

化学状態・磁気状態のナノイメージングを可能にする レーザー励起光電子顕微鏡

谷内 敏之

東京大学物性研究所

taniuchi@issp.u-tokyo.ac.jp

酸化物表面・界面における2次元電子ガス(2DEG)は様々な物性を有することから盛んに研究が行われている。例えば $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ ヘテロ界面では高い移動度を持ち、かつ磁気秩序を示すことからスピントロニクスへの応用も期待される。しかしながらその磁性に関しては、系の次元性の低さゆえ磁気モーメントが極めて小さく、SQUIDのようなマクロ測定では不純物粒子の混在の影響を排除するのは困難である。このような2次元電子系の磁性を検出するには、スピン偏極に極めて高感度で、かつナノスケールの分解能を持った磁気顕微手法が必要になってくる。光電子顕微鏡(PEEM)はX線や紫外線を試料に照射することで放出される光電子または2次電子を拡大・結像する投影型の電子顕微鏡である。PEEMは入射光の偏光性を利用して(反)強磁性や軌道秩序のドメイン構造を可視化できるという特長を持つが、空間分解能についてはSEM・TEMのような一般的な電子顕微鏡に劣り約20 nmがこれまでの実用上の限界であった。そこで我々は空間分解能を飛躍的に向上させるためレーザーPEEM装置を開発した。電子レンズ系には電子ミラー補正機構を導入して球面収差・色収差を低減するとともに、連続波の紫外レーザーを励起光源に用いることでスペースチャージ効果を抑えることに成功し、世界最高の空間分解能2.6 nmを達成した[1]。本講演ではこの顕微鏡装置の概要を説明するとともに、強磁性・反強磁性・表面構造等の研究実施例を紹介する。特に、 SrTiO_3 においては表面2DEGが室温強磁性を示すことを発見したのでその詳細を報告する[2]。2DEGにおける磁気イメージングを実現するために、我々は仕事関数すれすれの光源で閾値光電子を放出させることによって、電子キャリアの選択励起を可能にした超高感度な磁気イメージングを実現した。この手法を用いて酸素欠損由来の SrTiO_3 表面2DEG、および $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ ヘテロ界面2DEGにおいて室温で強磁性ナノドメインが形成している直接的な証拠を得た。特に SrTiO_3 表面については900 Kという高いキュリー温度を持ちながら、垂直磁化も保持していることが明らかになった。

[1] T. Taniuchi, Y. Kotani, S. Shin, Rev. Sci. Instrum. 86, 023701 (2015)

[2] T. Taniuchi, Y. Motoyui, K. Morozumi, T. C. Rödel, F. Fortuna, A. F. Santander-Syro, S. Shin, Nat. Commun. 7, 11781 (2016).