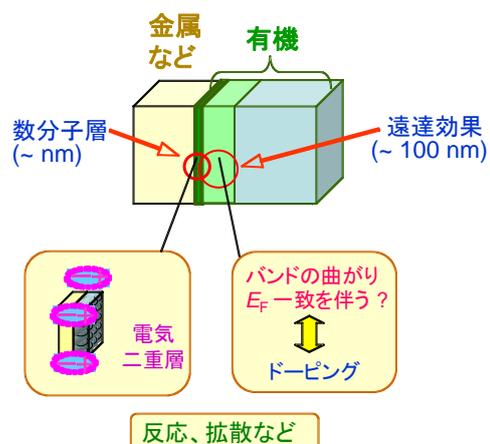


ディビジョン番号	1
ディビジョン名	物理化学

大項目	3. 凝縮系の物性と機能
中項目	3-1. 表面・界面
小項目	3-1-6. 有機物・金属界面における電子状態

概要（200字以内）

近年急速に進展する有機薄膜エレクトロニクスでは、有機物質と金属、絶縁体、他の有機物質などの作る界面が重要な役割を果たす。有機分子と金属の接する接触層での化学的な相互作用による電気二重層生成、より遠達的な静電効果によるバンドの曲がりやフェルミ準位の一致、そのドーピングとの関係、雰囲気気体の効果、堆積順序の影響、金属以外の固体との界面、さらに界面を挟む両層間での反応や拡散などの多彩な主題について研究が急速に進展している。



有機エレクトロニクス関連界面の諸現象

現状と最前線

近年、有機電界発光 (EL) 素子 (OLED)、有機太陽電池 (OPV)、有機トランジスターなどの有機薄膜エレクトロニクスについての研究開発が急速に進展している。これらの多くは、有機多層膜が電極金属などに接する構造を取り、有機/金属、有機/有機界面が重要な役割を果たす。界面での有機分子の配列や、界面での電子準位の接続は、電子や正孔の電極からの注入や、有機層間を動く効率を決めるので、デバイスの性能に大きな影響を及ぼす。また太陽電池では、有機層の光吸収でできる電子と正孔の対が界面を挟む両層の電子準位の相対関係によって分かれる電荷分離が本質的であり、界面は太陽電池の根幹をなす。

この分野の系統的研究は 1995 年頃から世界的に盛んになり、現在では多くのグループが、紫外光電子分光 (UPS)、反射吸収赤外分光 (IRRAS)、ケルビン法、走査プローブ顕微鏡などの多彩な手段を用いて、その構造と電子構造について活発な研究を展開している。その主題は、

- (1) 有機分子と他の固体が正に接する数分子層（接触層）における化学的（近接的）相互作用
- (2) 接触面からかなり離れたところまで及ぶ静電的影響と、それに関連した、ドーピング、バンドの曲がり、フェルミ準位一致などの問題
- (3) 界面を挟む両層の間での相互拡散や反応などの複雑要因

に大別できる。この様子を上図に示す。また対象となる界面にも様々な種類があり、その作成法によっても様相が異なる。これまで最も良く研究されているのは、超高真空の清浄環境下

で、金属表面に有機分子を真空蒸着によって堆積して作られた有機/金属界面である。デバイスでは、有機層に金属を電極として堆積することもあり、これで作られる金属/有機界面では、有機/金属界面より拡散や反応を起こす可能性が大きい。また、有機EL素子や有機太陽電池で重要な有機/有機界面や、有機トランジスターで重要な有機/絶縁体界面、さらには有機/無機半導体界面、真空蒸着できない導電性高分子のスピンコート膜についての研究も進んでいる。

これらの研究から、接触層においては、ほぼ必ず電荷分布の再編成が起こり、これによって界面には電気二重層が形成されることが分かった。この様子を下図に示す。この二重層は1eV程度にも及び、界面での電子準位接続に大きく影響し得る。電気二重層の成因については精力的な研究が行われていて、有機分子と金属の間の電子移動、極性分子の配向、金属表面からしみ出した電子雲の有機分子による追い返し、界面特有の電子準位の形成などが同時に働いていることが分かってきた。また、厚膜では種々のドーピングによって無機半導体と同様に界面でバンドの曲がりを起こし、電極からの電荷注入を向上させることも行われている。有機半導体の電気特性は酸素や水のような雰囲気気体によって大きく変わるが、これに対応する実デバイスに近い環境での界面電子構造の

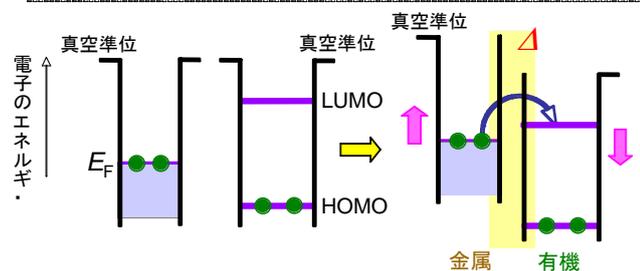
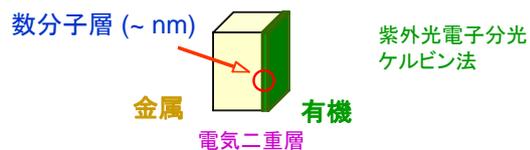
も調べられ始めている。さらに、有機トランジスターの特性が、絶縁体上の有機分子の配列や、絶縁体基板表面でのトラップの有無などに影響されることが指摘され、金属電極、絶縁体基板の表面改質による特性向上なども試みられている。

[文献]

関、日本写真学会誌、69, 28 (2006).

石井ら、固体物理、40, 375 (2005).

解良、上野、応用物理、72, 112 (2003).



界面電気二重層の形成と準位接続への影響

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

電子準位情報の充実：逆光電子分光による空準位探索や、高強度光電子分光によるHOMO-LUMOギャップ内準位の探索などが望まれる。

有機電界駆動レーザー：EL素子への大電流の注入によりレーザー発振をめざす。

- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

折り曲げられる有機ディスプレイ：どこでもいつでも使えるディスプレイとなる。

高効率有機太陽電池：エネルギー問題解決への大きな社会的意義をもつ。

キーワード

有機エレクトロニクス、有機EL素子、有機太陽電池、有機トランジスター、界面電気二重層

(執筆者： 関 一彦)