

## ■ 第12回応用物理学会業績賞(研究業績)受賞記念講演

業績の名称: 半導体スピントロニクスにおける先駆的研究  
受賞者: 大野英男(東北大学 教授)  
日時: 3月15日(木) 13:15~14:05  
会場: A2会場(8号館地下1階B102)

大野英男氏は世界に先駆けてIII-V族化合物半導体を母体とする磁性半導体の結晶成長に成功し、強磁性の起源に関するモデルの構築、電界による磁性の制御、強磁性半導体を用いた新たな機能素子の提案と実証など独創的で先駆的な研究を行い、多くの研究者を引きつけて半導体スピントロニクスという新たな研究分野を切り拓いた。

大野氏は1989年に宗片比呂夫氏(東工大)らと共同で、III-V族化合物半導体InAsに磁性元素Mnを固溶度以上に添加した磁性半導体InMnAsの結晶成長に成功し、1992年にInMnAsが強磁性を示すことを明らかにした。また、1996年には強磁性半導体GaMnAsの結晶成長にも成功し、さらに2000年にはポーランドのDietl氏らと共同で強磁性半導体の強磁性の起源に関するモデルを構築した。このモデルは強磁性半導体の様々な物性の理解に貢献すると共に、強磁性半導体材料設計の指針を与え、それ以後の新たな強磁性半導体材料開発をも牽引して来た。

このような強磁性半導体に関する基礎研究に加え、大野氏は強磁性半導体を利用した新原理素子の提案と原理実証にも取り組んで多くの成果を生み出し、応用研究をリードしてきた。2000年には強磁性半導体を用いた電界効果素子を作製し、半導体中のキャリア濃度を電界で変化させることにより、強磁性/常磁性間の磁気相転移を電氣的に制御することに成功した。また、強磁性状態での磁気異方性も電界により制御できることを示し、外部磁界印加やスピン偏極電流注入よりも低消費電力で磁化反転できる可能性を示した。さらに、スピン共鳴トンネル・ダイオード、スピン発光素子、強磁性半導体電流誘起磁壁移動素子などの新たなスピントロニクス機能素子も世界に先駆けて提案・実証している。

一方、半導体素子と金属スピントロニクス素子とを融合した新デバイスの研究領域においても、大野氏は先駆的な研究を進めている。すなわち、産総研に続き、独立に開発したCoFeB/MgO系のトンネル磁気抵抗(TMR)素子において、その組成やアニール条件を最適化することにより室温で604%、低温で1144%と世界最高の値を実証している。また、同じくCoFeB/MgO系TMR素子において界面磁気異方性を用いて垂直磁化状態を実現するとともに、そのスピン注入磁化反転にも成功し、MRAMの高集積化手法の一つとして注目されている。

以上のように、大野氏は磁性半導体に関する独創的で先駆的な研究により世界の研究者に学術的に大きなインパクトを与えると共に、電子のスピンを制御・活用する種々の新デバイスを考案・実証することにより、半導体を中心とするスピントロニクスの研究分野を切り拓いてきた。さらに、これらの学術的貢献に加えて、スピントロニクス素子の産業応用にも積極的に取り組んでおり、応用物理学会業績賞(研究業績)としてまことに相応しいものである。

当日は「半導体と磁性体に橋を架ける」の題目で講演いただく。

## ■ 第12回応用物理学会業績賞(研究業績)受賞記念講演

業績の名称: 半導体エピタキシャル結晶成長に関する先駆的研究  
受賞者: 西永 頌(東京大学 名誉教授)  
日時: 3月15日(木) 14:10~15:00  
会場: A2会場(8号館地下1階B102)

西永頌氏は、結晶成長機構に関する深い理解に基づき、半導体結晶がエピタキシャル成長する表面において繰り広げられる微視的過程を解明し、その応用として高品質な半導体薄膜を成長するための基盤技術を確立することに貢献した。

高品質の結晶成長技術が、現在の半導体産業を支える最も重要な基盤技術のひとつであることは周知の事実であるが、西永氏は「新しい結晶成長技術の開拓は、成長の微視的プロセスを理解することにより初めて可能となる」という理念のもと、成長表面における原子の振る舞いに関する基礎的研究を精力的に進めた。1980年代後半、分子線エピタキシャル成長(MBE)における反射高速電子線回折(RHEED)を用いた成長のその場観察手法が大きく発達し、成長中の表面構造に関する多くの情報が得られるようになった。同氏は、RHEEDによるその場観察手法と、それまでに培った結晶成長の基礎過程に関する知見をもとに、成長表面における吸着原子の拡散、核形成、ステップの振る舞いといった最も重要な基本過程に対する実験と理論との詳細な比較を行い、MBEにおける表面の成長過程を精密にモデル化することに成功した。この成果は招待講演や基調講演として多数の国際会議で報告され、その後の結晶成長の研究に大きな影響を与えた。

一方、やはり重要な結晶成長技術として用いられてきた液相エピタキシャル成長(LPE)に関しても、西永氏はその重要な素過程を明らかにし、さらに、その知見を元に新しい結晶成長技術を確立することに成功した。LPEでは原子ステップが集合して巨大ステップが形成されるが、この巨大ステップは不純物ドーピングの不均一性を引き起こすことが知られていた。同氏は、原子ステップが集合する過程が液相内の体積拡散と成長表面形状が連動して引き起こす形態不安定性にあることを明らかにし、その理論的モデルを構築した。これらの知見は、当時の半導体レーザ開発のためのLPEによるエピタキシャル層の高品質化に寄与した。さらに、この巨大ステップの形成を排除する手法として、1988年にマイクロチャネルエピタキシー(MCE)の概念に到達した。MCEは、基板表面に異種材料による非晶質薄膜を堆積し、そこに形成した微細な窓(マイクロチャネル)から選択的に結晶成長を行うことにより、基板が有する欠陥情報を排除して結晶成長を行う手法である。その後、MCEは巨大ステップの排除のみならず、格子不整合の大きなヘテロエピタキシーにおいて、ミスフィット転位の密度を大幅に低減するのに極めて有効であることが実証された。この選択成長を用いた転位除去の概念は、その後窒化物半導体の結晶成長技術に広く導入され、今日では窒化物半導体基板の作製方法として、産業的に広く活用されている。

以上のように、西永氏は結晶成長の微視的プロセスを原子レベルにさかのぼって解明し、その応用技術としての道筋を与えることに大きく貢献した。学術研究と産業応用とを橋渡しする応用物理学の分野における卓越した業績であり、応用物理学会業績賞(研究業績)としてまことに相応しいものである。

当日は「マイクロチャネルエピタキシー —結晶成長の理解と応用を目指して—」の題目で講演いただく。