

創発イオントロニクス

Emergent Iontronics

東大院工¹, 理研 CEMS² ○岩佐 義宏^{1,2}

Univ. Tokyo¹, RIKEN CEMS² ○Yoshihiro Iwasa^{1,2}

E-mail: iwasa@u-tokyo.ac.jp

異種材料の界面には、驚くべき物性や機能が眠っている。本講演ではイオン伝導体（電子絶縁体）と伝導性固体の界面を用いた物性・機能について述べる。これらの界面を形成し電圧を印加すると図 1 のように電気二重層(EDL)が形成されるが、これはイオンと電子から形成されたコンデンサとみなすことができる。コンデンサの厚みは 1 nm 以下なため、その静電容量は数 $10\mu\text{F}/\text{cm}^2$ と、典型的な絶縁体 SiO_2 に比べて数 100 から 1000 倍も大きくなるとともに、EDL 中に発生する電場は、1 V/nm (10 MV/cm)をはるかに上回る超強電界が発生する。

結果として、非常に高い密度の電子が EDL に蓄積していることになるが、これを利用した蓄電デバイスは、電気二重層キャパシタ(EDLC)としてすでに実用化されている。一方、図 1 に見るように、固体の側では、バンドの曲りを含めて半導体の界面と同じことが、よりエネルギースケールの大きな形で起こっている。そのため、EDL の固体側では、電圧による電気伝導度の変化だけでなく、電子状態の相転移まで、この EDL 界面で引き起こすことが可能であることが分かってきた。

具体的には、電圧による絶縁体の超伝導化、半導体の強磁性化、強相関絶縁体の金属化、スピン分極制御、円偏光発光制御など、非常に多彩な物性、機能性を示す。さらに、EDLT が適用できる物質は、酸化物、有機物質、カルコゲナイド、炭素材料と非常に多岐にわたる。このような物質、現象の多様性は、EDLT の持つ大きな魅力の一つであるが、それは EDL という電気化学界面の普遍性に起因するものである。このような多様性は、筆者らが研究を開始した 2005 年当時では想像すらできなかったことである。講演では、電気二重層という古典的な電気化学界面が、一転して超強電界物性の舞台となり、イオンによって電子物性を制御する『イオントロニクス』として急速に進展している状況をわかりやすく解説したい。

最後に、EDLT とは電気化学過程のその場測定に過ぎないということを強調したい。従来、物理屋は電気化学的に合成された安定な物質を選んで研究対象としてきたが、その場観察では、従来の方法でとらえられない物質の準安定な側面を検知できる可能性がある。電気化学的界面は、EDL の超強電界をはじめ、物理的・化学的に非常に興味深い領域であり、ここに未知の物質相、機能が隠されていることを期待している。

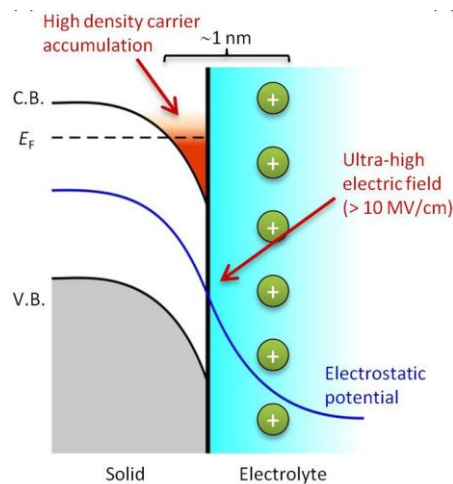


図 1 電気二重層(EDL)の模式図。