

Low Energy Inverse Photoelectron Spectroscopy

**LEIPS**



フルオート多機能走査型X線光電子分光分析装置用

低エネルギー逆光電子分光法

アルバック・ファイ株式会社

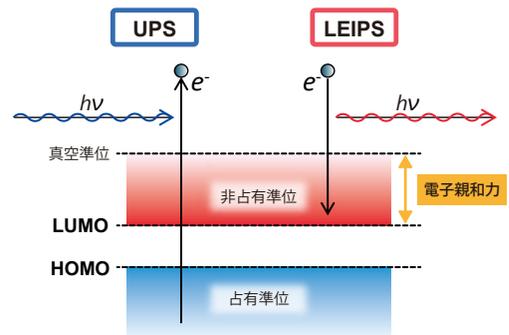
# LEIPS *Low Energy Inverse Photoelectron Spectroscopy*

## Key Features

1. 「逆」光電子スペクトルから非占有準位の情報を取得
2. 電子親和力の測定
3. 有機物の低損傷分析
4. XPS, UPS との同一点分析

LEIPSとUPS\* による半導体試料測定のエネルギーダイアグラムを示します。LEIPSは、電子(e<sup>-</sup>)を照射して発生する光(hν)を測定し、非占有準位を分析します。一方UPSは、光(hν)を照射して発生する光電子(e<sup>-</sup>)を測定することで占有準位を分析します。光と電子の役割を逆にすることで、LEIPSは電子親和力などの直接測定が可能になります。

\* UPS: Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy (紫外光電子分光法)



LEIPSとUPSのエネルギーダイアグラム

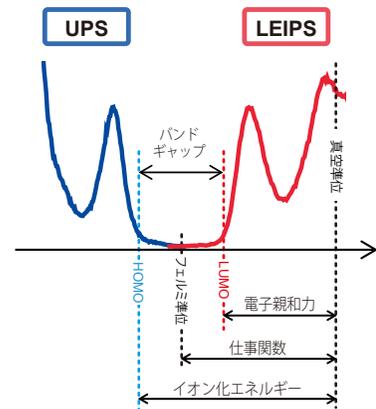
## 1. 同一試料の占有準位と非占有準位の測定

LEIPSで得られる非占有準位のエネルギーと、UPSで得られる占有準位のエネルギーから、バンドの全体像がわかります。LEIPSとUPSを相補的に組み合わせることで、半導体試料の電子と空孔の両方の準位を知ることができます。

また、LEIPSの最低空分子軌道(LUMO\*<sup>1</sup>)から電子親和力が、UPSの最高被占分子軌道(HOMO\*<sup>2</sup>)からイオン化エネルギーが得られ、その差から半導体のバンドギャップの大きさがわかります。

\* 1 LUMO: Lowest Unoccupied Molecular Orbital (最低空分子軌道)

\* 2 HOMO: Highest Occupied Molecular Orbital (最高被占分子軌道)

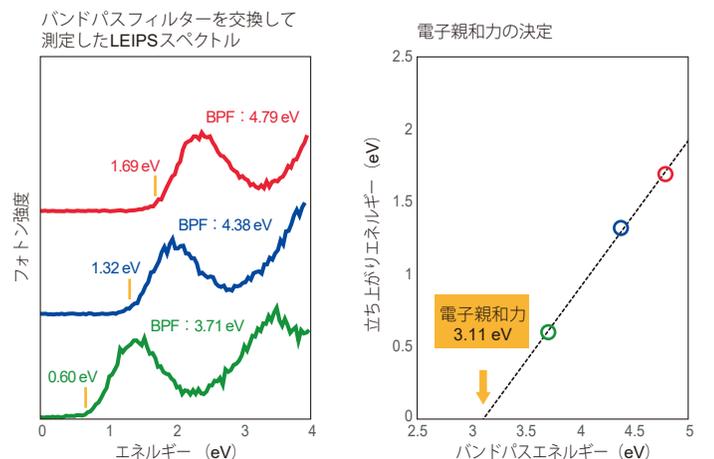


銅フタロシアニン薄膜試料のLEIPSとUPSスペクトル

## 2. 電子親和力の測定

LEIPSでは、光検出器のバンドパスフィルターを交換して、検出する光のエネルギー(hν)を変えることができます。電子親和力の測定にあたって、使用したバンドパスエネルギーとその時の立ち上がり(オンセット)エネルギーをプロットすると、直線に変化し、ゼロ点への外挿値がわかります。これにより、従来の逆光電子分光法では1種類のバンドパスで測定していた電子親和力の測定をさらに高精度に測定することが可能です。

試料ご提供: 有機光エレクトロニクス実用化開発センター (i<sup>3</sup>-opera)



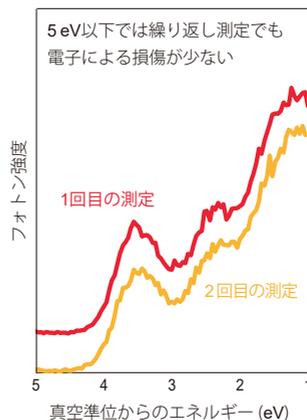
銅フタロシアニン薄膜試料 (ITO上に10 nm 製膜)のLEIPSスペクトル。バンドパスフィルター (BPF) を変更して測定

光のバンドパスエネルギーに対するLEIPSスペクトルの立ち上がり(オンセット)エネルギーのプロット

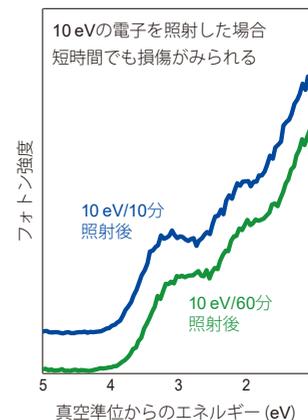
### 3. 有機物の低損傷分析

LEIPSは5 eV以下の電子を一次プローブとすることで有機物の低損傷分析を実現します。C<sub>60</sub>薄膜に対して長時間のLEIPS測定を行った結果と、従来の逆光電子分光測定と同等の10 eVの電子を一定期間照射後に取得したLEIPS測定結果を示します。LEIPSでは長時間の積算においてもスペクトル形状の変化がないのに対して、10 eVの電子照射後はスペクトル形状に変化が見られることから電子による損傷がわかります。

試料ご提供：有機光エレクトロニクス実用化開発センター (i<sup>3</sup>-opera)



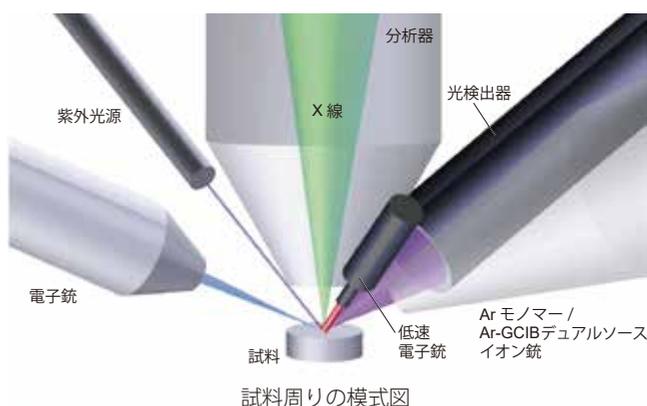
電子のエネルギー5 eV以下で測定したC<sub>60</sub>薄膜試料のLEIPSスペクトル



同電流で10 eVの電子を照射(10分, 60分)後のC<sub>60</sub>薄膜試料のLEIPSスペクトル

### 4. LEIPSとXPS, UPSの同一点分析

PHI GENESISでは、独自の装置構成により、LEIPSやUPS、AES、REELS、Arクリーニング、また有機材料に有効なGCIBクリーニング、中和まですべてをXPS分析位置において行うことができます。多様な手法の同一点照射を容易に実現できるため、試料の多面的な評価に大きく貢献します。



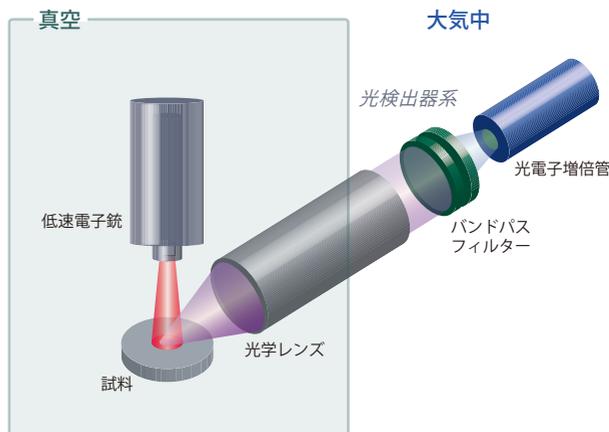
### LEIPS：Low Energy Inverse Photoelectron Spectroscopy (低エネルギー逆光電子分光法)<sup>[\*]</sup>

逆光電子分光法は、電子を試料に照射して発生する光を測定する手法です。LEIPSは、従来の逆光電子分光とは大きく異なり、5 eV以下の低エネルギー電子を試料に照射して発生する近紫外光を測定します。このため、電子照射による有機試料の損傷が大幅に抑制されるほか、発生した光を大気中に導き検出することができます。

模式図に示すように、発生した近紫外光は、バンドパスフィルターを通して光電子増倍管で検出されます。光検出器系が大気側にあるため、光のエネルギーを選別するバンドパスフィルターを容易に交換することができます。

項目	【アルバック・ファイ】 LEIPS	従来の 逆光電子分光装置
試料の分析位置	XPS, UPSと同一点分析が可能。 Ar銃, GCIB銃も同一位置の照射可能。	XPS, UPSと別位置での分析。 試料搬送が必要。
電子のエネルギー	5 eV以下 有機物に対して低損傷	～10 eV 有機物に対する損傷が大きい
光エネルギーの選択	大気中でバンドパスフィルターの交換が可能	事実上不可
エネルギー分解能	0.45 eV以下	～0.6 eV

LEIPSと従来の逆光電子分光装置の違い



LEIPSの模式図

[\*] 文献：H. Yoshida, Chem. Phys. Lett. 539-540, 180 (2012).

H. Yoshida, J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. 204, 116 (2015).

吉田弘幸, 「低エネルギー逆光電子分光装置の開発と有機エレクトロニクスへの応用」, 応用物理 84(3), 245-249 (2015)

特許：P6108361 (固体の空準位測定方法及び装置：吉田弘幸)

 **ULVAC-PHI, INC.**

<https://www.ulvac-phi.com>



本社・工場

〒253-8522 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500

TEL: 0467-85-4220

FAX: 0467-85-4411

※ このカタログに掲載した製品(以下、本製品)は、外観および仕様を予告なく変更することがあります。  
※ 本製品は、外国為替及び外国貿易法の安全保障輸出管理の規制品に該当することがありますので、  
輸出または日本国外に持ち出す場合には事前にお問い合わせ下さい。

Printed in Japan/MT0071/WFJ