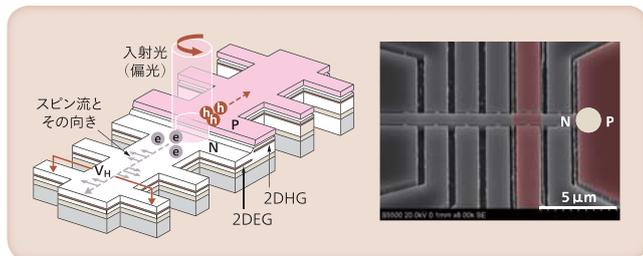


半導体材料に注入した電子のスピンの電氣的制御・観測に世界で初めて成功

スピントロニクスは、電荷とスピンという電子が持つ二つの性質の両方を活用しようという新たな技術分野である。

電子デバイスの大幅な省電力化や、画期的な機能に結びつくと期待され、研究開発が加速している中、日立ケンブリッジ研究所をはじめとする国際研究チームは、ガリウムヒ素系の半導体材料を用いて、電子のスピンを電流と同様に制御・観測することに成功した。

その概要と可能性について、最前線の研究者が語る。



電子のスピンの発生原理

せたもので、スピン注入方法としては、円偏光したレーザー光による光学的手法を用いています。光によってスピンを持った伝導電子が励起されます。発生した電子は拡散電流として周囲の電子と相殺されるため特定方向に流れる電流はゼロですが、スピンは拡散電子に乗ってスピンの流れを作ります。このスピン流は、スピンホール効果を利用することで直接検出することができました。

次世代電子デバイスの可能性をひらくスピントロニクス

現在の半導体デバイスは、高速動作と低消費電力を両立するスケラブルな微細化・集積化が限界に近づいています。その限界を前に、汎用シリコンデバイスよりも消費電力を低減させながら、情報処理速度を高速化することが可能な、新しい原理や材料による電子デバイスの開発が求められています。スピントロニクスは、それを実現する有力な候補技術です。これは、電子の電荷(電氣的性質)の流れ、すなわち電流を利用するエレクトロニクスに対して、電荷に加え、電子が持つもう一つの性質であるスピン(磁氣的性質)の流れを利用する技術領域です。電子のスピンは上向きと下向きの二つの状態があり、ふだんはそれらが混在しているのですが、そこへ方向をコントロールしたスピンを注入することにより、その流れが電流のように電子から電子へ伝わっていきます。これがスピン流で、電子デバイスを電流に代わってスピン流で動作させることは、大幅な省電力化をはじめとするデバイスの革新につながると期待されています。

純スピン流の電氣的な制御を世界で初めて実証

こうしたスピントロニクスの実現に向け、私たち日立ケンブリッジ研究所をはじめとする国際研究チーム^(*)は、2010年12月、ガリウムヒ素系半導体に注入したスピン流の上向き・下向きを電圧で制御できる素子を開発し、オン・オフ動作を観測することに成功しました。これは、純スピン流(電荷の流れを伴わないスピン流)の電氣的な制御を世界で初めて実証したことになります。

開発した素子は、二つのスピントランジスタを組み合わ

全電氣制御スピントランジスタの実現へ

この成果を一つのステップに、現在、全電氣制御スピントランジスタ実現へ道をひらく技術の検証を進めています。また、スピン流の生成に光学的手法を用いたことの副次的成果として、スピン感受性のある平面型の光発電型セルが実現できました。これとスピンホール効果とを組み合わせることで、円偏光の光信号を電氣信号に直接変換することが可能になり、医薬・バイオ分野への応用や、光學的な情報変換技術への発展の可能性も広がっています。

さらに、革新的なコンピュータの基礎技術構築をめざした新しいスピントロニクスの技術コンセプトとして、スピン軌道相互作用の活用、単電子デバイス、スピントルク制御、電界による磁区制御や新しい強磁性・反強磁性半導体の研究に注力しており、これらの中からも新たな成果を上げていきたいと考えています。

(*) 日立ヨーロッパ社日立ケンブリッジ研究所、チェコ科学アカデミー、チェコ・チャールズ大学、英国・ケンブリッジ大学、ノッティンガム大学、米国・テキサスA&M大学



日立ヨーロッパ社日立ケンブリッジ研究所 ResearcherのByong-Guk Park (左)、Senior ResearcherのJoerg Wunderlich (右)