

☆ EVENT セミナー ☆

2015年6月25日(木) 13:00~14:30

場所：基礎工学部 D404 講義室

講師をお招きしてセミナーを開催しました

講師名：小田 竜樹 教授

講師所属：金沢大学理工研究域 数物科学系

講演タイトル：スピン軌道相互作用が現れる低エネルギー現象と応用



要旨：低次元性を示すナノ構造をもつ系では、原子位置において非対称なポテンシャルを受けることが多く、スピン軌道相互作用(SOI)に係る現象が重要となる。SOIは、電子スピン、電子運動量、ポテンシャル勾配の三重積に比例する相互作用であり、大きさはおよそ、Si 3p 軌道では 30meV、Fe 3d では 60meV、Pt 5d では 500meV 程度である。温度に換算すると室温からその十数倍程度である。SOI を起源とするものに表面・界面のラッシュバ効果、トポロジカル絶縁体の電子構造、磁性薄膜の磁気異方性等が議論されている。SOI は、スピンへの特徴的な有効磁場や、スピンに依存した特徴的な kp 摂動、スピンと運動量に依存した有効電場といったようにいろいろな見方ができる。これらに応じていろいろな現象が観測される。また有効な電場・磁場に変化を与えることで電子状態や原子・磁気構造を変調させることが可能となる。こういった SOI は、小さいエネルギースケールを提供してくれるので、省電力を指向するデバイス機能には好都合である。セミナーでは、時間反転対称性が成立した表面から、絶縁体との界面をもつ磁性薄膜等を用いて、SOI の役割、電子状態、磁気異方性エネルギー、電界効果[1]を中心に解説する。

[1] Yoshikawa et al., Appl. Phys. Express 7, 113005 (2014)

<主催した先生から>

小田竜樹教授は、本学基礎工学研究科で博士を取得された卒業生であり、現在、金沢大学の教授です。小田先生はスピン軌道相互作用（SOI）を積極的に利用した磁化の電場制御に関する第一原理計算による機構解明と、これらを積極的に利用したデバイスやマテリアルのデザインを目指した研究を精力的に推進し、スピントロニクス分野で活躍されています。セミナーでは、低次元性ナノ構造物質におけるスピン軌道相互作用の重要性について理論的背景と最近の研究成果をダイジェストで紹介されました。実験データとの比較を交えながら、第一原理計算で得られた電子バンド構造を基に SOI 起源の現象となるラッシュバ効果、磁気異方性について分かりやすく解説していただきました。ラッシュバ効果の応用例として、**Tl/Si(111)**表面においてある波数でスピンの垂直に立ち上がり、これがその波数での C_3 対称性に起因することを第一原理計算から見出されています。更に、スピン分解角度分解光電子分光測定でもこの現象が確認されたことについても強調されていました。また、磁気異方性については、**Fe-chain/Pt** 表面において **Pt** 基盤の面方位により磁化方向が変化する現象や、**MgO/Fe/MgO** サンドイッチ構造における磁気異方性電界効果の結果が実験と理論とでよく一致することなども示されました。これら一連の理論研究は、磁気異方性制御のメカニズム解明や、新たなスピントロニクス材料の探索のために大変重要であり、実験との協力によって今後更なる進展が期待される大変興味深い内容でした。また、基礎工学研究科大学院生の卒業後のビジネスモデルとしても、学生諸君には大いに刺激を与えていただきました。セミナーの後は多くの研究室を 2 日にかけて訪問し、議論や共同研究について議論戴き、互いに大変実り多い成果をもたらしました。

(石河 孝洋 特任助教、吉田 博 教授)