

<参考図>

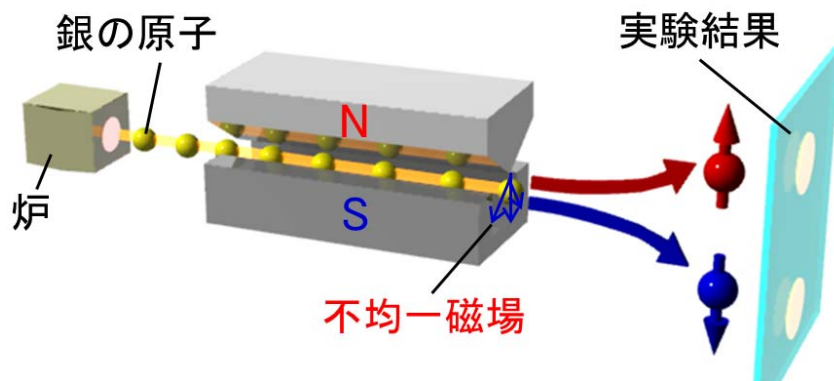


図1. 1922年に行われたシュテルン-ゲルラッハ実験の模式図

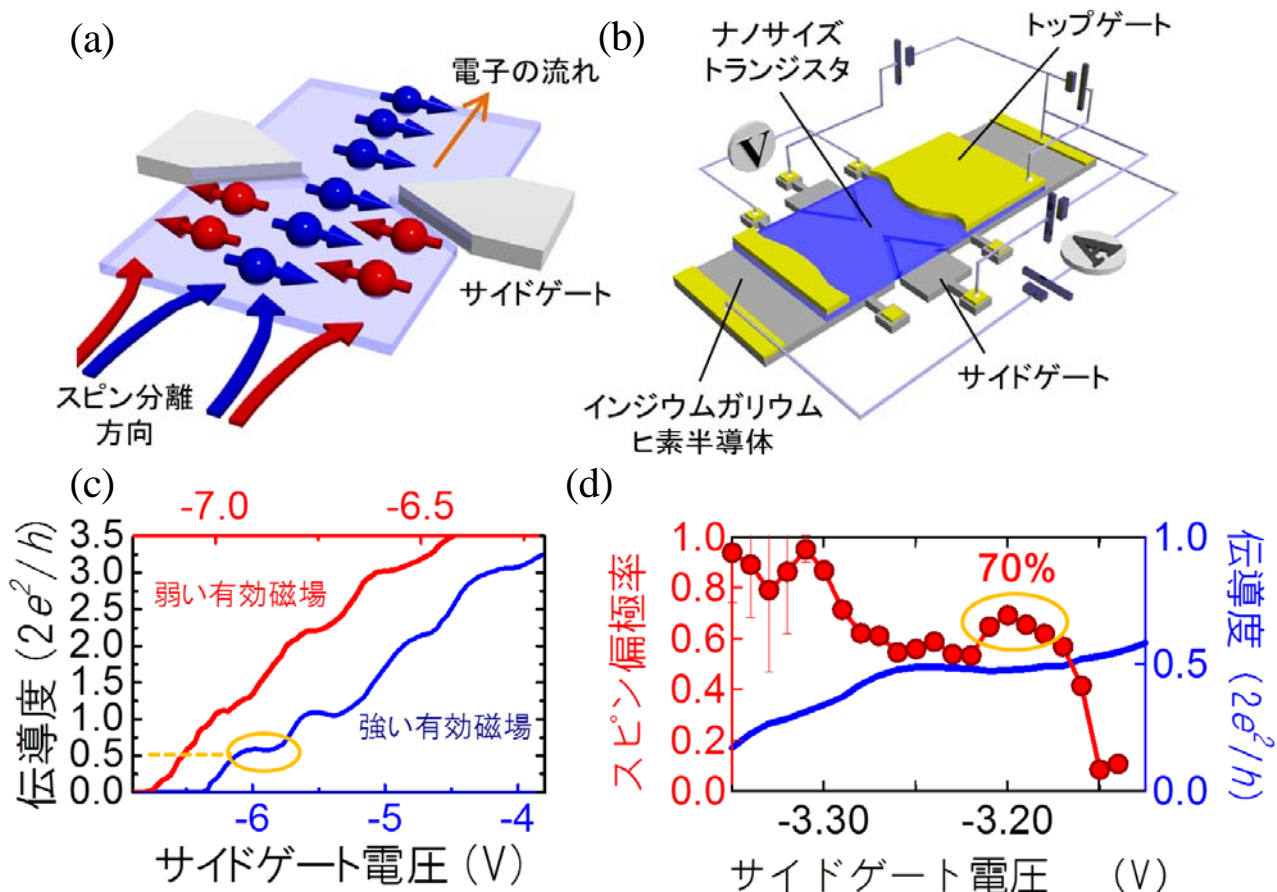


図2. (a)今回行った半導体中でのシュテルン-ゲルラッハ実験の模式図 (b)スピンの流れを生み出すために用いたナノメートルサイズのトランジスタ構造 (c)弱い有効磁場と強い有効磁場における伝導度のサイドゲート電圧依存性測定結果 (d)伝導度 $0.5(2e^2/h)$ におけるスピンの偏極率の測定結果

<用語解説>

注1) スピン

電子が本来持っている自転のような性質で磁石が発する磁場の起源となる。磁石にN極とS極があるように、電子スピンには上向きと下向きという2つの状態があり、物質中でスピンの性質を利用するには電子スピンの向きを揃えることが必要不可欠となる。

注2) シュテルンとゲルラッハによるスピン分離実験

1922年ドイツのオットー・シュテルンとヴァルター・ゲルラッハが銀の原子線を用いて行った実験。加熱して蒸発させた銀粒子のビームに垂直な方向に磁場勾配をかけると、ビームが2本に分かれることを示した。この実験により、銀が量子化された磁気モーメントをもつことがわかり、後にスピンという概念を導く契機となった。

注3) スピン軌道相互作用

電子スピンが電界中を高速に運動することにより、電界が有効な磁場に変換される相対論的効果のこと。この効果を利用すれば、外部から磁場を印加しなくても、電子スピンをコントロールすることができる。

注4) 有効磁場

実際には外部からは磁場を印加していないが、スピン軌道相互作用により、電子スピンに対し実効的な磁場として作用すること。

注5) インジウムガリウムヒ素

半導体の一種で、インジウムとガリウムとヒ素の組成を制御して作られたもの。携帯用高周波半導体素子や通信波長帯のレーザー・受光源として広く利用されている半導体。一方で、スピン軌道相互作用が強い半導体でもあり、スピンを利用する半導体デバイスを実現するためには重要な半導体である。

注6) サイドゲート

ナノメートルサイズトランジスタの側面に位置する3角形型のゲート構造。ゲートに印加する電圧の大きさにより、トランジスタを流れる電子の数を精密に制御することができる。このサイドゲートにより電子の流れを1次元的にすることができ、伝導度が量子化される。

注7) トップゲート

ナノメートルサイズトランジスタの表面に酸化膜を介して作製されたゲート構造。ゲートに印加する電圧の大きさにより、電子スピンに働く有効磁場の大きさを精密に制御することができる。大きなゲート電圧では有効磁場は小さくなり、小さなゲート電圧では有効磁場は大きくなる。

注8) ローレンツ力

外部磁場と電子の運動方向に対して垂直に作用する力のこと。この力を用いた磁場センサーなどが市販されている。シュテルン-ゲルラッハ実験によるスピン分離の力よりもローレンツ力の方が大きいために、半導体と外部磁場を用いた電子スピンのシュテルン-ゲルラッハ実験は実現されてこなかった。

注9) スピントランジスタ

電子スピンの向きを利用して情報処理や情報記録を行うトランジスタのこと。電子スピンには上向きと下向きの2つの状態をもつことから、これを「0」と「1」に当てはめることで情報処理や情報記録を行うことができる。