

分子性固体への高密度電子注入と電子相転移

(東大新領域¹) ○渡邊 峻一郎¹

Charge Injection and Electronic Phase Transition in Molecular Solids

(¹Graduate School of Advanced Materials Science, The University of Tokyo)

○Shun Watanabe¹

When high-density charge carriers are injected into a crystal, its electronic state changes from an insulator to a metal. “Insulator—metal transition (IMT)” is a natural consequence of the band picture based on the periodic lattice of atoms in crystals particularly with noninteracting electrons, and can be triggered predominantly by a precise control of band filling. During the past half century, no apparent IMT signature has been observed in organic semiconductors, presumably because the presence of unavoidable structural disorders in organic semiconductors is likely a limiting factor. In contrast, we successfully demonstrated a perfect single crystal of solution-processed organic semiconductors, and realize the first experimental observation of IMT in organic semiconductors.

Keywords : Organic Semiconductors; Insulator—Metal Transition; Single Crystals

不純物のない絶縁性の固体物質に電子や正孔を高密度に注入することで、電気を流さない絶縁体から電気を流す金属へと変化する。この絶縁体—金属転移 (Insulator—Metal Transition; IMT)は固体物質における電子相転移であり、電子相関を無視した場合のバンド伝導電子系において当然の帰結であるいえる。有機半導体についても、過去半世紀に渡りIMTの研究が進められてきたが、実験的に実証されていない。これは、欠陥のない極めて高純度な有機半導体薄膜を製造することが困難であったためである。有機半導体の結晶は分子間力のみの弱い相互作用で構成されているため外界からのかく乱に弱く、高密度に電荷を注入することも困難であった。

我々はこれまで、厚さが数分子層の有機半導体単結晶薄膜を印刷プロセスによって作製する手法/技術を開発して^{1,2)}。本手法で得られた有機半導体単結晶薄膜の表面には、わずかな欠陥もなく、薄膜中の分子層数までも精密に制御されている。このような高品質な薄膜表面を用いて、4分子あたり1電荷に相当する高密度のキャリアを注入した結果、有機半導体のIMTを初めて実験的に観測することに成功した³⁾。このとき、電子は層状分子の一分子層厚みのみに電荷が閉じ込められた二次元ホールガスが形成されていることも明らかとなった。講演では、ある程度の構造乱れを有する高分子半導体における電子相転移の可能性についても議論する⁴⁾。

1) J. Tsurumi, S. Watanabe, J. Takeya, *Nat. Phys.* **2017**, *13*, 994.

2) A. Yamamura, S. Watanabe, J. Takeya, *Sci. Adv.* **2018**, *4*, aao5758

3) N. Kasuya, S. Watanabe, J. Takeya, *Nat. Mater.* **2021**, *20*, 1401.

2) Y. Yamashita, J. Takeya, S. Watanabe, *Nature* **2019**, *572*, 634.