半導体における室温強磁性の探索と中性子散乱実験の可能性

黒田　眞司
筑波大学物質工学系

スピントロニクスへの応用を目指して室温以上で強磁性となる半導体の材料探索が活発に行われている。これまで母体半導体と磁性元素とのさまざまな組み合わせから成る(希薄)磁性半導体が探索の対象とされ、実際にそのいくつかで室温強磁性が報告されている。しかしながら同じ物質で強磁性に否定的な結果の報告もあるなど、強磁性がその物質固有の性質かどうか確認されていない例が多い。このように同一物質で異なる磁性が発現する要因の一つとして、結晶中の磁性元素分布の偏りが挙げられる。従来は磁性元素は結晶中で一様に分布していることが暗黙のうちに仮定されていたが、磁性元素の分布に偏りが生じるとその磁性が大きく変化することが指摘され、また実際にいくつかの物質でそのような例が報告されている。

講演者らは、室温強磁性半導体の一つである(Zn,Cr)Te において、結晶中の Cr 分布の一様性と強磁性特性との間には明瞭な相関があり、かつ Cr 分布の一様性はドナーまたはアクセプター性不純物のドーピングにより制御可能であることを明らかにした。すなわち(Zn,Cr)Te にドナー性不純物であるヨウ素をドープすると、Cr 分布が不均一となり閃亜鉛鉱型の結晶構造を保ったまま Cr が高濃度に凝集したナノスケール領域が形成され、それと同時に強磁性転移温度が大幅に上昇する。このように Cr 分布がドーピングにより変化する原因は、ドナー性不純物のドーピングに伴う Cr イオンの価数変化により Cr イオン間の凝集力が変化したためと考えられる。このメカニズムは他の磁性半導体においても生じる普遍的なものであり、ドーピングによって磁性イオンの価数を調整し、結晶中の分布を人為的に制御することが可能であることを示している。

また強磁性半導体における強磁性発現のメカニズムを解明する上で、磁性元素間の磁気的相互作用の様態を知ることは重要な手がかりとなる。中性子非弾性散乱はこの相互作用を直接測定できる数少ない有力な手法である。磁性半導体における中性子散乱のこれまでの実験例を紹介し、強磁性半導体の新材料開発における中性子を用いた実験の有用性と問題点についても議論する予定である。