡を開発することにより、ここで提案したような複雑な信号検出がはじめて可能となると考えられる。東北大学グループにおいてすでにこのような条件を満たす走査型顕微鏡を有しており、実際のスピン検出装置作成を行う。他方、イスラエルの Manassen グループでは（1）時間ドメインでのスピン歳差運動由来のトンネル電子の高周波成分の測定（2）RF 照射要素技術の基礎実験を行った後、これらの技術を東北大学に技術移転することを主眼とする。実際の研究協力として、研究者が1週間程度イスラエルを訪問し実際に共同で実験を行って議論を深め、原子分解能をもつスピン検出装置の構築が可能となった。</p>	

3 事業の成果

本年度の成果として、局在したスピンの磁場中で歳差運動を行うことを利用し、その周期に同期したトンネル電流の変化を周波数分解することでスピンを検知する ESR-STM を高精度化することに成功した。Si7x7 の初期酸化表面についてダングリングボンドをスピンセンターとする ESR 測定し、酸素吸着によって出現した(1)明るいアダトムと(2)暗いアダトムについて、位置に依存する高周波トンネル電流分光を行い、(1)において $g \sim 2.0$ 付近にピークを観察したが、(2)においてはそのピークは出現しなかった。(1)では酸素原子がアダトムのバックボンドに入ることで金属的であったダングリングボンドが孤立し、スピン緩和時間が増大したことでダングリングボンドのスピンの観測されたと解釈された。他方(2)では酸素原子によってダングリングボンドが消滅したためスピン信号が出現しなかったと考えられる。原子分解能をもった ESR-STM の最初の報告と考えられ、研究内容は「表面科学」に投稿・掲載が決定され、他にも掲載予定である。

