

ThermoFisher
S C I E N T I F I C

The world leader in serving science

UPS功能应用和 Avantage数据处理

葛青亲 博士 13774363530

Albert.ge@thermofisher.com

表面分析 应用专家

赛默飞世尔科技(中国)有限公司

目录

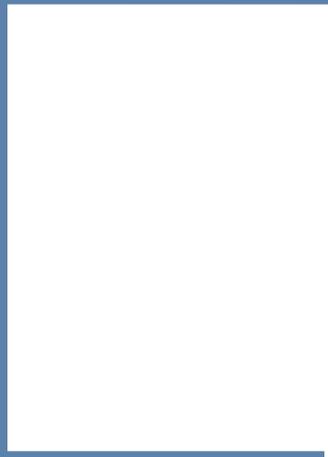
I: UPS原理和功能

- UPS简介
- UPS技术介绍
- Au材料的UPS标准谱

II: UPS采谱设置与数据处理

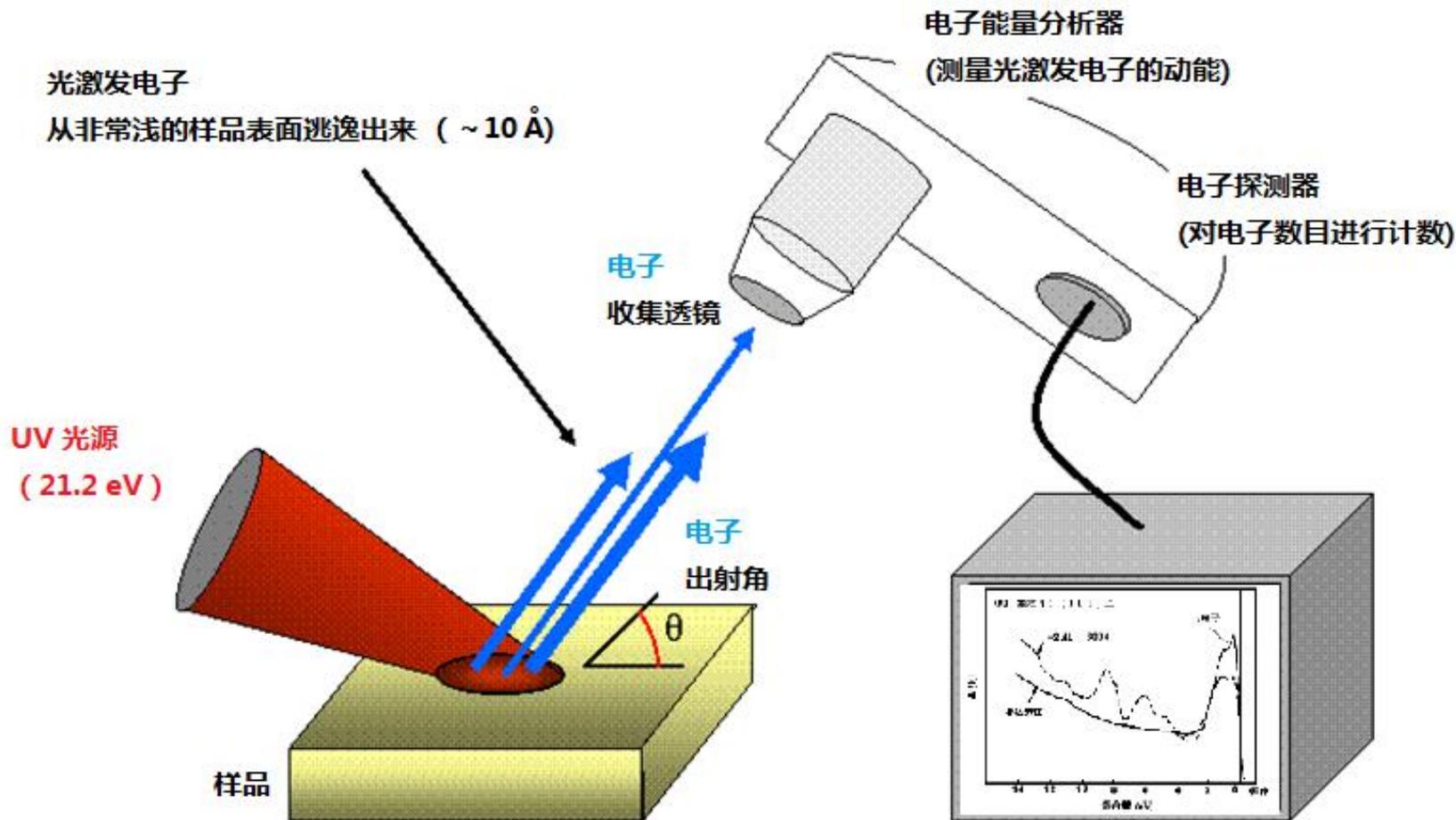
III: UPS的应用举例

- 测量OLED材料的价带能级结构
- 在有机太阳能 (OSC) 电池上的应用
- 结合MAGCIS深度剖析共混聚合物



UPS的基本原理

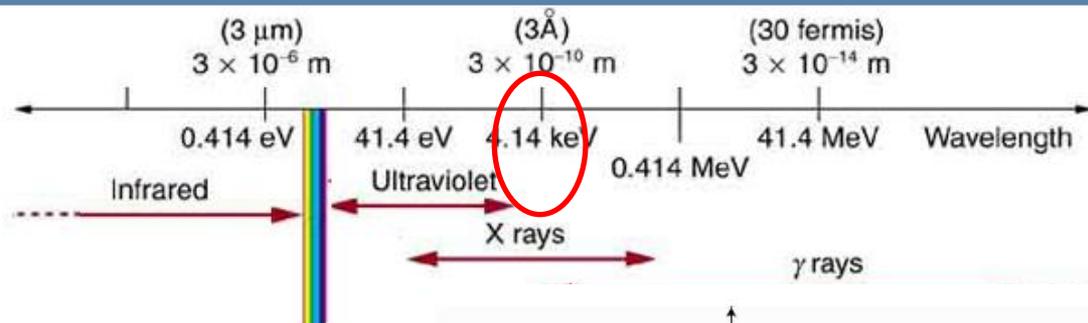
UPS简介



一般要求被测样品是固体，因为运行需要超高真空($< 10^{-8}$ torr)

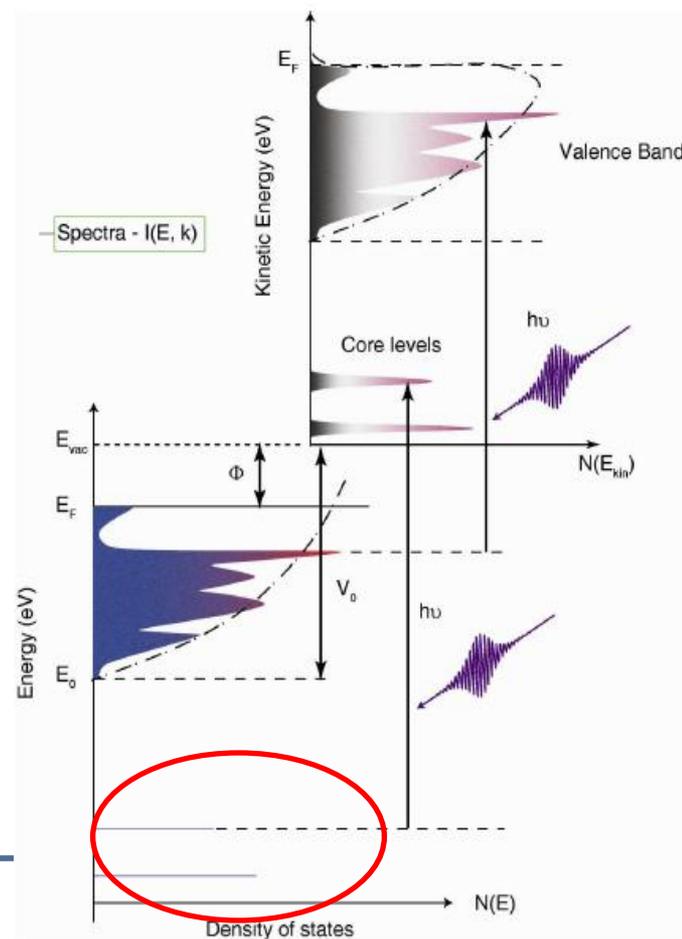
光电子的动能

$$E_k = h\nu - E_B - \Phi$$



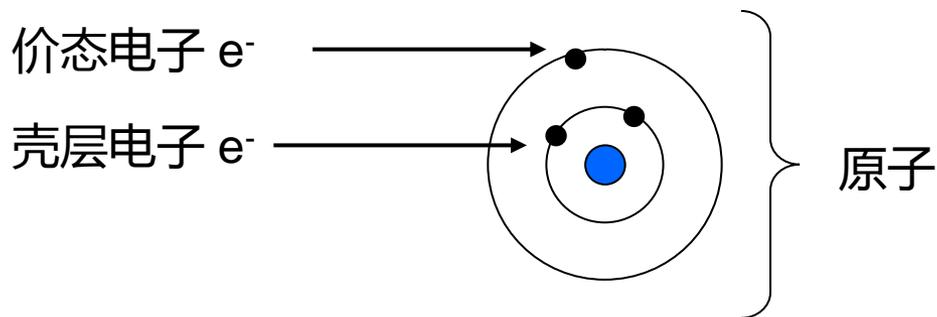
✦ 材料壳层（芯能级）电子的结合能一般在几百eV的量级，所以一般要求我们使用X射线。（XPS）

✦ 而如果我们要求探测材料的价带电子，我们使用紫外灯光源就足够了。（UPS）



UPS测量??的“指纹”?

- 元素芯能级的电子和原子核靠的非常近，和其他原子相互作用比较弱，反映的是每个原子所代表的元素的本征性质。
- 原子费米能级附近的电子(价态电子)在材料内部比较巡游，携带的是整个材料体系的性质，因此反映的是材料电子关联相互作用之后的信息。



UPS简介小结

- UPS的工作原理和XPS一样，但是能量远远小于X光，因此有比较好的能量分辨率来研究价带的电子结构，是XPS手段的一个重要补充
- XPS探测的是芯能级的电子信息，反映的是对应元素的本征线性，由此来对材料的元素组成，元素价态情况等进行分析。
- 而UPS探测的是价带电子的结构信息，价带电子在材料中比较巡游，到处运动，反应的是整个材料的关联电子结构。
- 一般的UPS光源通过对惰性气体放电来实现，He、Ne、Ar、Kr、Xe等，能量一般在几十个eV左右。

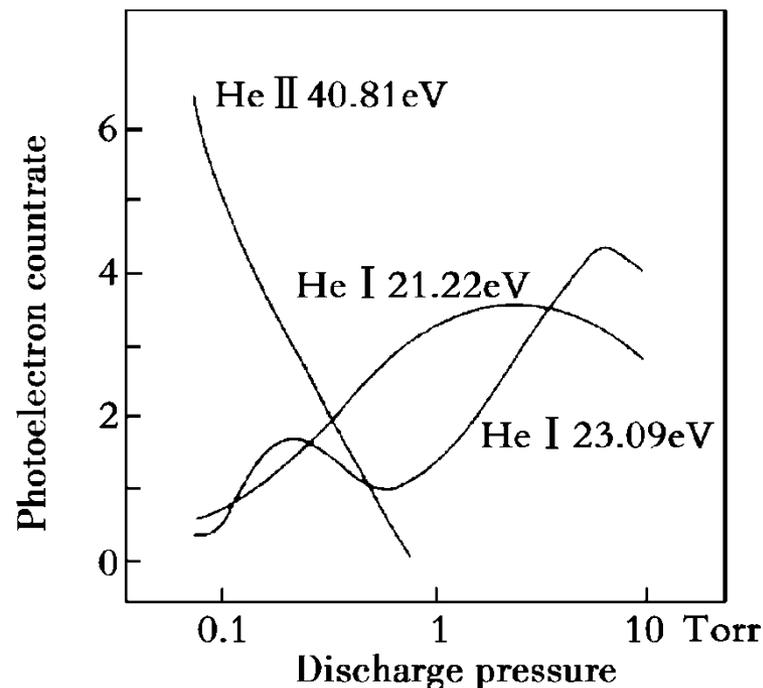


GAS	PHOTON ENERGY (eV)
Ar I	11.7
Ne I	16.8
He I	21.2
Ne II	26.9
Ar II	30.3
He II	40.8

氦气放电发射

- 通过气体放电产生的UV光一般含有好几个线型。这些本征线型的光子能量和相对强度也很不相同。
- 其中主要的能量是HeI和HeII，见下表格。
- 而其中的He-I α 线型 (21.22 eV) 是强度最强的，因此其他的线型光子能量组成我们一般可以忽略。

Emission Line	Photon Energy / eV
HeI α	21.22
HeI β	23.09
HeI γ	23.74
HeI δ	24.04
HeI ϵ	24.21



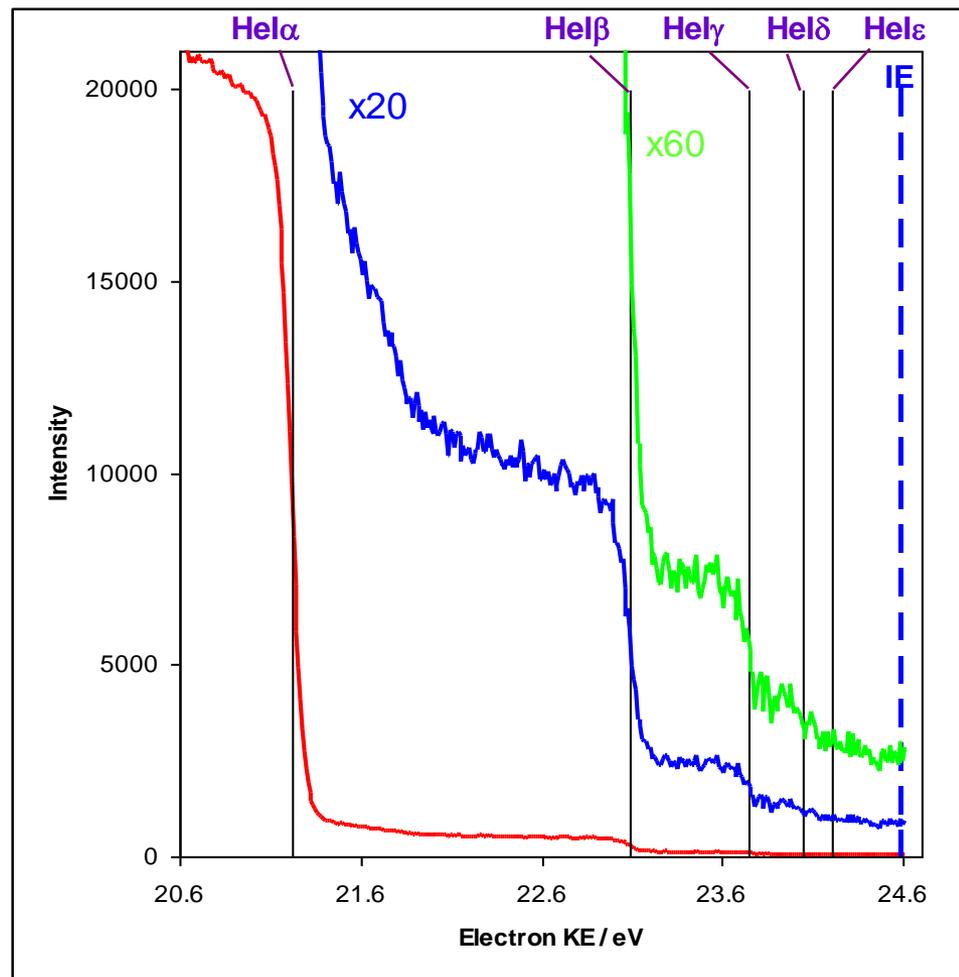
Emission Line	Photon Energy / eV
HeII α	40.81
HeII β	48.37
HeII γ	51.02
HeII δ	52.24

HeI 的UPS谱

- 做图所示是He-I 的UPS 谱和Ag的费米边。
- 其他利用He-I α , He-I β , He-I γ , He-I δ 和He-I ϵ 线型能量光子得到的UPS 谱也被标识出来。
- 这些线型对应的光子能量的相对强度如下：

HeI α	97.7%
HeI β	1.9%
HeI γ	0.4%
HeI δ	0.2%

He-I 的UPS 谱和Ag的费米边

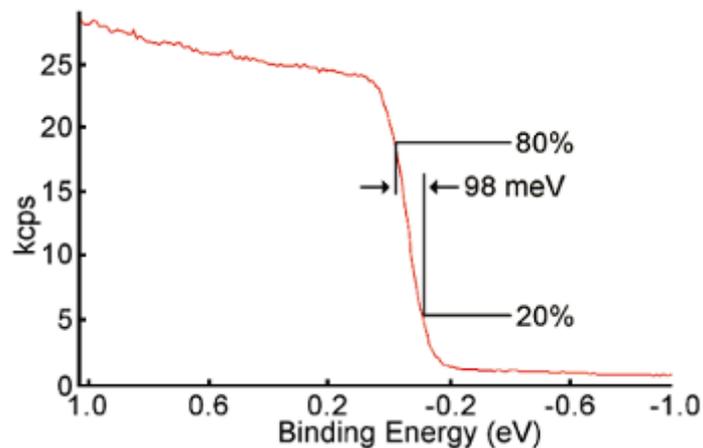


UPS的技术指标

- UV灯——He灯
 - 光斑大小 (1 ~ 2 mm)
 - 能量分辨率 90 ~ 120 meV
 - 能量分析器分析电子动能从0 eV开始
 - 光子通量 (1.5×10^{12} photons/second)
 - 双极差分系统，保证分析腔真空



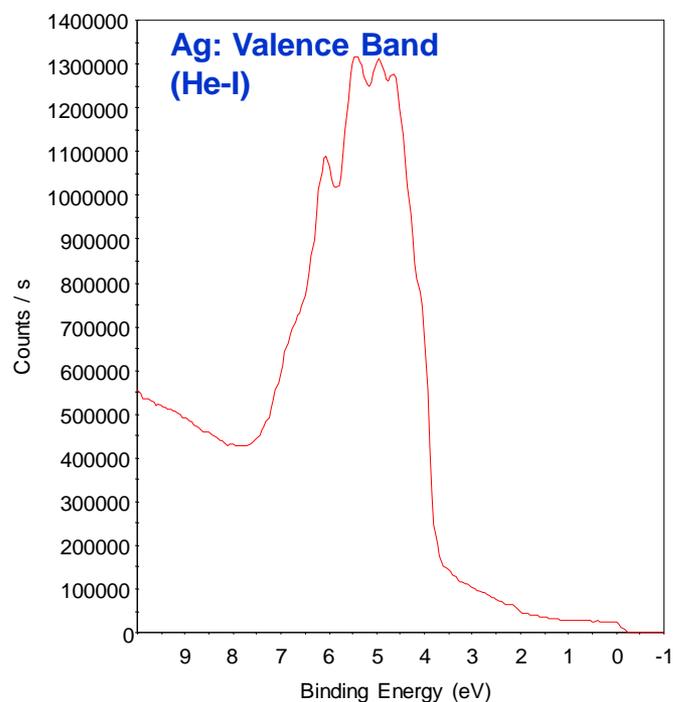
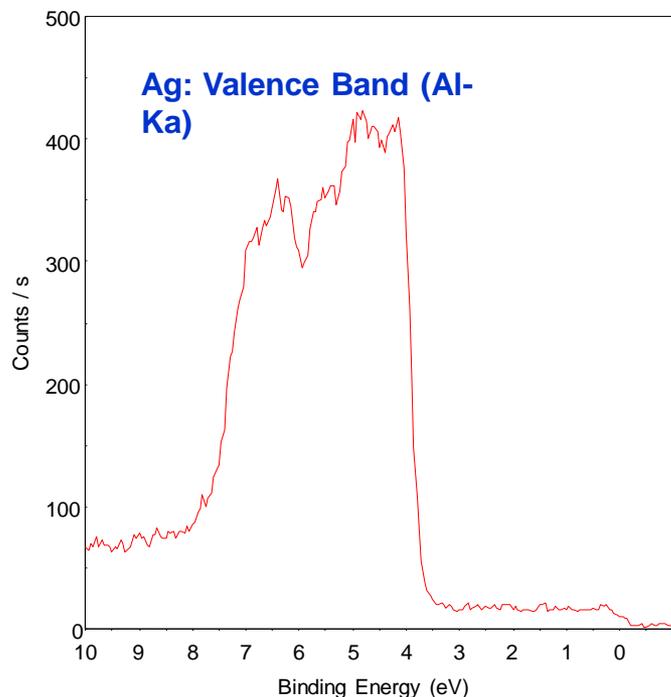
■ Ag的UPS谱



常温下 Ag 的费米边

利用UV灯和X光得到的Ag价态谱比较

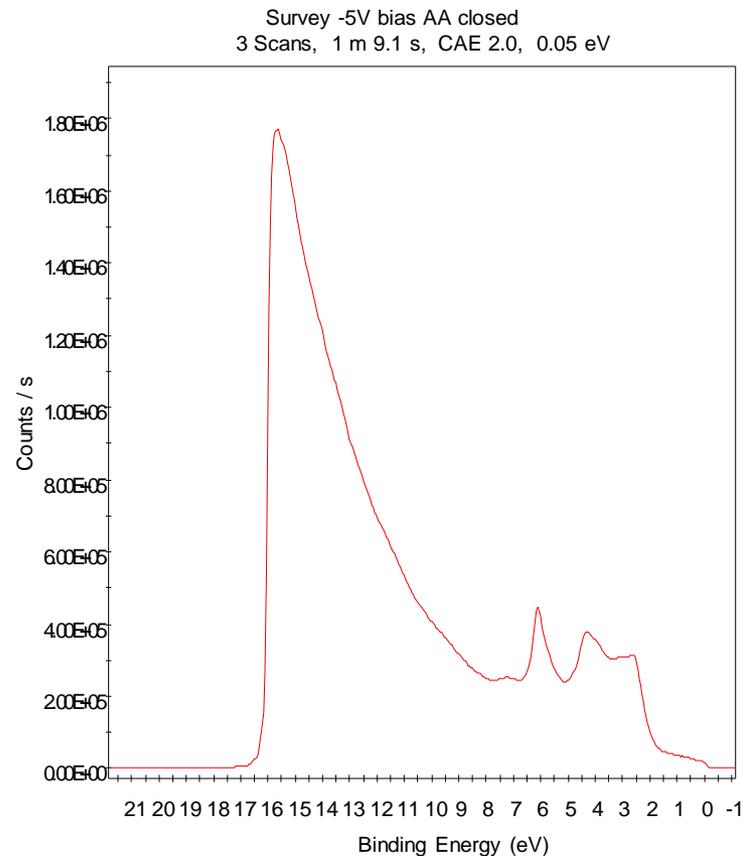
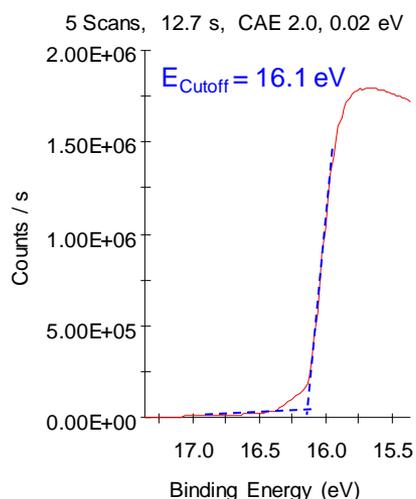
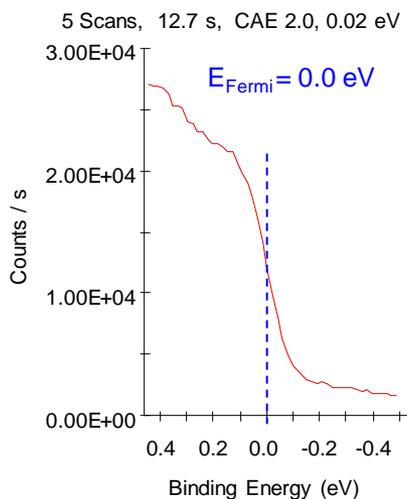
- 材料的价态谱既可以利用UPS得到，也可以在测量XPS时测得。而相比来说，XPS（左侧）到的谱信号强度比较弱，需要很长的时间才能得到信噪比好的谱。
- 而UPS得到的价态谱强度要打得过，要高3、4个数量级，这是因为低能电子相对于21.2eV的电子有更大的光电离截面。因此采谱时间更快，同时UPS有高的能量分辨率，可以清楚分辨一些比较精细的feature。



标准金样品的UPS谱图分析

- 一般需要对样品进行加负偏压处理，可以帮助我们分析材料的功函数；同时加偏压，可以增强电子计数率，特别是二次电子部分。
- 从右图的谱中我们可以看到Au的UPS在8eV以后开始剧烈上升，表明有比较强的二次电子。
- 高分辨率的费米边谱和二次电子阶段谱可以进一步帮助我们得到材料的功函数：

$$\Phi = h\nu - (E_{\text{Cutoff}} - E_{\text{Fermi}}) = 5.1 \text{ eV}$$

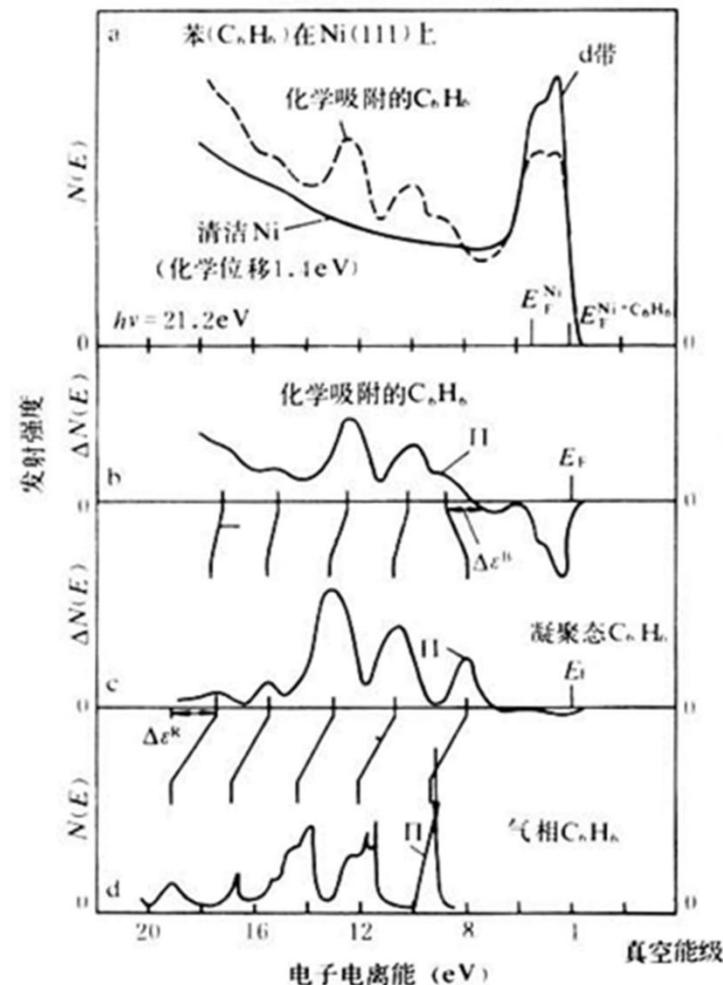


苯表面吸附质和纯气/凝聚相的UPS比较

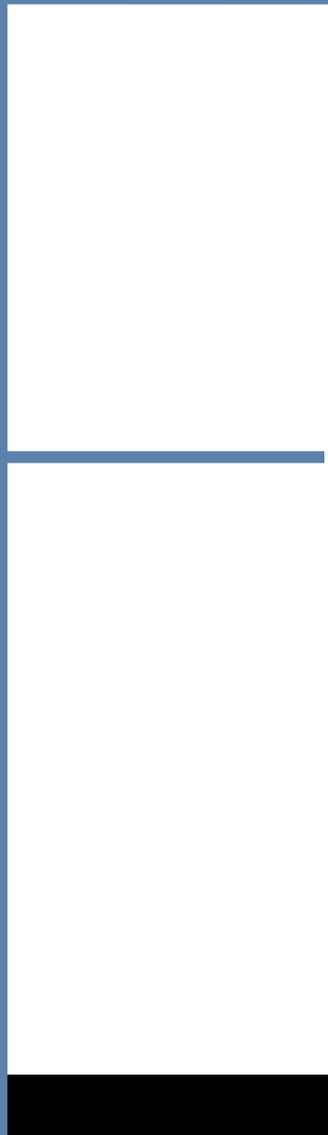
HeI线激发的清洁的Ni片和吸附有苯的Ni片的UPS谱

吸附分子的UPS谱与自由分子的谱进行了比较

在研究表面吸附时，可以了解吸附物质的性质以外，以及吸附物质与表面是否发生相互作用以及相互作用的程度等

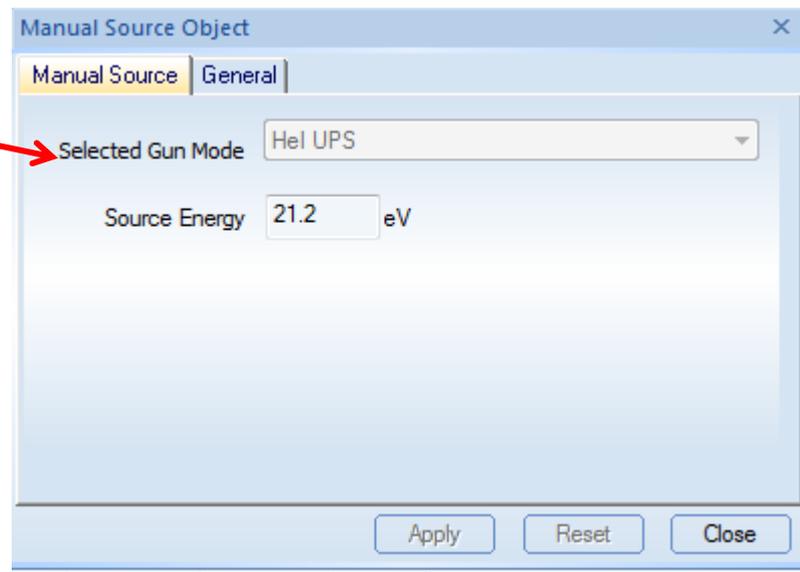
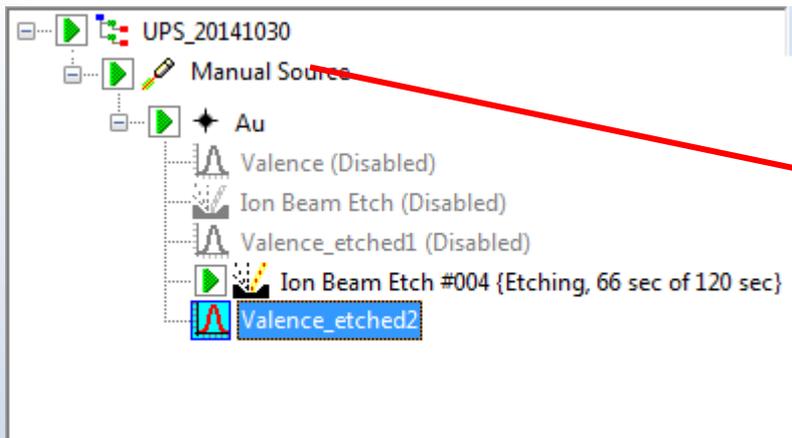


清洁的 Ni(111)上吸附了苯以及凝聚的苯和气态的苯的光电子谱(hν=21.2eV)



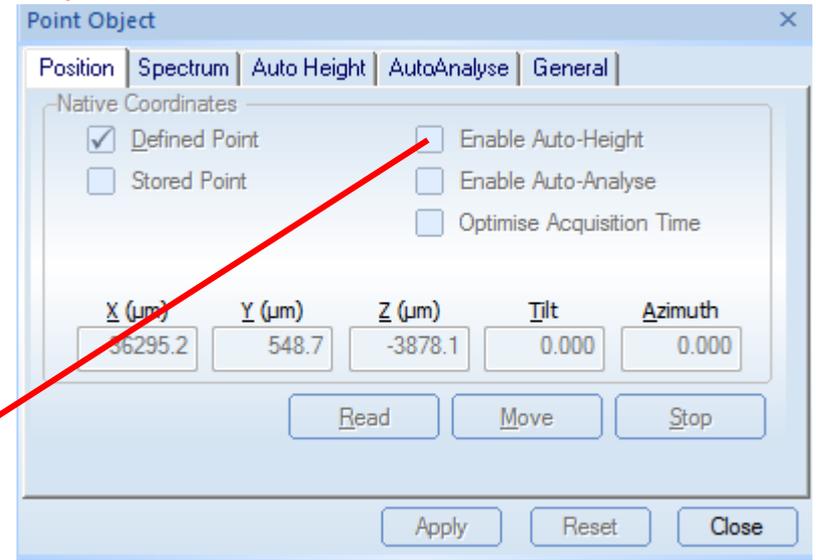
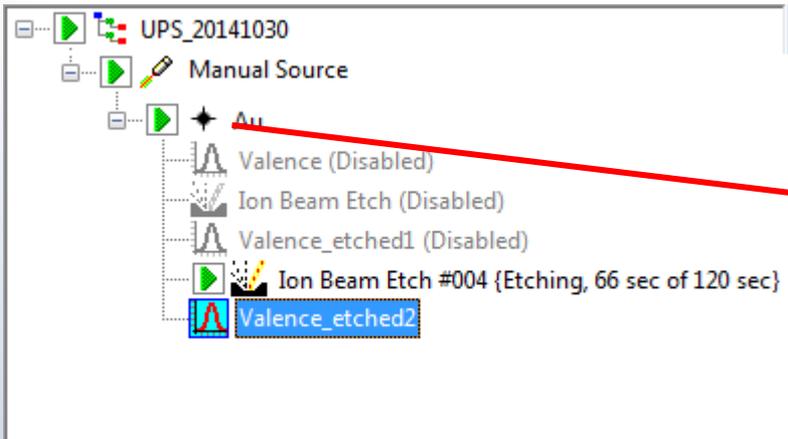
● **UPS采谱设置与数据处理**

程序树



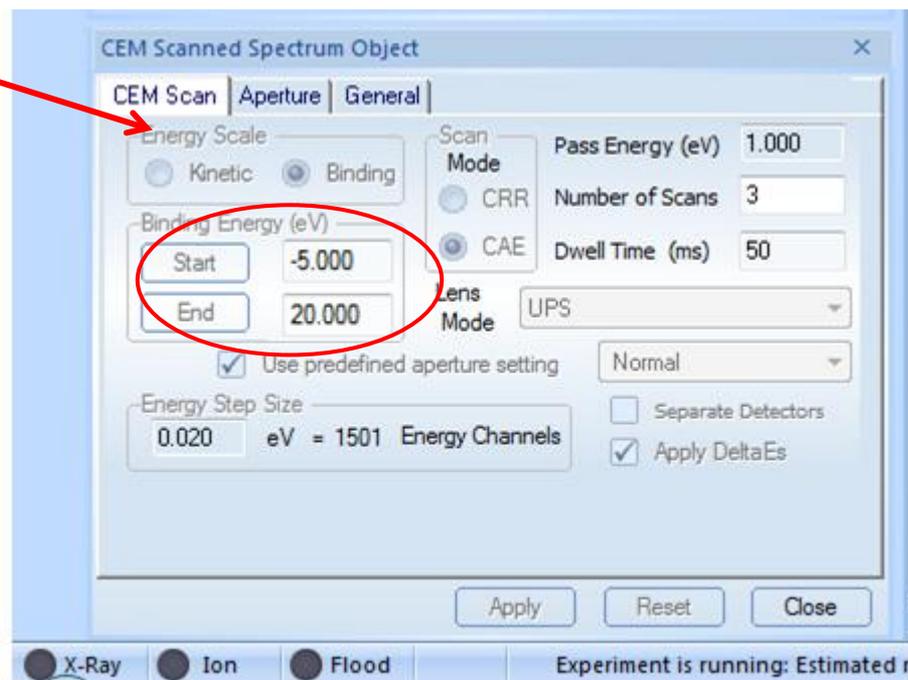
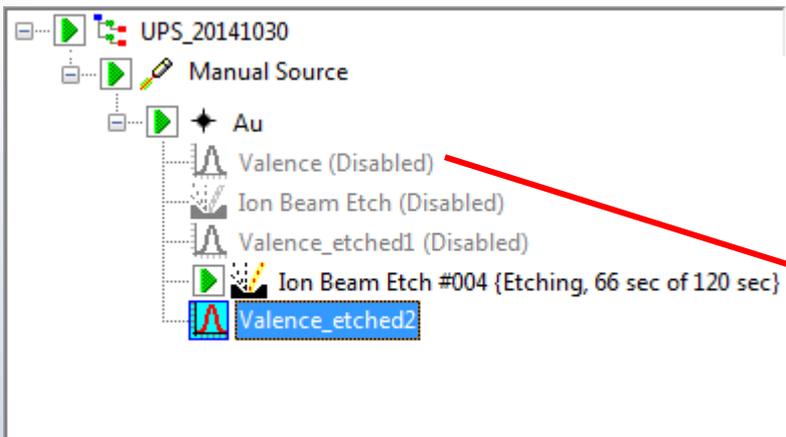
选择手动源设置，并手动启动紫外灯

程序树



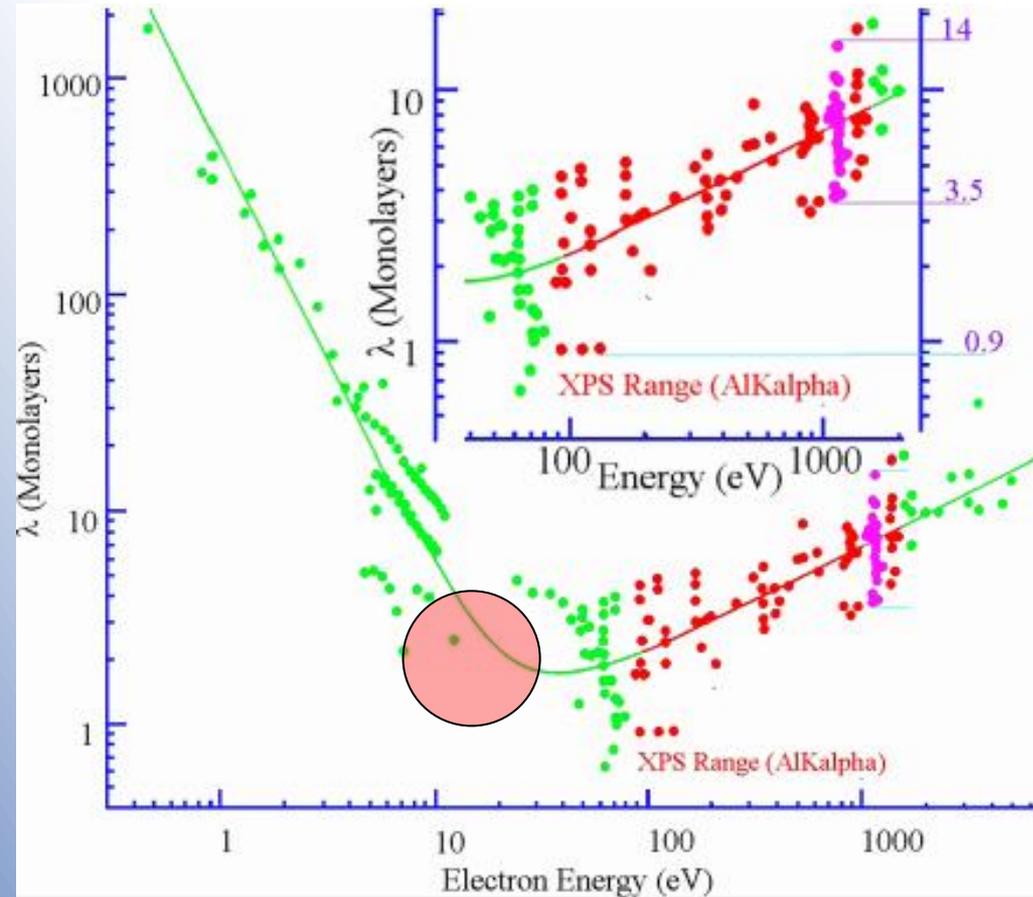
不要在UPS模式下设置自动高度功能，可以目测光学聚焦或者使用XPS模式进行自动高度

程序树



因为紫外灯能量为 21.2eV ，一般仪器的功函数在 4eV 左右，因此设置采谱范围 $-5\text{—}20\text{eV}$ 能够满足采谱的需要

UPS的表面敏感性



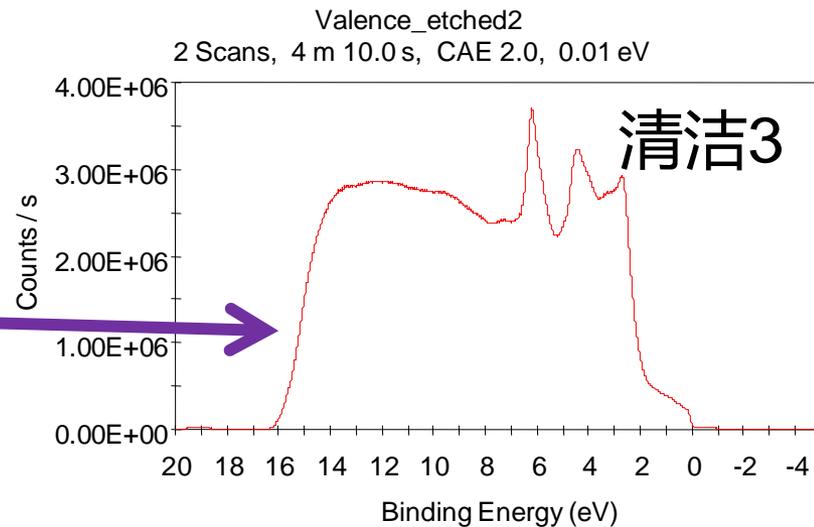
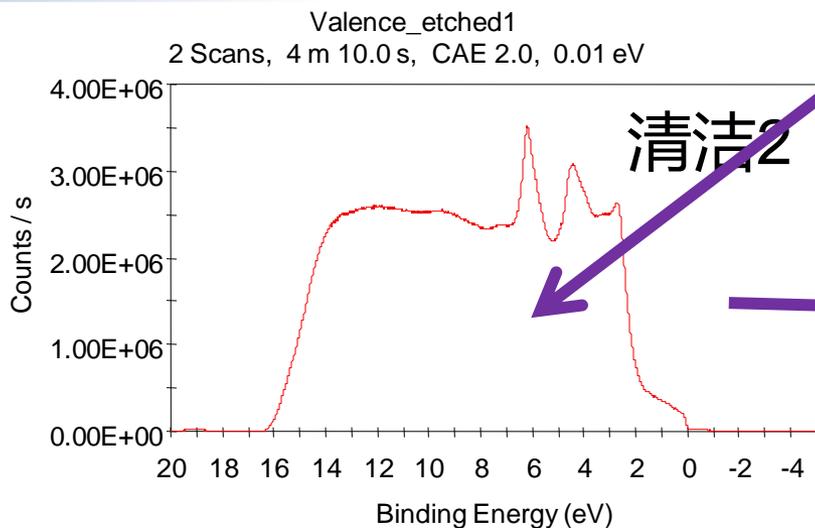
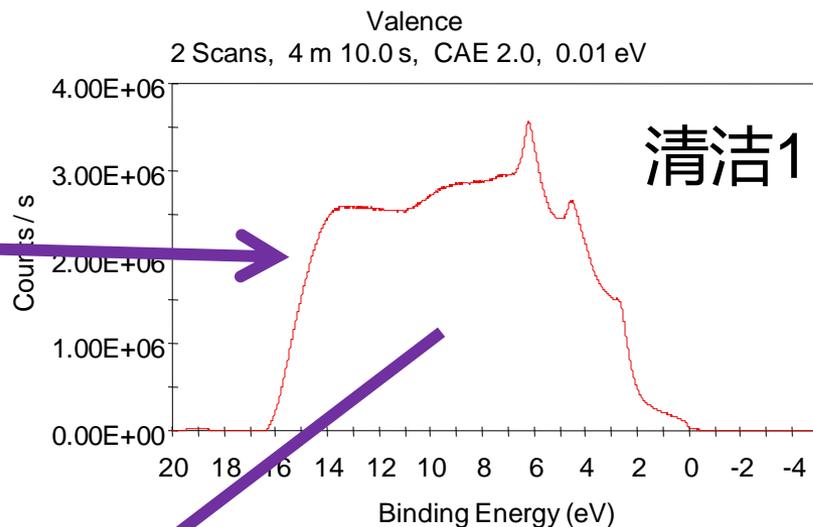
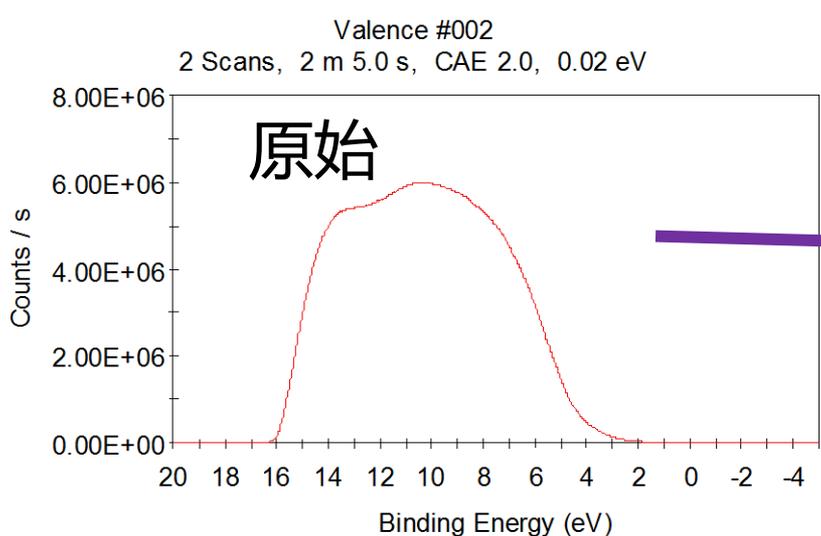
XPS 电子信息来源

10nm ~30个原子层

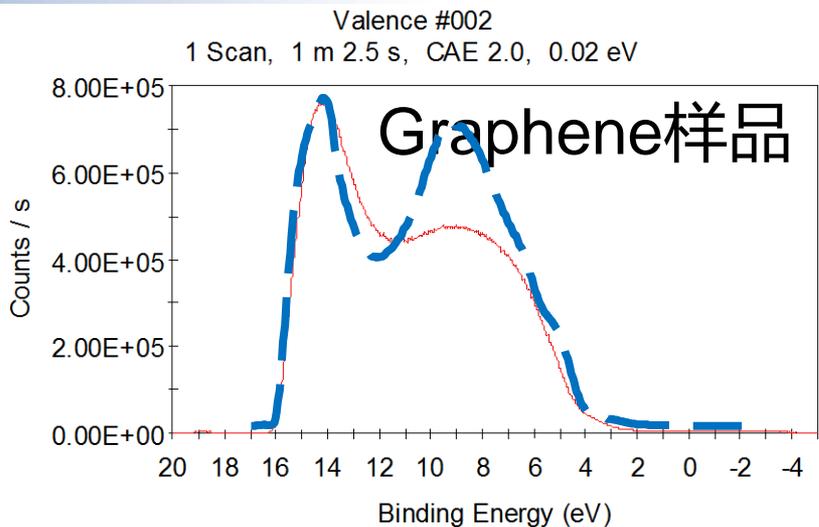
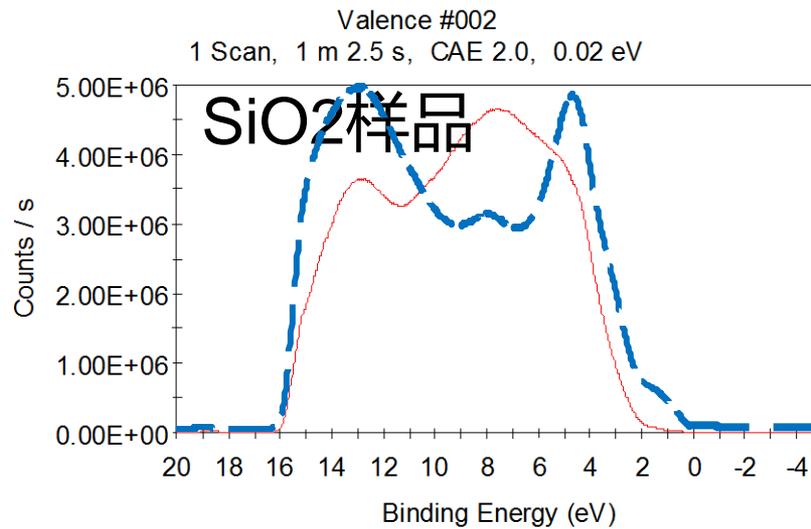
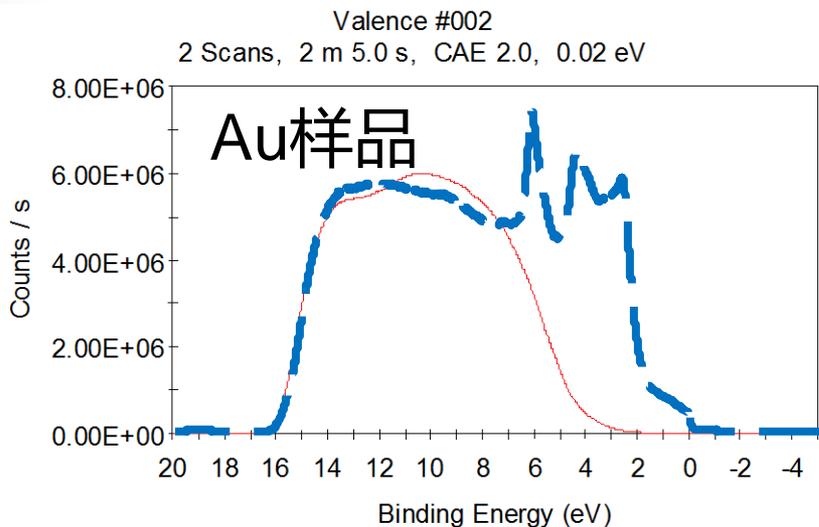
UPS相比于XPS更加**表面敏感**

~10个原子层

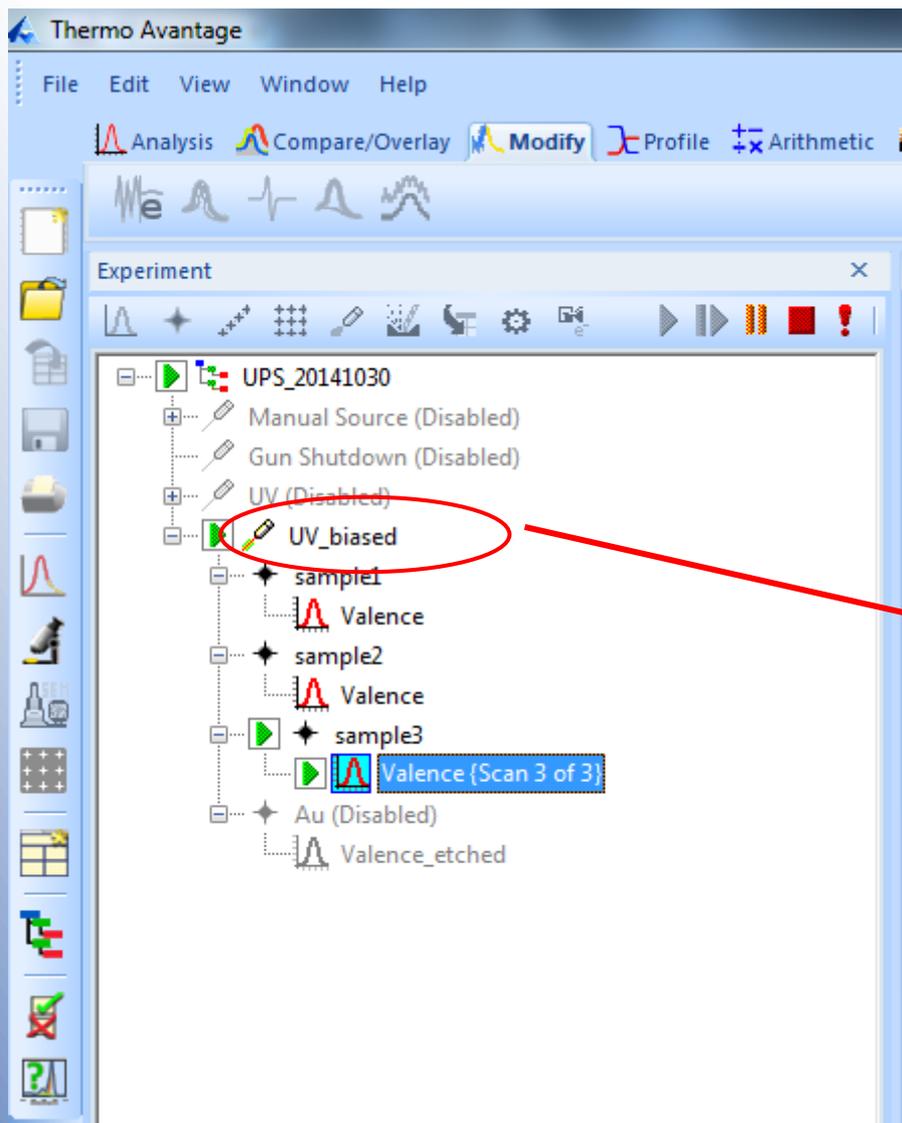
UPS的表面敏感性——清洁前后Au的价带谱结构



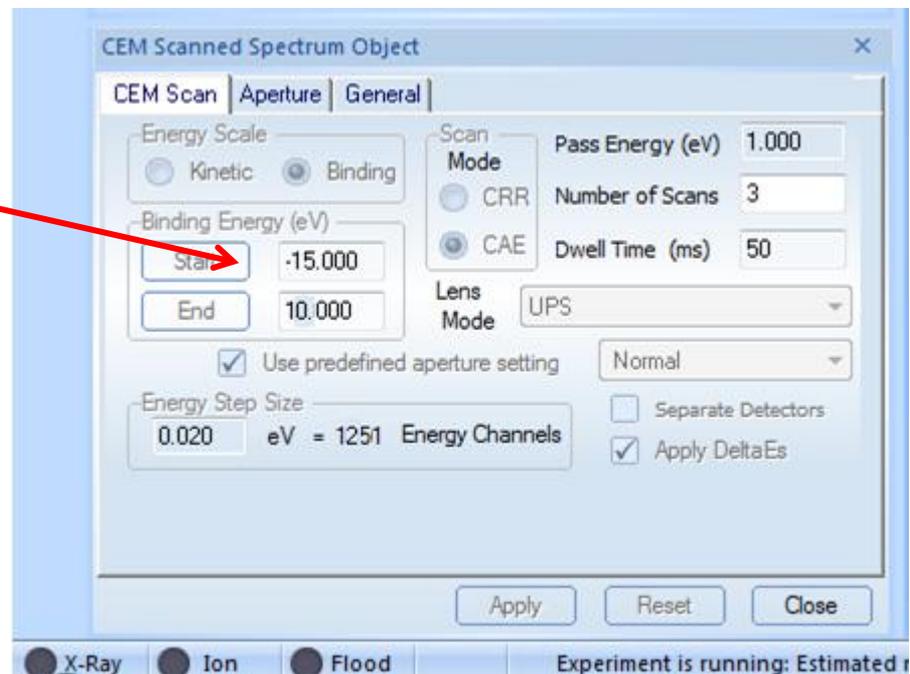
UPS的表面敏感性——表面C污染信号



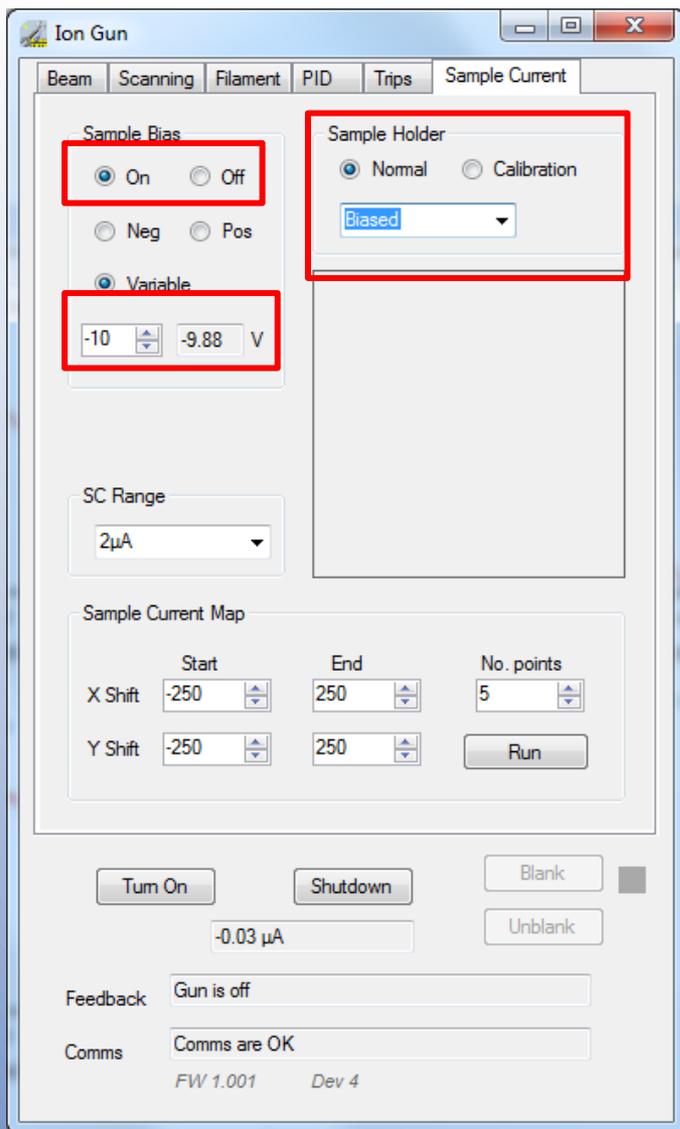
偏压设置——负10V偏压



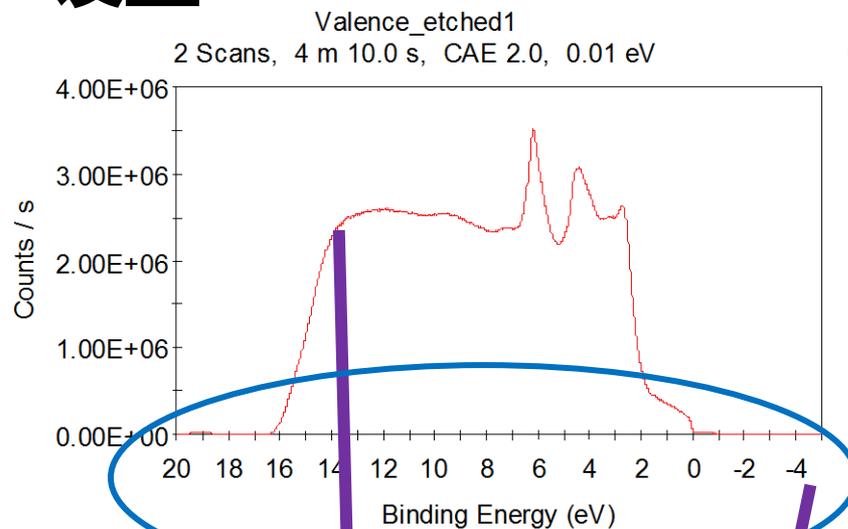
相应的采谱范围往前移动
10eV，-15V——10eV能满足
测试需要



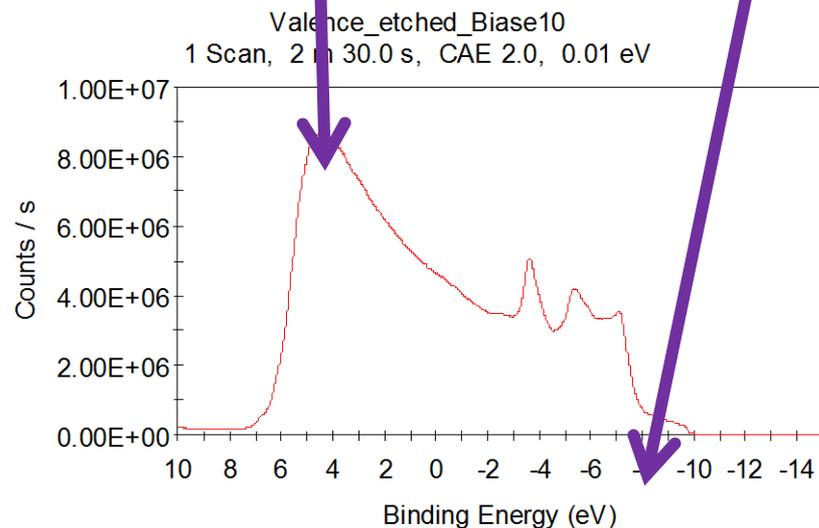
偏压设置——集成于Ion Gun设置



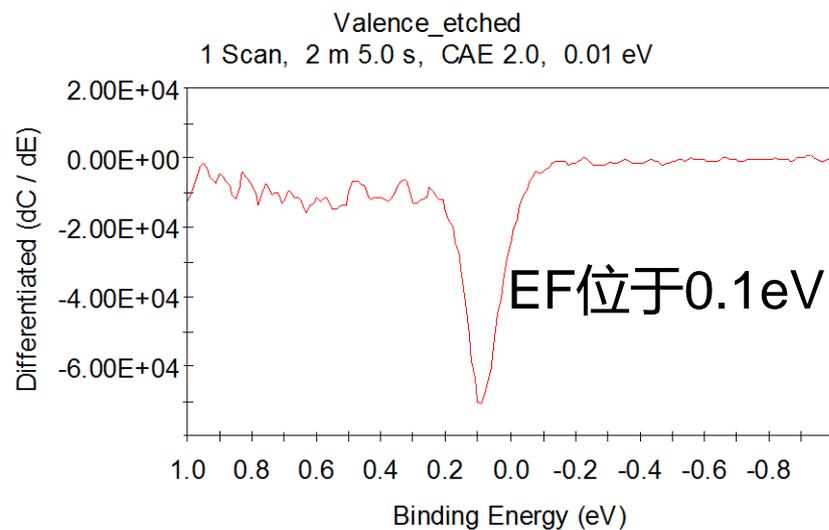
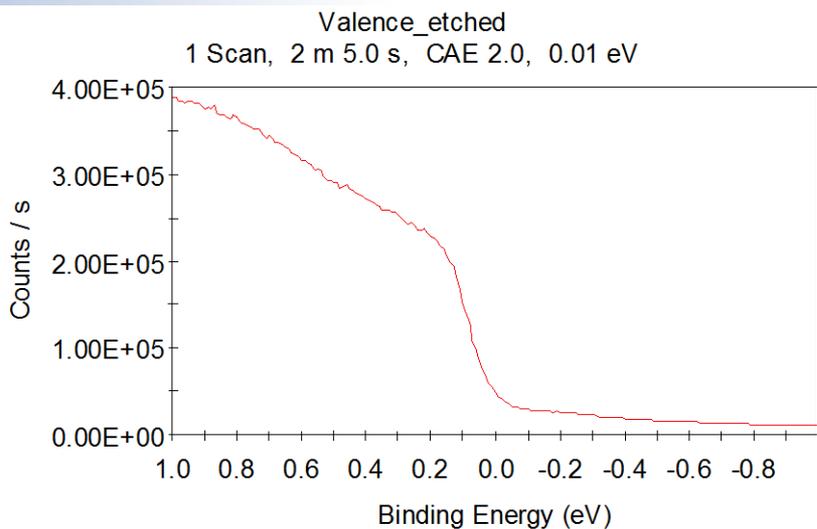
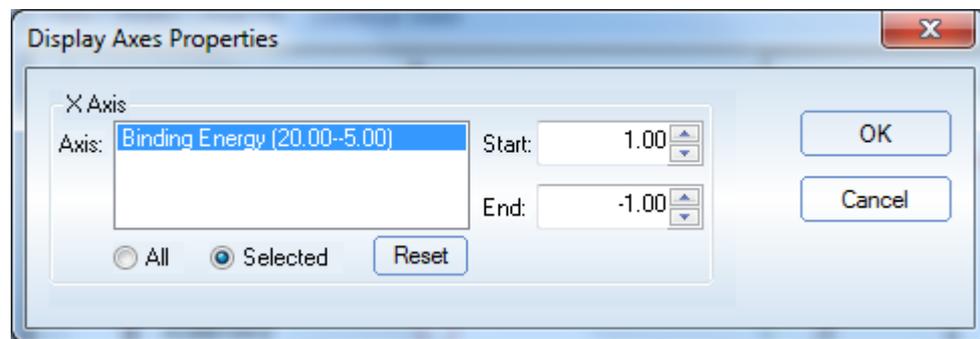
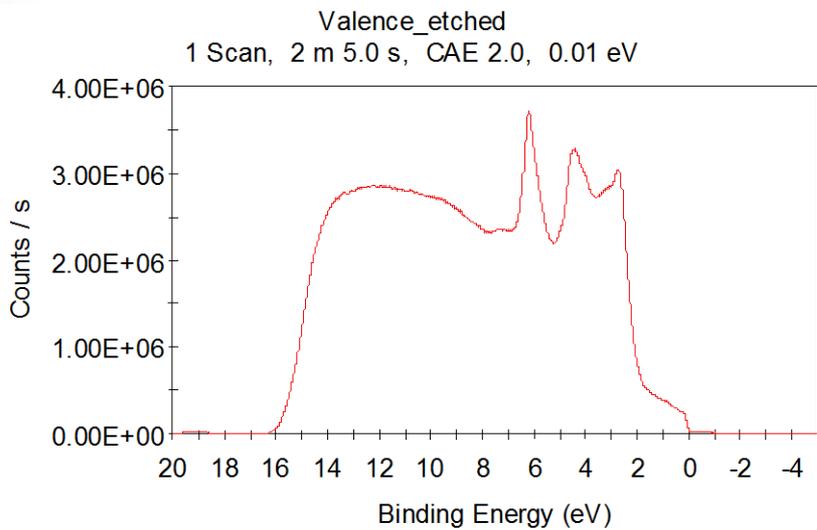
无偏压



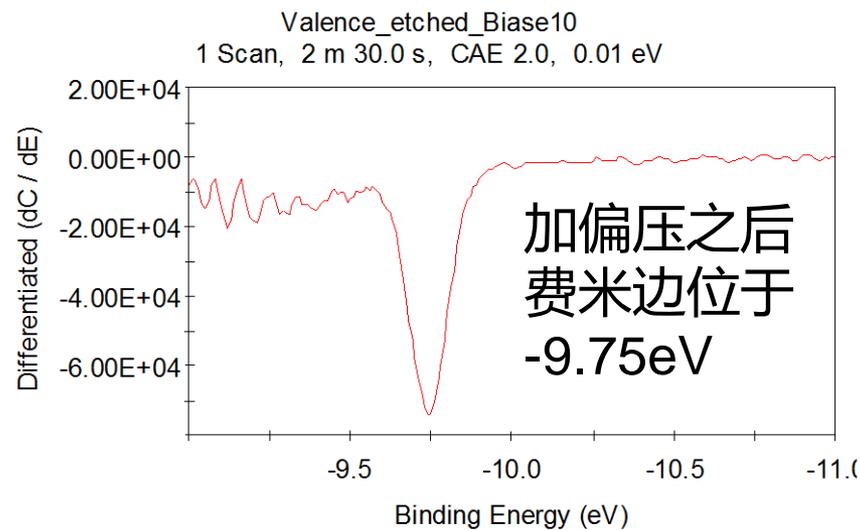
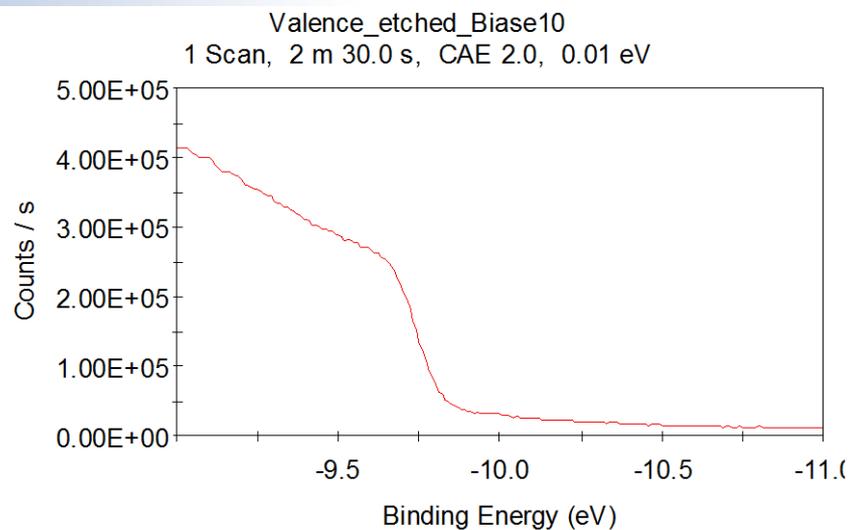
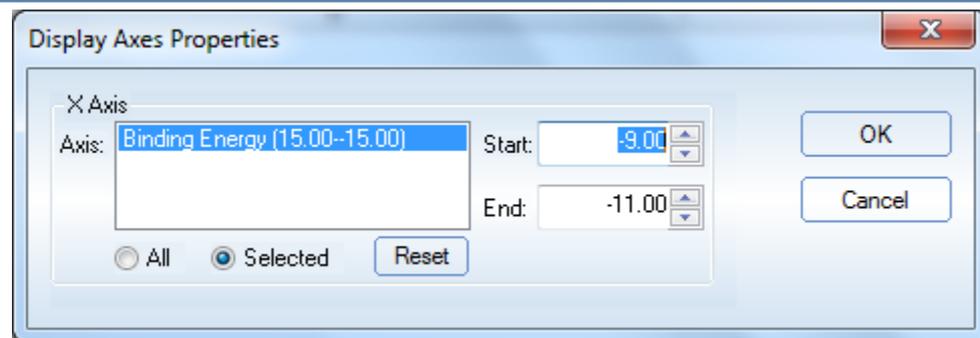
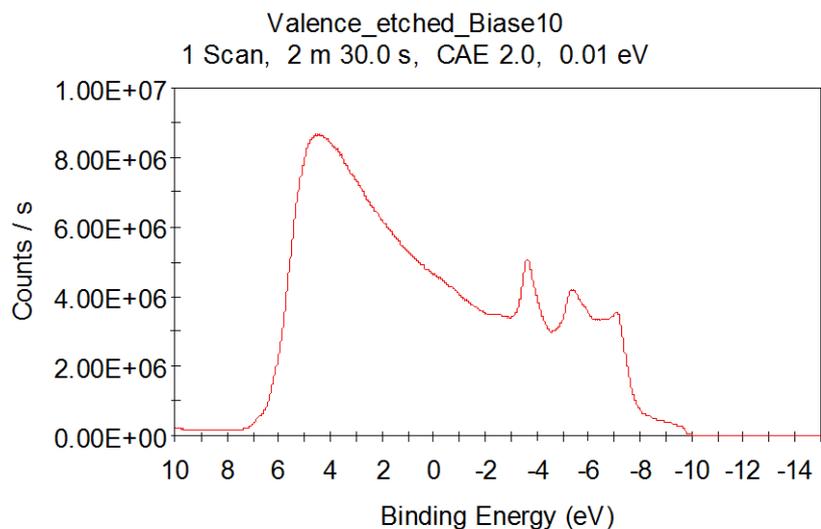
-10V偏压



费米边



费米边——加了-10V偏压



计算截止边的小程序



WF
calculator....

WF calculator.xlsx - Microsoft Excel

Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Acrobat

Clipboard: Cut, Copy, Paste, Format Painter

Font: 宋体, 11, Bold, Italic, Underline, Text Color, Background Color, Font Face, Font Size

Alignment: Wrap Text, Merge & Center

Number: General, Percentage, Decimals, Thousands Separator

Styles: Conditional Formatting, Format as Table, Cell Styles

Cells: Insert, Delete, Format

Editing: AutoSum, Fill, Clear, Sort & Filter, Find & Select

M11

	A	B	C	D	E	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		

Paste cut-off data to yellow box
Enter maximum from differentiated data in blue box (as i

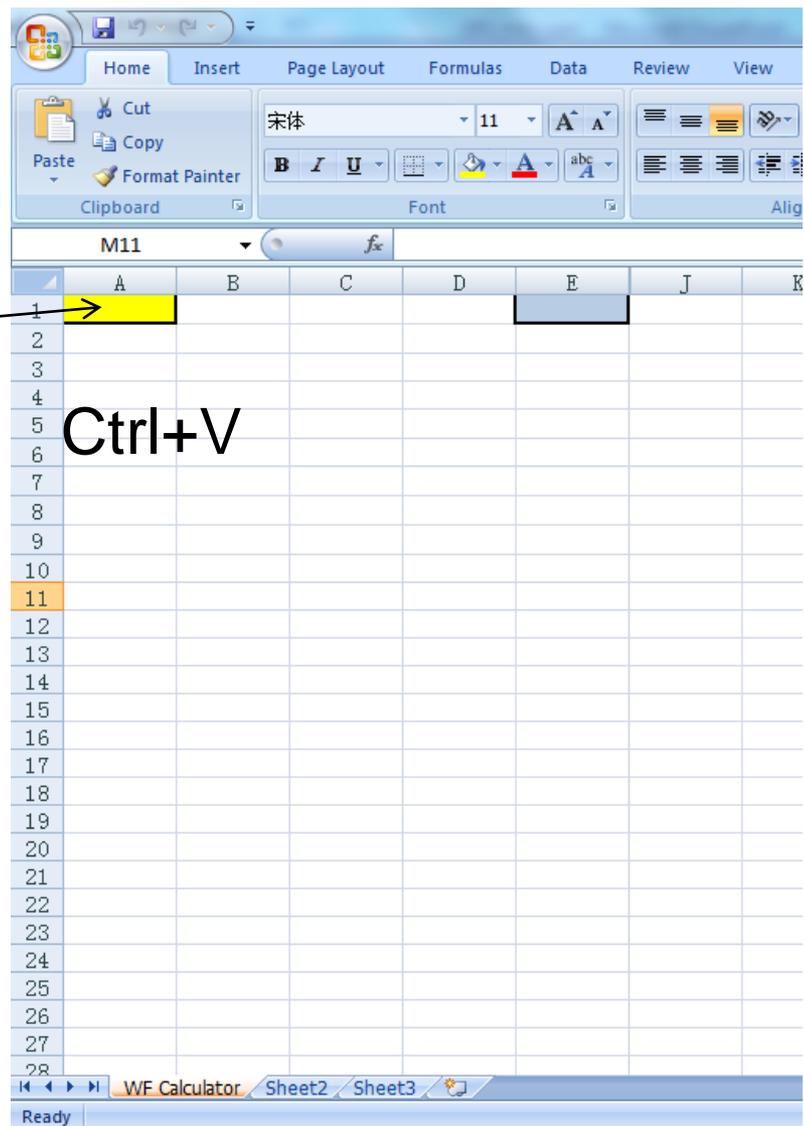
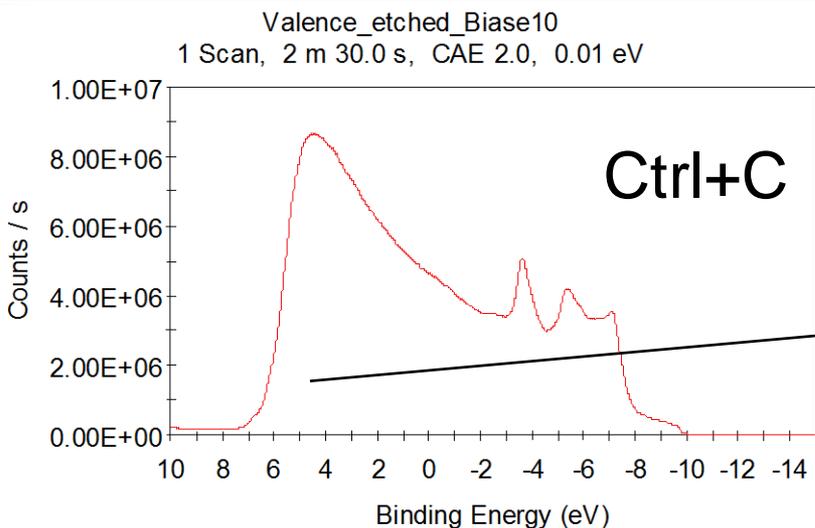
Result

eV

Differentiated cut off

Kinetic Energy (eV)

计算截止边的小程序



计算截止边的小程序

WF calculator.xlsx - Microsoft Excel

Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Acrobat

Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Editing

Axis Energy Elements= 2501

D:\ThermoFisher\20141030\shao qinsi\UPS_20141030\UV_biased\Au #005\Valence_etched_Biase10.VGD

Result

eV

Binding Energy (E)

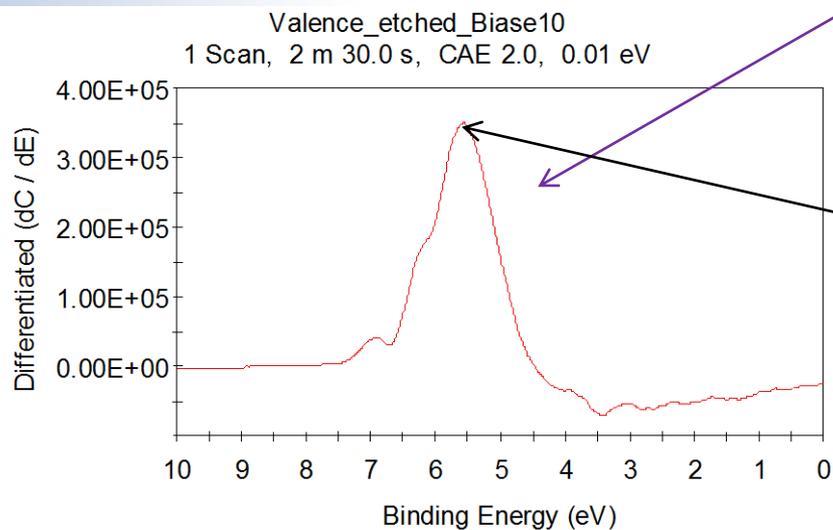
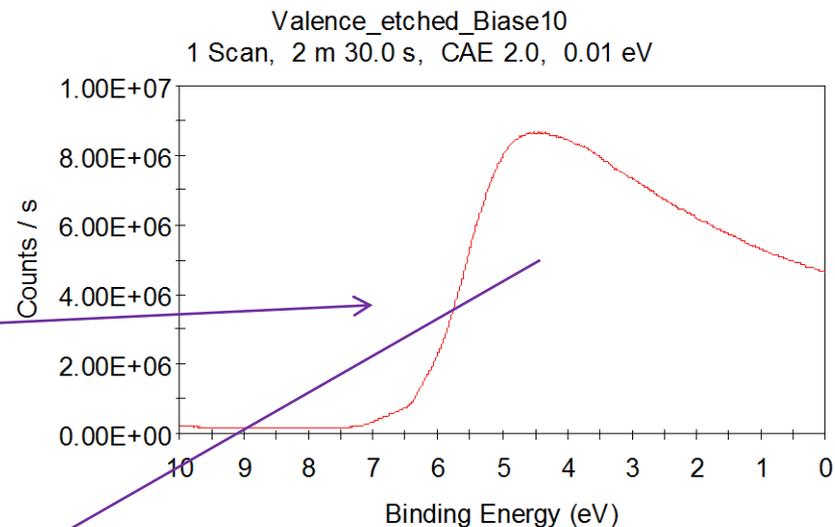
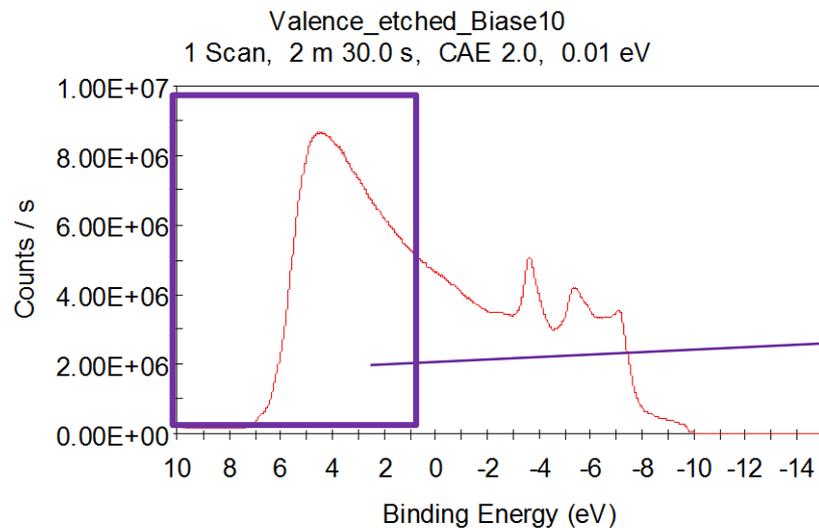
eV	Counts / s
10	215497
9.99	217011
9.98	216613
9.97	214842
9.96	215580
9.95	214314
9.94	217153
9.93	214232
9.92	210254
9.91	210771
9.9	212956
9.89	211479
9.88	207733
9.87	210531
9.86	208332
9.85	205079
9.84	205736

Differentiated cut off

Kinetic Energy (eV)

Ready Average: 1399859.399 Count: 5011 Sum: 7003496572 100%

计算截止边的小程序



5.55

计算截止边的小程序

5.55

WF calculator.xlsx - Microsoft Excel

Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Acrobat

Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Editing

Axis Energy Elements= 2501

D:\ThermoFisher\20141030\shao qinsi\UPS_20141030\UV_biased\Au #005\Valence_etched_Biase10.VGD

Result

eV

Binding Energy (E)

eV	Counts / s
10	215497
9.99	217011
9.98	216613
9.97	214842
9.96	215580
9.95	214314
9.94	217153
9.93	214232
9.92	210254
9.91	210771
9.9	212956
9.89	211479
9.88	207733
9.87	210531
9.86	208332
9.85	205079
9.84	205736

Paste cut-off data to yellow box
Enter maximum from differentiated data in blue box (as 5.55)

Differentiated cut off

Kinetic Energy (eV)

Average: 1399859.399 Count: 5011 Sum: 7003496572 100%

计算截止边的小程序

WF calculator.xlsx - Microsoft Excel

Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Acrobat

Clipboard: Cut, Copy, Paste, Format Painter

Font: 宋体, 11, Bold, Italic, Underline, Color, Background Color, Text Color

Alignment: Wrap Text, Merge & Center

Number: General, Percentage, Decimals, Thousands Separator

Styles: Conditional Formatting, Format as Table, Cell Styles

Cells: Insert, Delete, Format

Editing: AutoSum, Fill, Clear, Sort & Find & Filter & Select

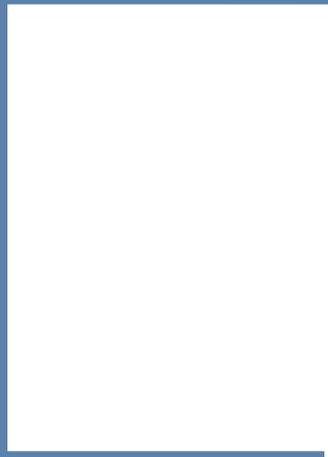
1	A	B	C	D	E	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1					5.55			Paste cut-off data to yellow box Enter maximum from differentiated data in blue box (as										
2	Axis	Energy	Elements=	2501				Result										
3								6.27 eV										
4	D:\ThermoFisher\20141030\shao qinsi\UPS_20141030\UV_biased\Au #005\Valence_etched_Biase10.VGD																	
5								Result										
6								6.27 eV										
7																		
8																		
9																		
10	Binding Energy (E)																	
11	eV		Counts / s															
12	10		215497															
13	9.99		217011															
14	9.98		216613															
15	9.97		214842															
16	9.96		215580															
17	9.95		214314															
18	9.94		217153															
19	9.93		214232															
20	9.92		210254															
21	9.91		210771															
22	9.9		212956															
23	9.89		211479															
24	9.88		207733															
25	9.87		210531															
26	9.86		208332															
27	9.85		205079															
28	9.84		205736															

Graph: Differentiated cut off
Kinetic Energy (eV)

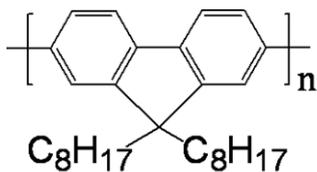
计算得到的截止边
位于6.27eV

功函数计算

$$\Phi = h\nu - (E_{\text{Cutoff}} - E_{\text{Fermi}}) = 21.2 - (9.75 + 6.27) = 5.2 \text{ eV}$$



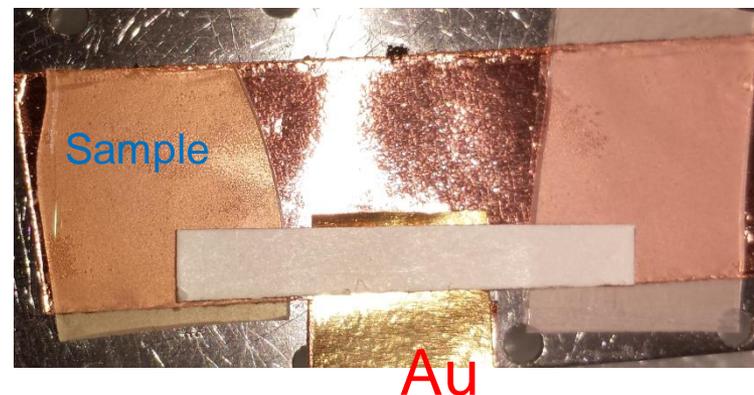
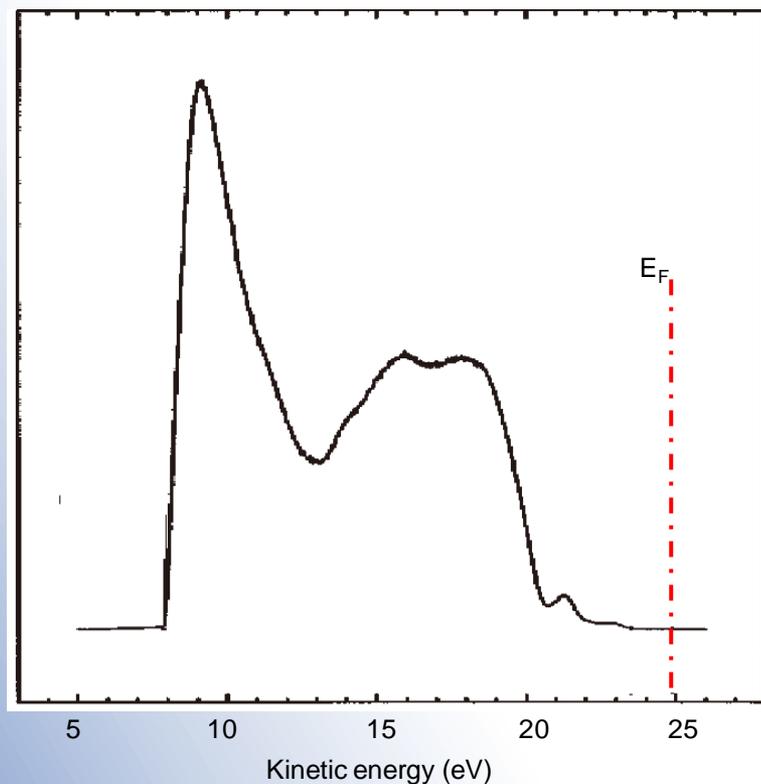
UPS数据分析举例



PFO (poly(9,9-dioctylfluorene))

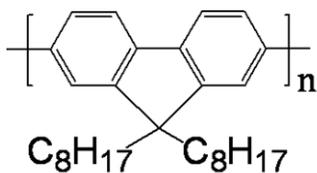
■ UPS 分析PFO OLED薄膜

• $E_F = 24.85 \text{ eV}$



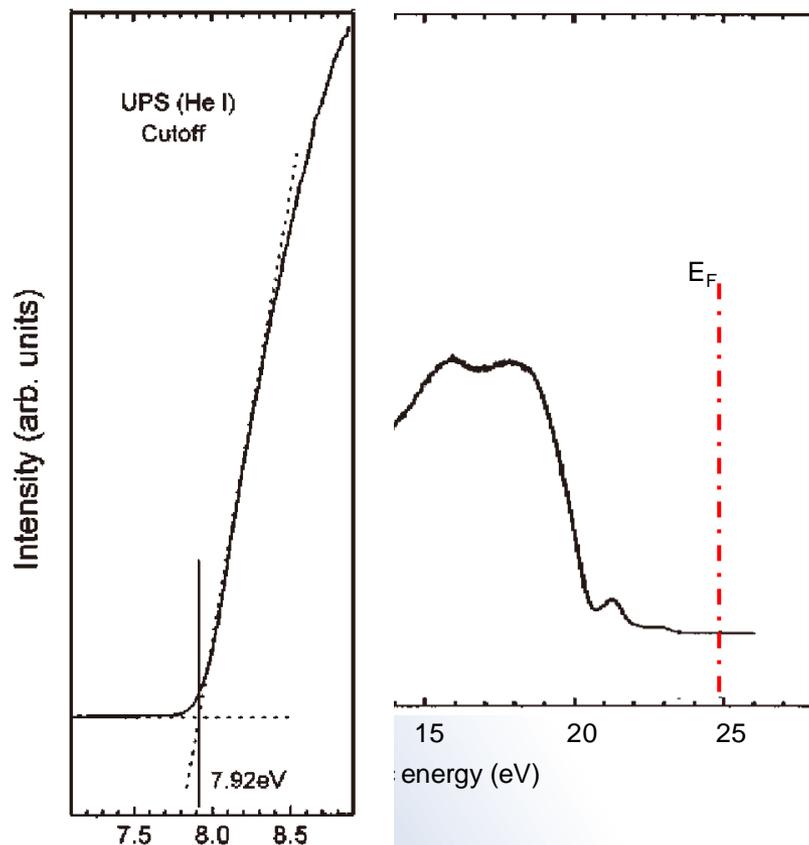
⁴Appl. Phys. Lett., Vol. 76, No. 24, 12 June 2000





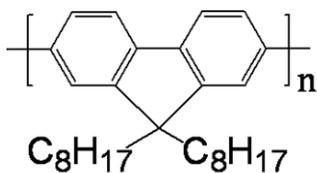
PFO (poly(9,9-dioctylfluorene))

■ UPS 分析PFO OLED薄膜



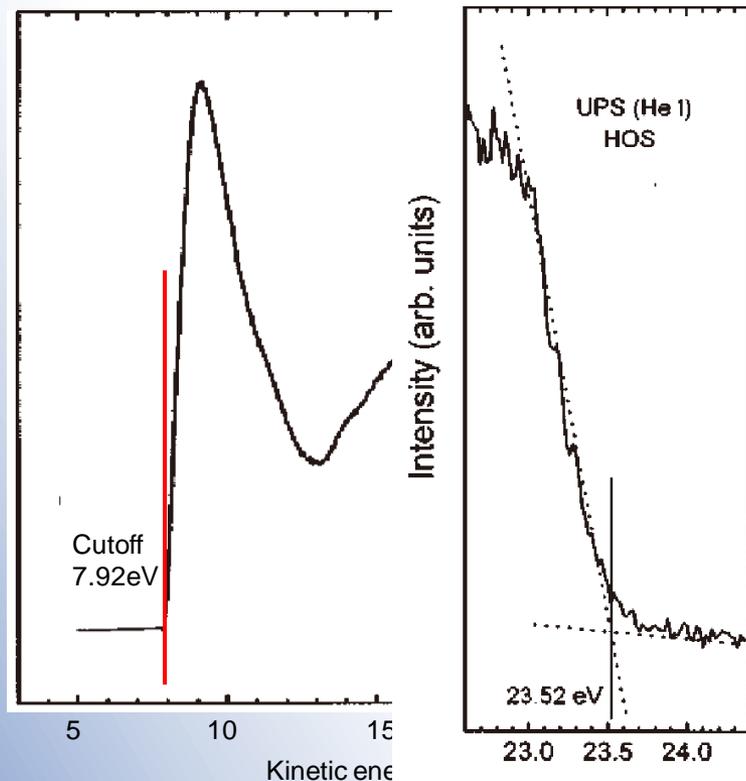
- $E_F = 24.85 \text{ eV}$
- 非弹性电子截止边 = 7.92 eV
- 功函数 = $21.2 \text{ eV} - (24.85 \text{ eV} - 7.92 \text{ eV}) = 4.3 \text{ eV}$





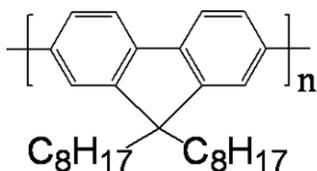
PFO (poly(9,9-dioctylfluorene))

■ UPS 分析PFO OLED薄膜



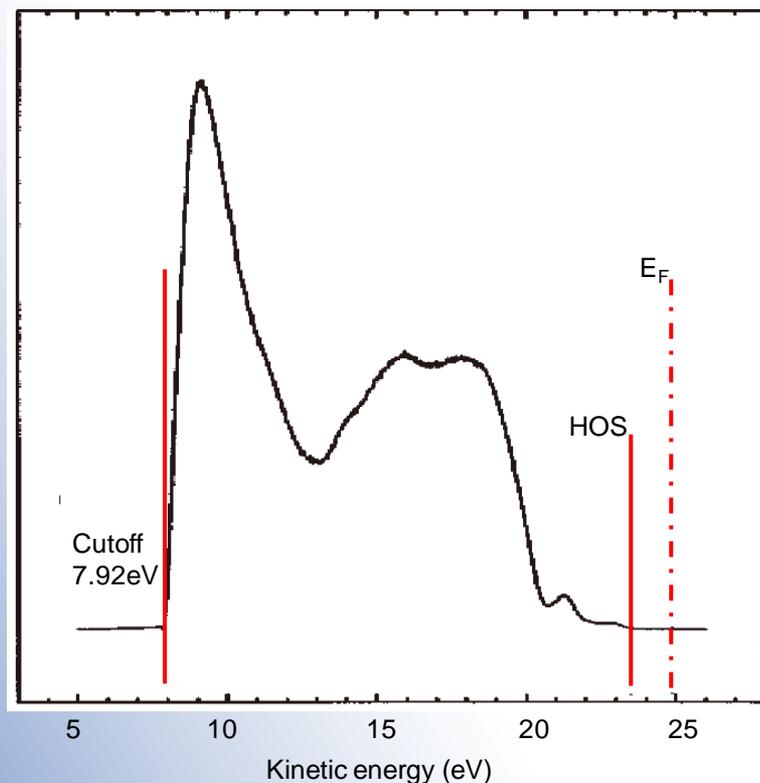
- $E_F = 24.85 \text{ eV}$
- 非弹性电子截止边 = 7.92 eV
- 功函数 = 4.27 eV
- 最高占据态 (HOS) = 23.52 eV





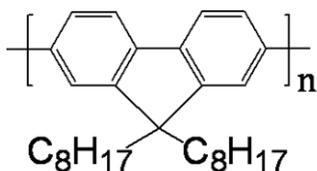
PFO (poly(9,9-dioctylfluorene))

■ UPS 分析PFO OLED薄膜



- $E_F = 24.85 \text{ eV}$
- 非弹性电子截止边 = 7.92 eV
- 功函数 = 4.27 eV
- 最高占据态 (HOS) = 23.52 eV
- 离化能 = $21.2 \text{ eV} - (23.52 \text{ eV} - 7.92 \text{ eV}) = 5.62 \text{ eV}$

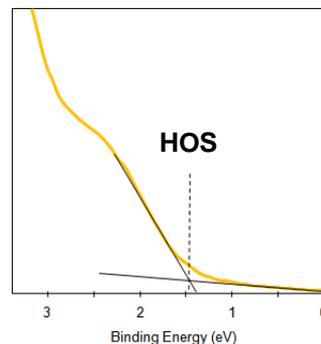
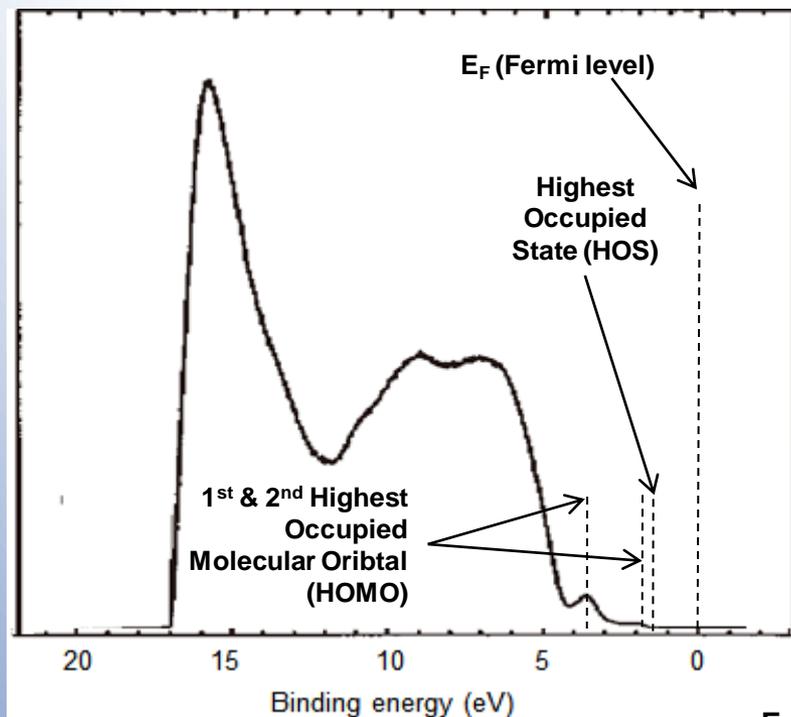




PFO (poly(9,9-dioctylfluorene))

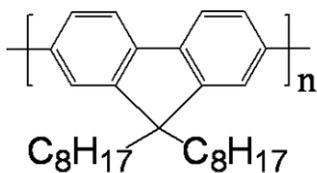
■ UPS 分析PFO OLED薄膜

- $E_F = 0 \text{ eV}$
- 功函数 = 4.27 eV
- 最高占据态 (HOS) = 1.4 eV
- 最高占据轨道=1.8eV
- 2nd最高占据轨道=3.5 eV



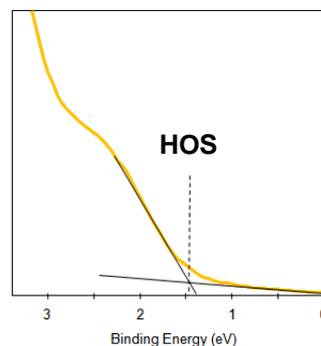
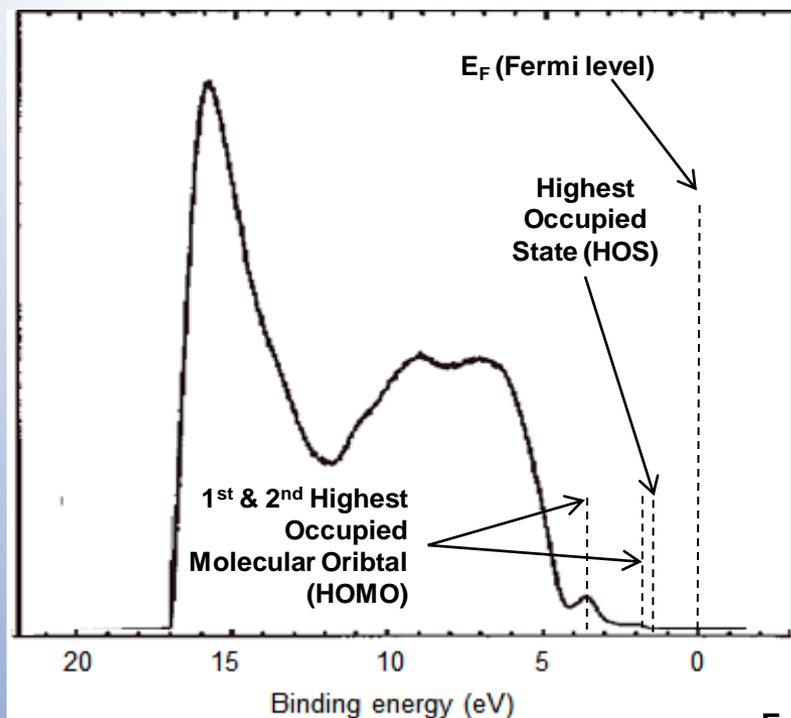
Expanded HOS region of UPS data for PFO



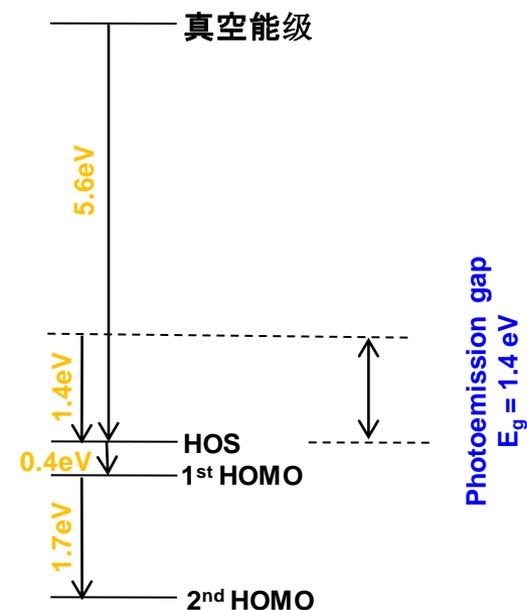


PFO (poly(9,9-dioctylfluorene))

■ UPS 分析PFO OLED薄膜



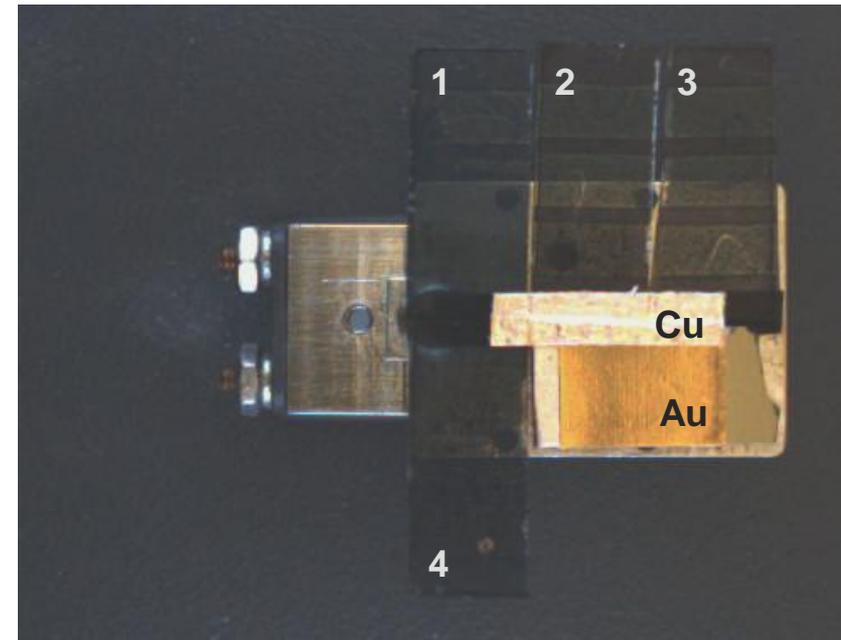
Expanded HOS region of UPS data for PFO



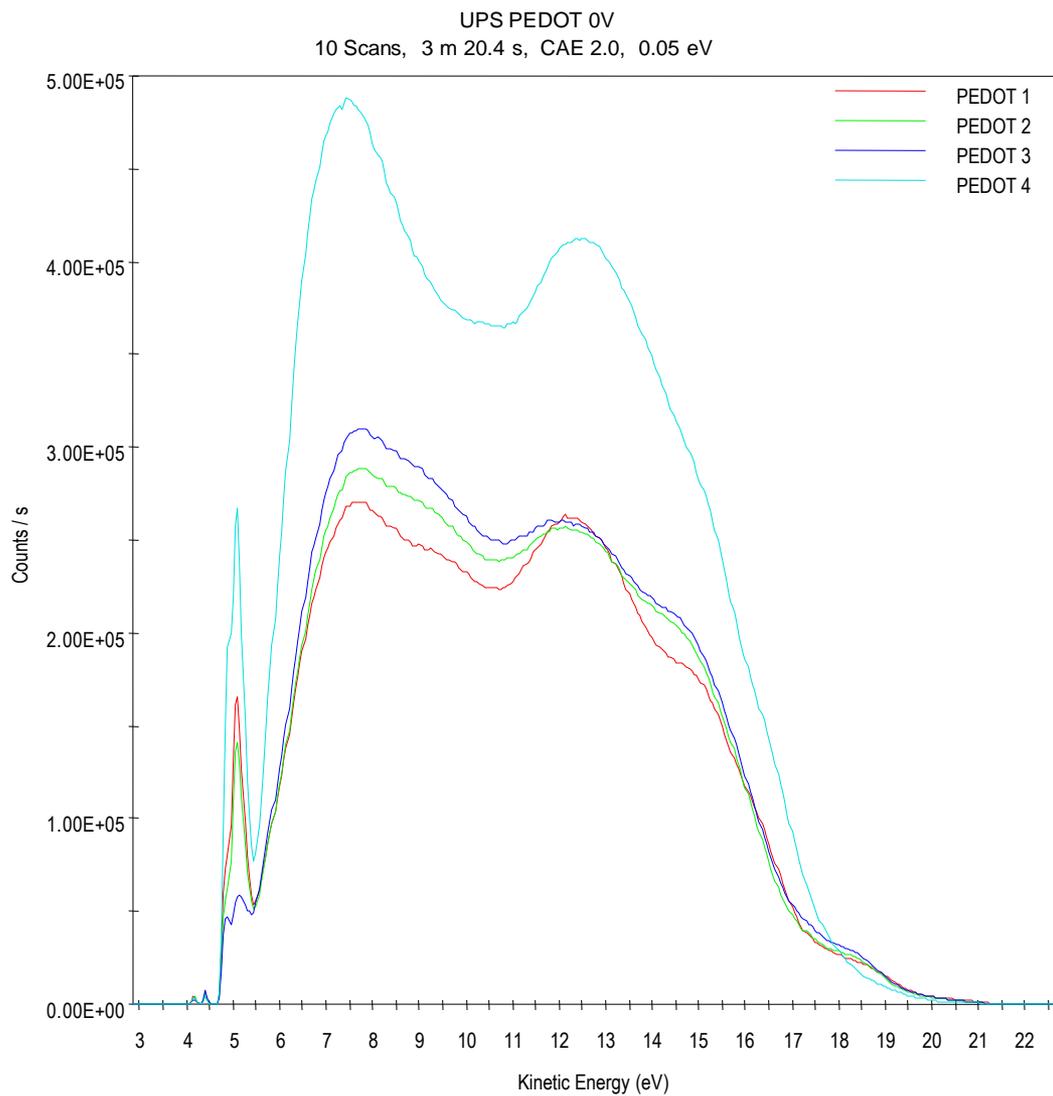
UPS信息



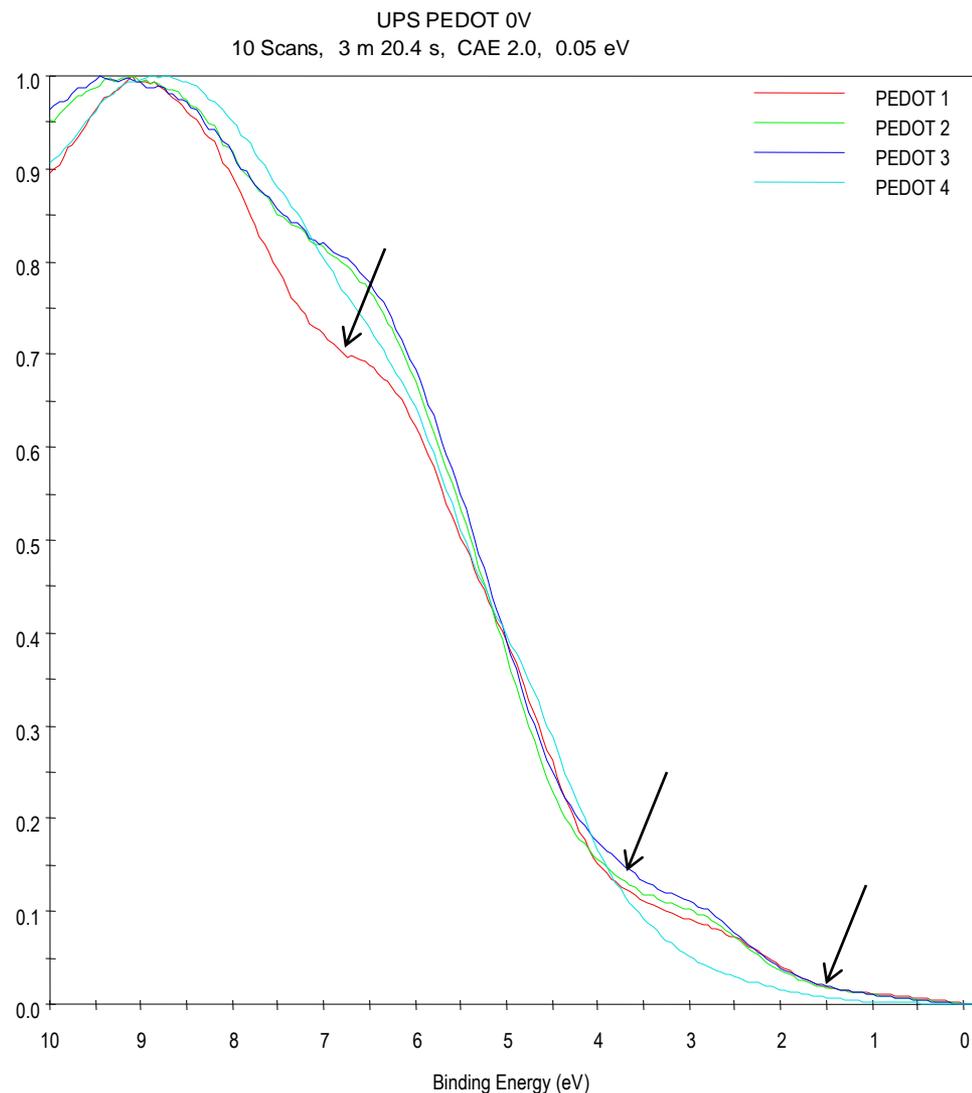
- 如图，对4个PEDOT样品进行分析。拼盘相机（可选组件）得到的几个样品和金箔样品一起的安装示意图。
- PEDOT镀膜以水平带状的结构沉积在玻璃衬底上。
- 这5个样品的表面通过铜箔导电胶带连接在一起，保证这些样品的上表面电势相等，让我们在UPS实验时标定费米面位置。



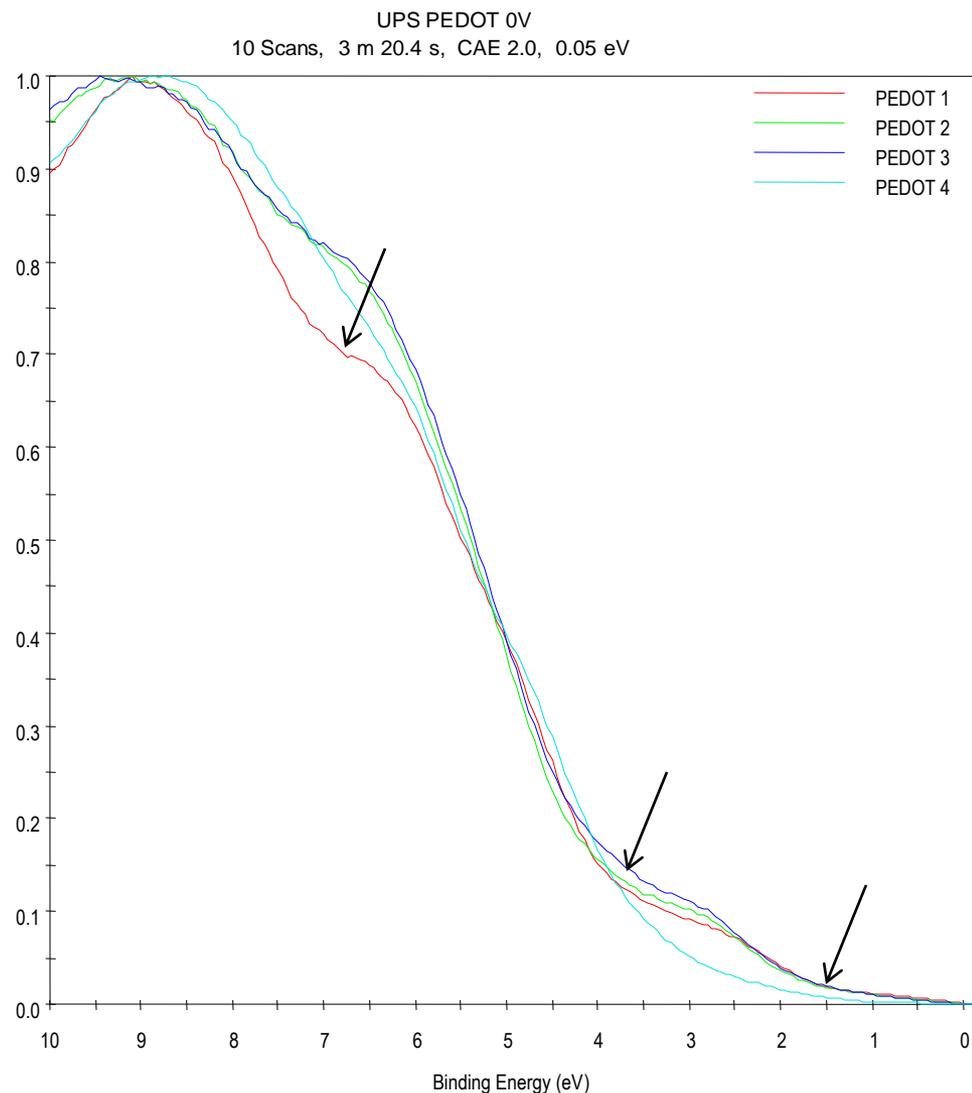
- 随后测量得到几种PEDOT样品的UPS谱。



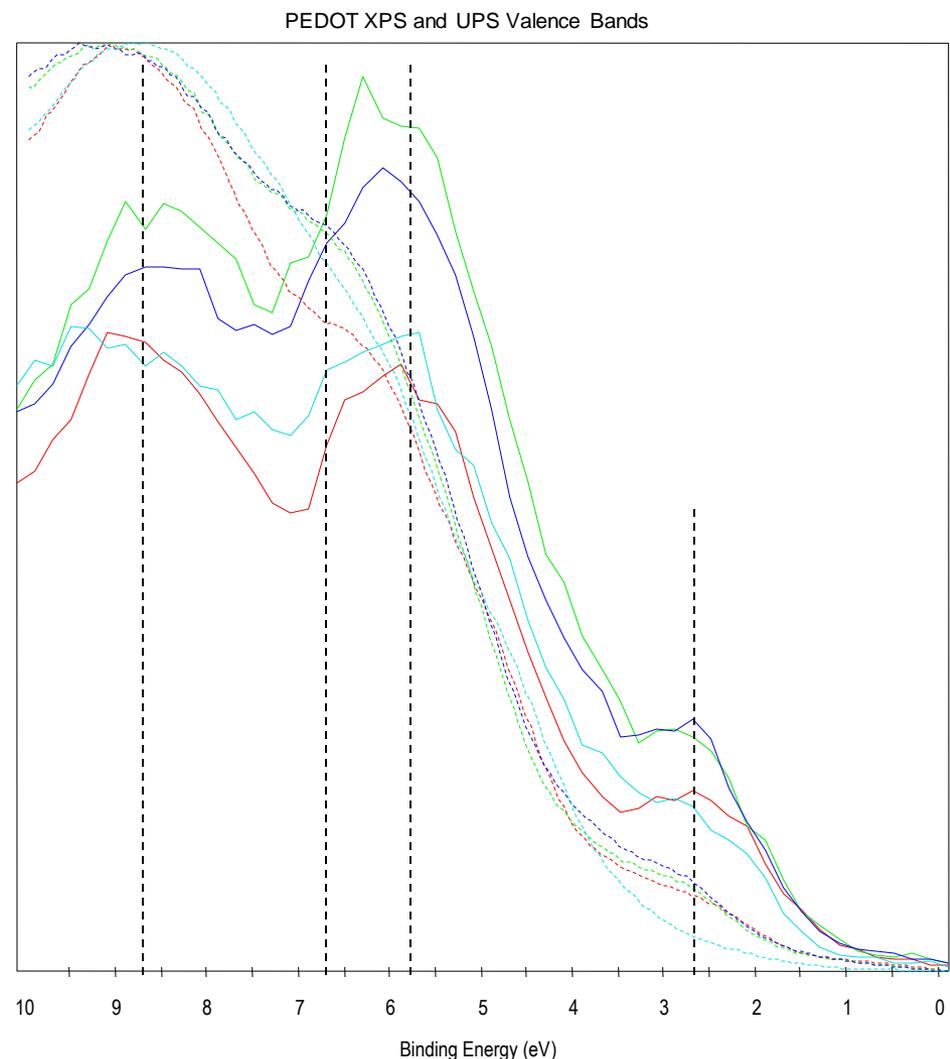
- 利用金箔得到的费米位置，将得到的UPS谱转换成结合能形式。
- 我们将0-10eV范围的图谱进行归一化比较。
- 可以看到样品1-3号的UPS谱十分相似，而样品4和他们的表现很不一样。这表明PEDOT 4的表面和其他样品有着不一样的化学性质。



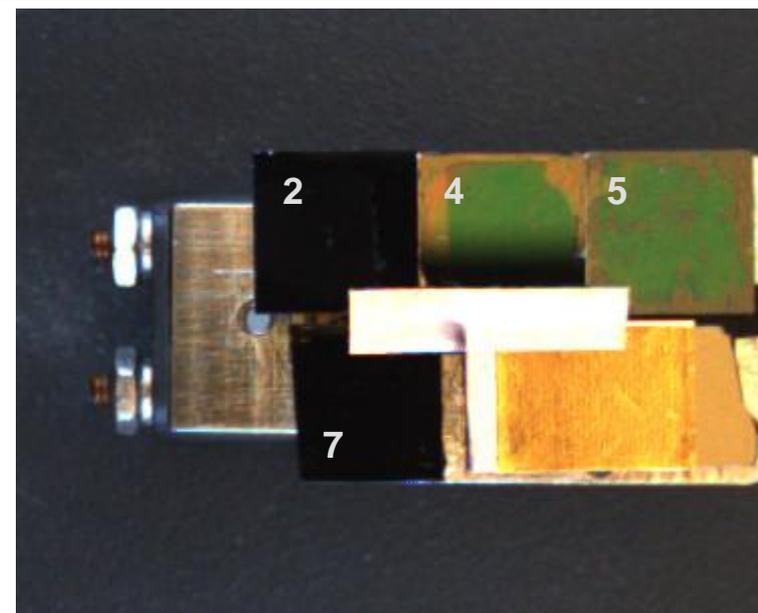
- 可以看到PEDOT4的谱重从0eV开始一直很弱，直到1.5eV、3.8eV和6.8eV附近都开始增强，表明有对应的3条带出现。
- 这一点，我们从样品1中更明显的看到转变趋势。而2号和3号样品则有差不多的机构，只有4号的这些特征很弱。
- 对比于XPS数据的C1s谱，可以了解到PEDOT 4相比于其他样品有着更强的C-C\C-H峰，所以它的价带结构变弱可能是因为它表面有更多的污染造成的。

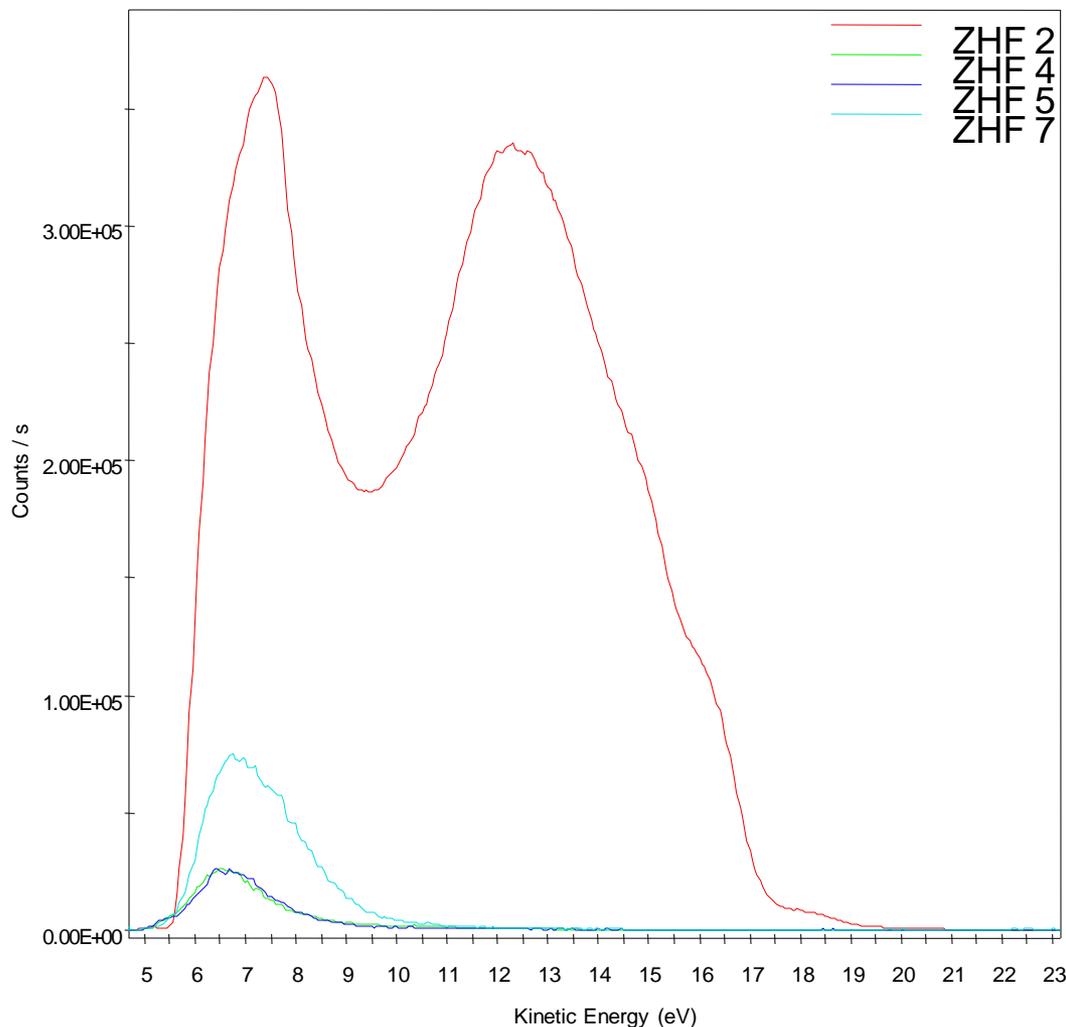


- 我们进一步将XPS的价态谱和UPS图谱进行比较。
- 通过竖直线标出的一些能级位置，我们可以看到他们的形状和UPS谱得到的基本一致，只是相对强度有一些不同，这是由于不同能带的光电信号强度（光电激发矩阵元）随着探测光子能量的改变而改变造成的。
- 这表明材料的表面化学主要还是基于PEDOT薄膜，虽然之前的XPS谱中可能看到衬底ITO的信号，但是对于UPS谱来说这些能级贡献要小得多。

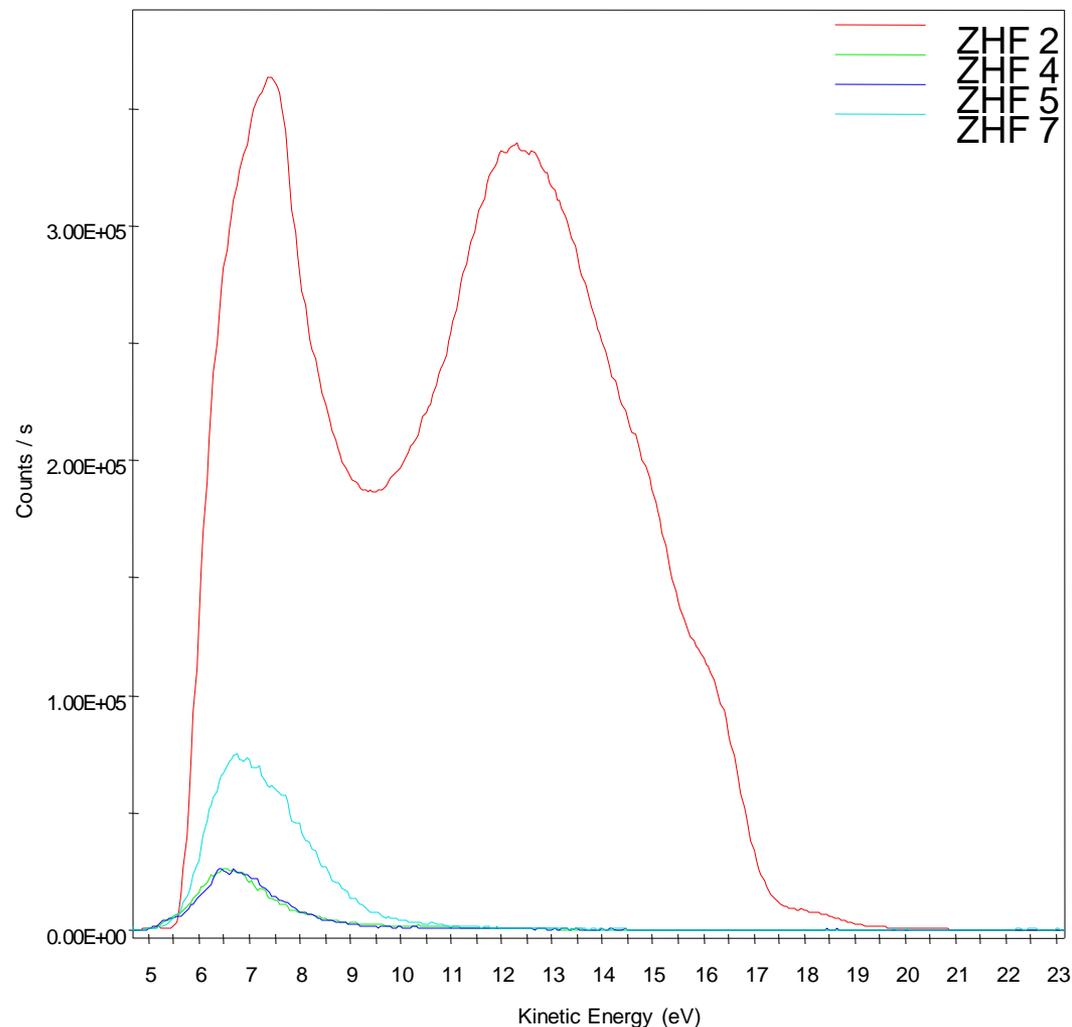


- 右图所示是4块ZHF样品和金箔一起安装在样品托上，5个样品之间通过导电铜箔胶带连接，以保证之间等电势。
- 对于其中的一些样品表面有明显的特征，如4、5，因此实验探测时选用的是靠近样品中心的均匀区域。



UPS Spectra – Sample Grounded, no Neutralisation
5 Scans, 2 m 05.0 s, CAE 2.0, 0.05 eV

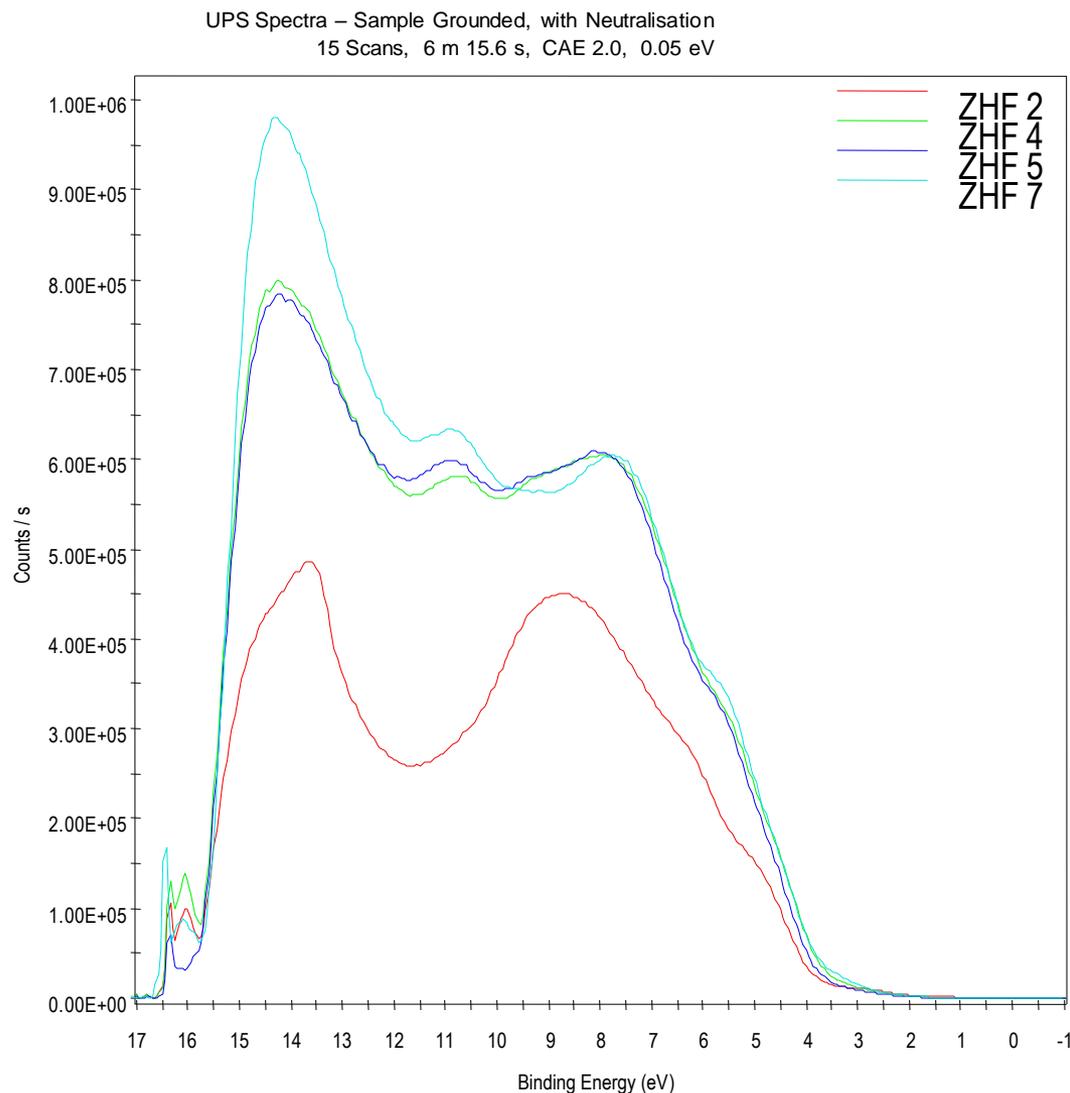
- 对这些ZHF样品进行UPS的实验，通过能2eV。
- ZHF2样品的UPS谱相当的好，但是其它样品的UPS信号强度相当的弱，几乎没有任何特征。
- 这是由于样品表面的荷电效应引起的。
- 因为ZHF2号样品的表面是导电的石墨烯，而其它样品是导电性差的PMMA。

UPS Spectra – Sample Grounded, no Neutralisation
5 Scans, 2 m 05.0 s, CAE 2.0, 0.05 eV

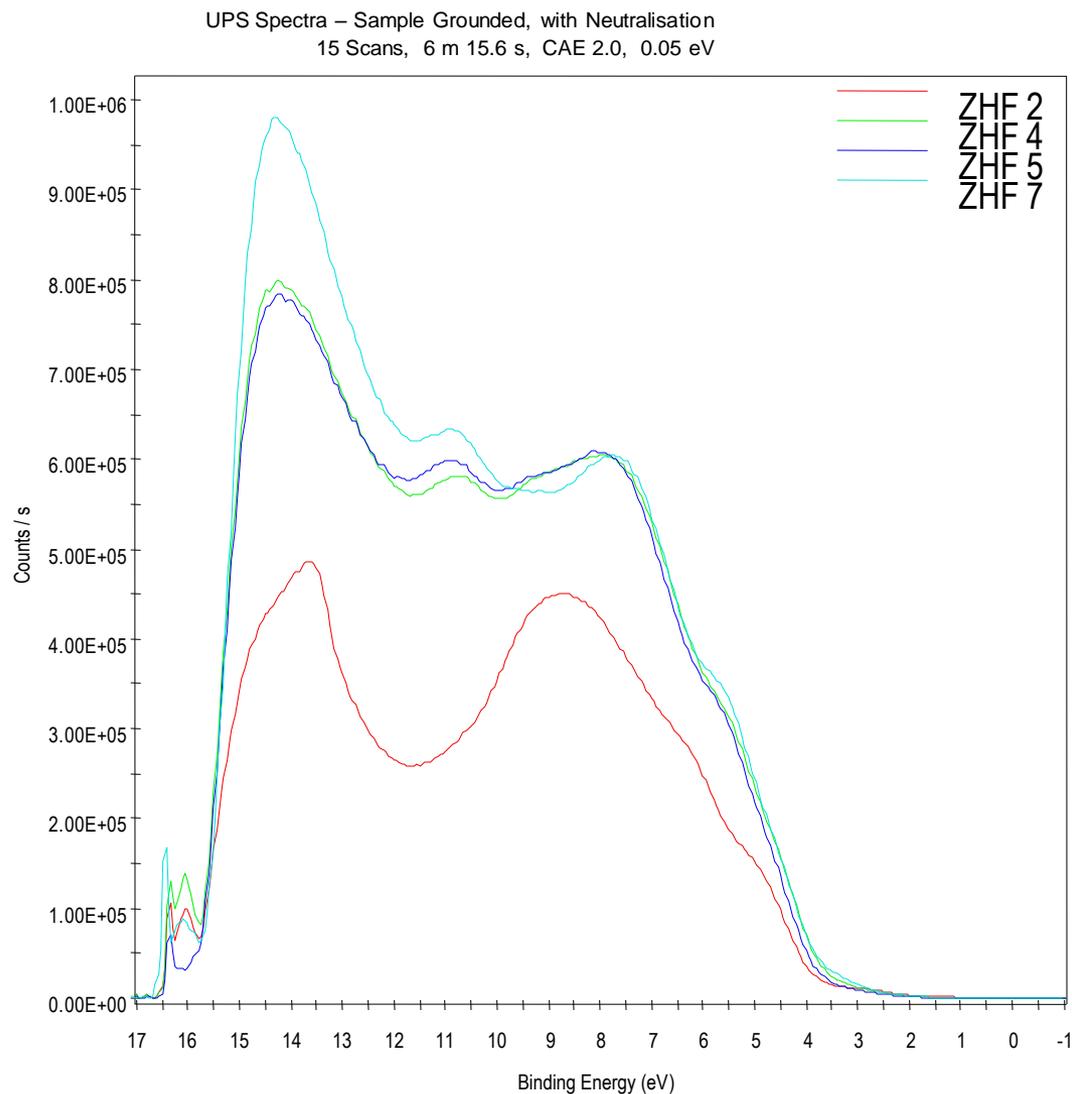
- 而后进一步，在电荷补偿源(静电模式)打开的情况下进行UPS实验。

- ESCALAB 250Xi独特的双束中和设计，可以实现在对绝缘样品进行UPS实验时的电荷补偿。

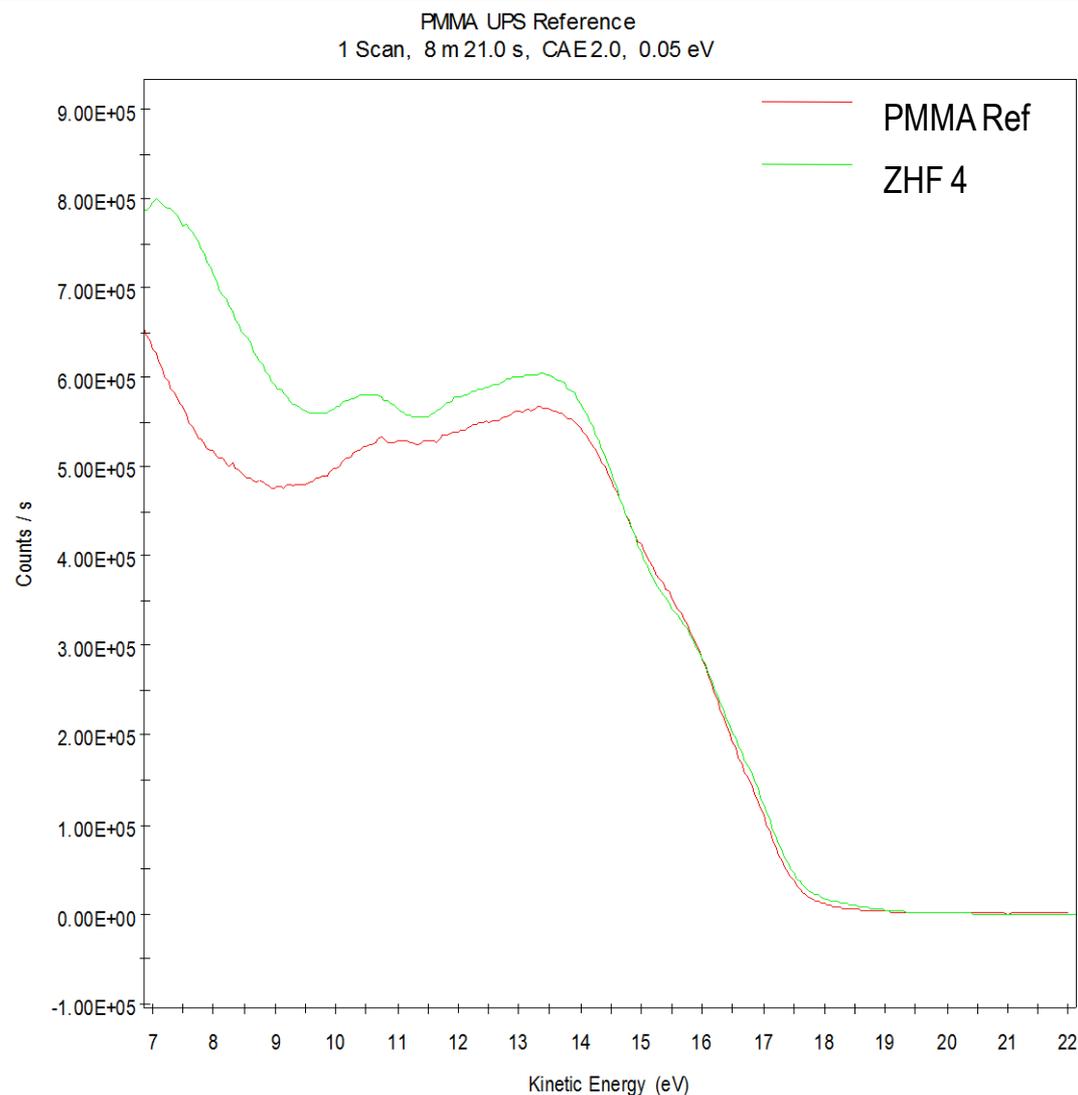
- 然后可以看到，因为电荷的补偿这些UPS谱看起来都比较正常，有一些特定的能带结构出现。
- 其中ZHF2样品和之前在未开中和枪情况下得到的几乎完全相同（二次电子截止边表现出一些不同）。
- ZHF 4号和5号样品的UPS十分相似，而ZHF 7号样品表现出有一些不同，可能是由于7号样品因为不同的表面污染或者表面改性造成。



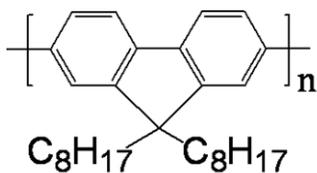
- 而石墨烯富裕的ZHF2号样品和其他样品表现的很不一样，特别是在9-12eV范围，这表明其他样品表面没有明显的石墨烯信号。
- 这与我们之前的XPS测量符合。



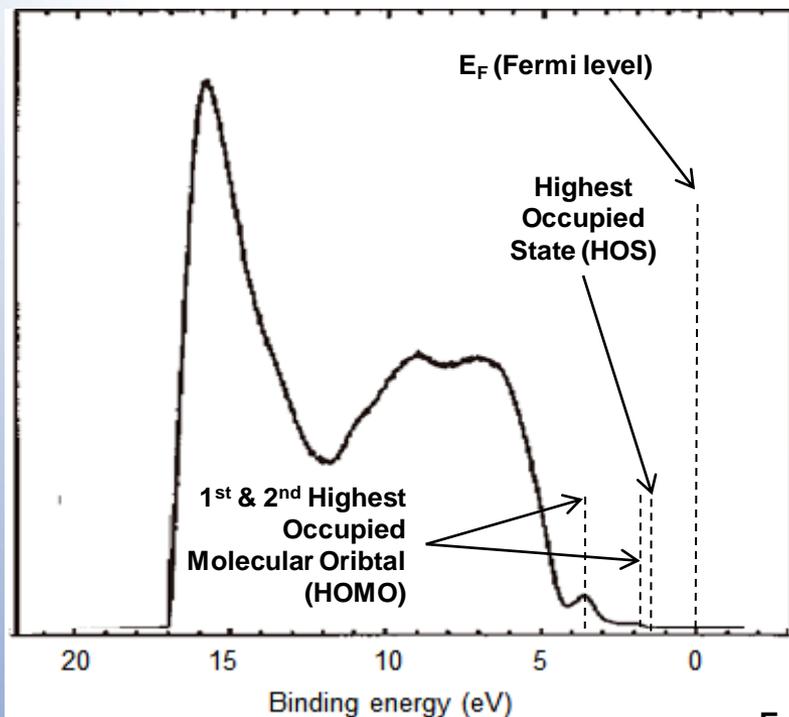
- 而进一步将ZHF 4号样品的UPS谱和相同条件下测得的PMMA参考价态谱进行比较，可以看到他们的能带结构也十分相似，可以进一步证实该样品表面主要是由PMMA组成。



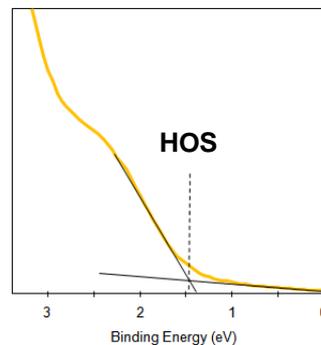
● **UPS的应用举例——**
UPS测量OLED材料的价带能级结构



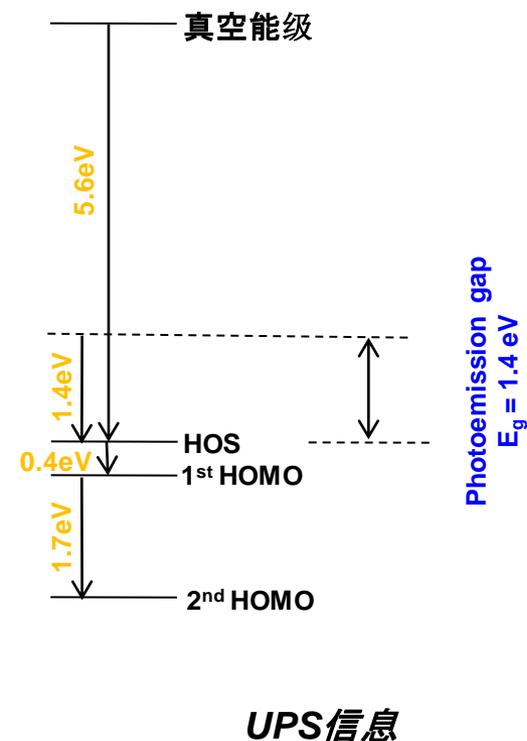
PFO (poly(9,9-dioctylfluorene))

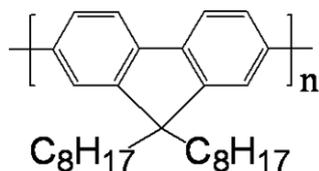


Expanded HOS region of UPS data for PFO

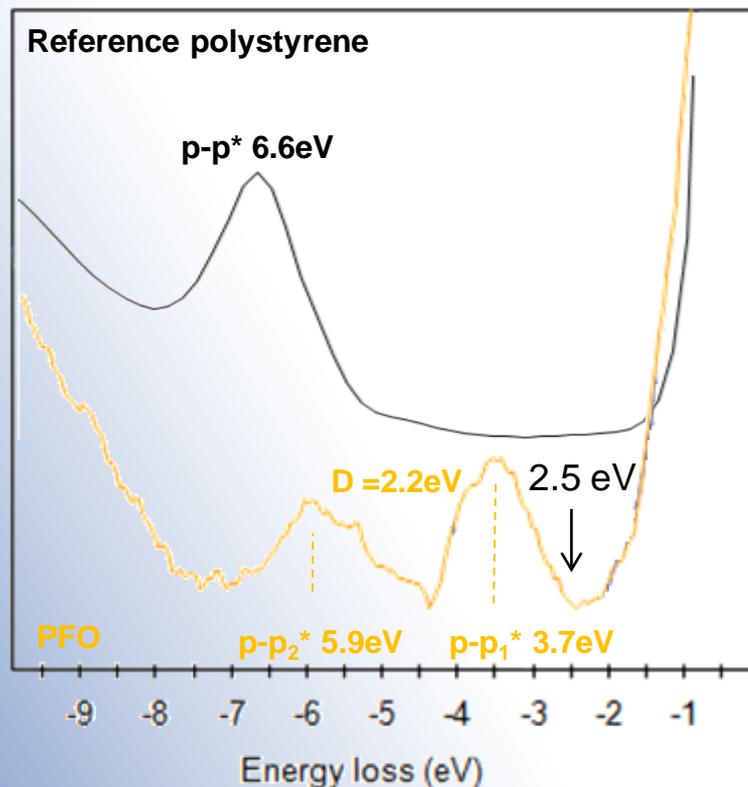


■ UPS 分析PFO OLED薄膜

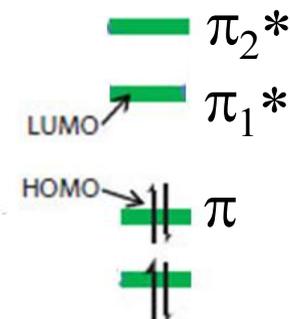




PFO (poly(9,9-dioctylfluorene))



REELS analysis of PFO and polystyrene films



REELS 分析 PFO 薄膜

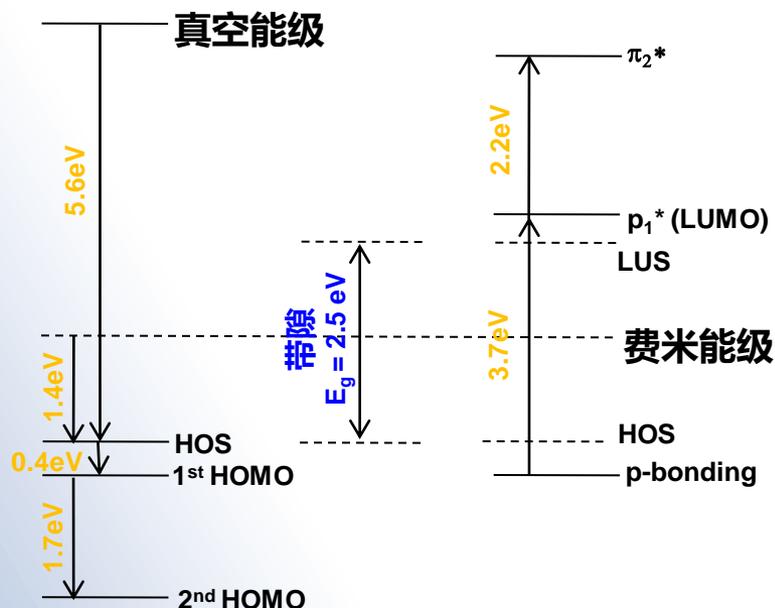
1. 聚苯乙烯材料的REELS 谱显示因为 $\pi-\pi^*$ 跃迁引起的能量损失峰位置在6.6eV
 - a. 对应于单一的芳香碳水化合物
2. 而PFO材料的REELS谱显示了两个 $\pi-\pi^*$ 的能量损失峰
 - a. 对应于两个芳香碳成键环境(5/6元环)



PFO的能级分布图

结合 REELS 和 UPS 数据

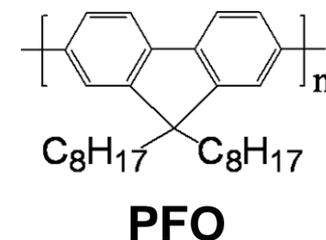
1. 利用250Xi系统的两种技术结合
2. 建立了PFO材料的能级分布图
3. 揭示了材料价带和导带的电子结构
4. 测量材料的能隙 (HOS 和 LUS的能量差)
5. π_1^* 对应于最低未占据能级(LUMO)
6. PFO的能隙, $E_g = 2.5 \text{ eV}$



UPS信息

REELS 信息

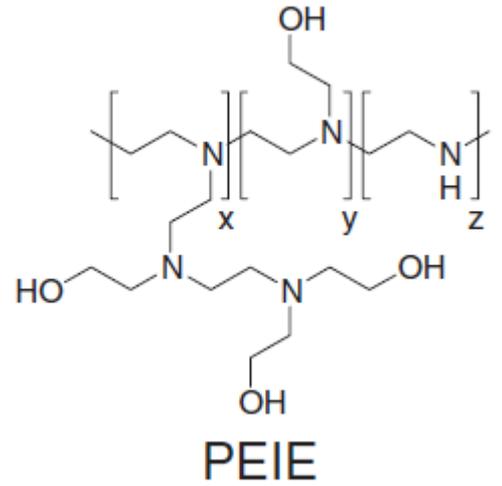
Valence band (electronic structure) diagram for PFO using REELS and UPS data



● **UPS的应用举例——**
UPS 在有机太阳能（OSC）
电池上的应用

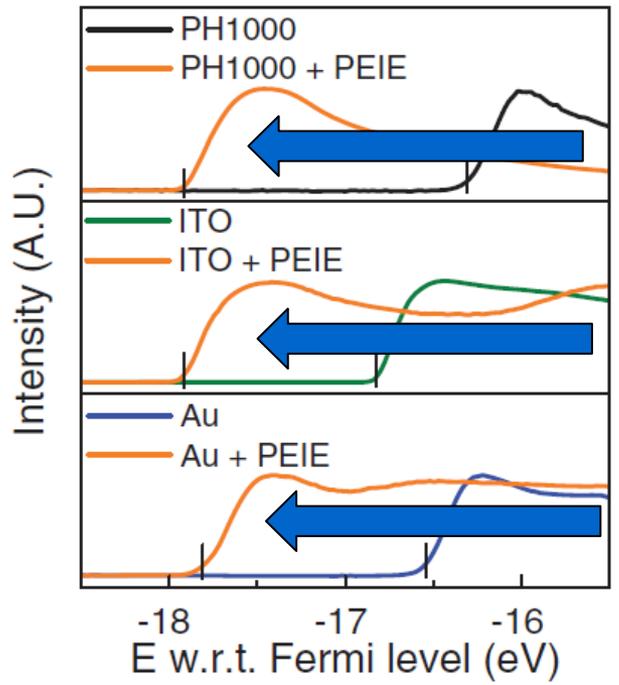
使用UPS测量材料改性前后的功函数

A

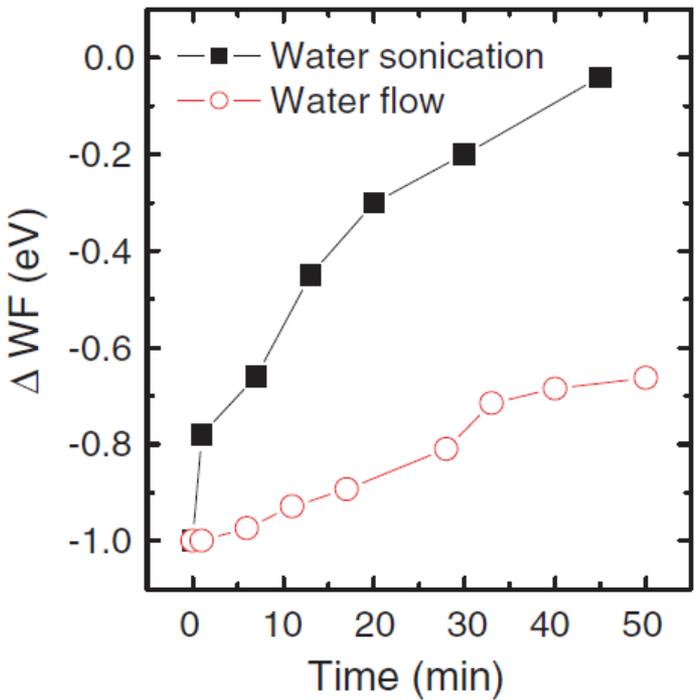


一个普适方法来获得低功函数的有机电极材料

B 二次电子截断边发生移动



C



ITO/PEIE材料相对于未镀膜样品的功函数改变

● **UPS的应用举例——**
价带谱结构用于分析共混聚合物组成

UPS结合MAGCIS深度剖析共混聚合物

■ UPS结合MAGCIS深度剖析共混聚合物

- 聚乙烯和聚丙烯的共混聚合物主要应用在食品包装工业
- 这些共混聚合物膜表面几个微米内的化学组分和化学价态可能会改变
 - 需要一种分析手段来探测膜的化学组分和化学态信息
 - 还需要一种方法来溅射剖析但是要保持它的化学组分和化学态信息不变
- 使用UPS和MAGCIS来分析 PE/PP 共混聚合物膜
 - 氦团簇离子束可以用来分析膜材料的组分、化学态以及厚度信息



用于食物包装袋的聚合物材料

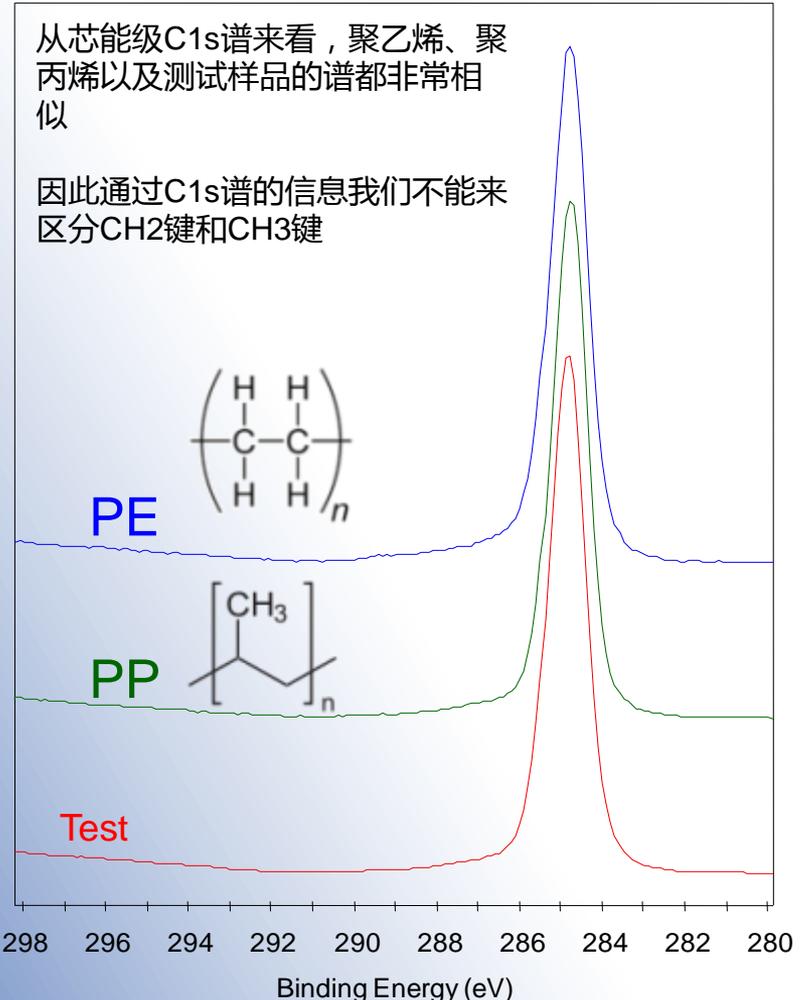


Acknowledgements Simon Malone, Analytical Expert, Innovia Films

C1s 谱比较

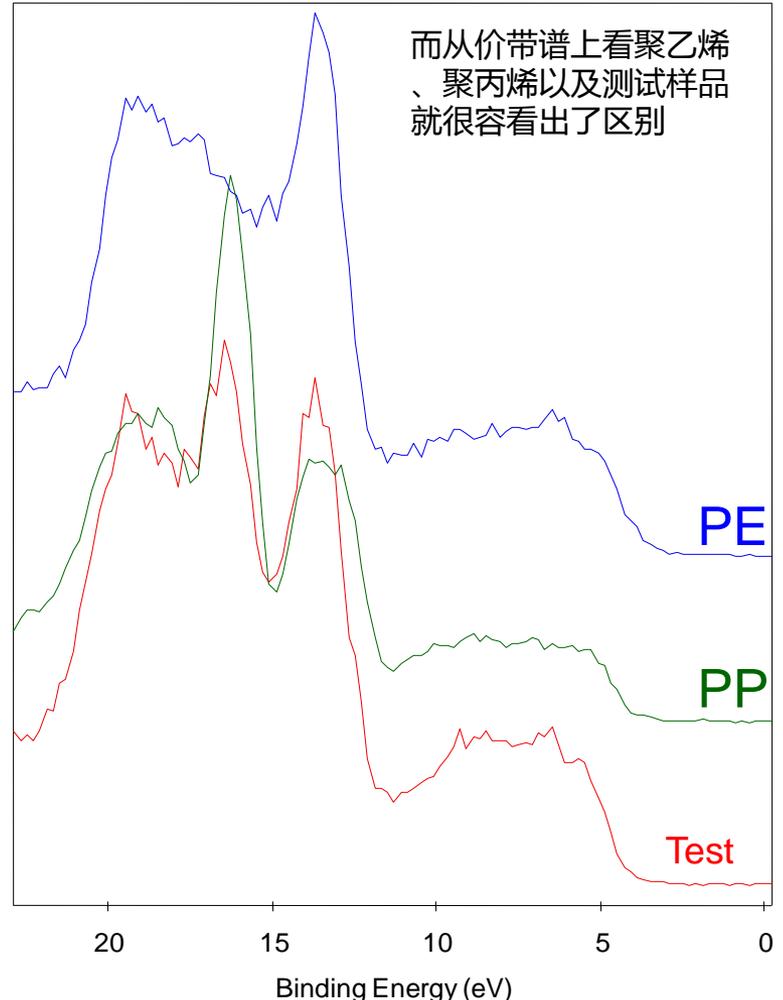
从芯能级C1s谱来看，聚乙烯、聚丙烯以及测试样品的谱都非常相似

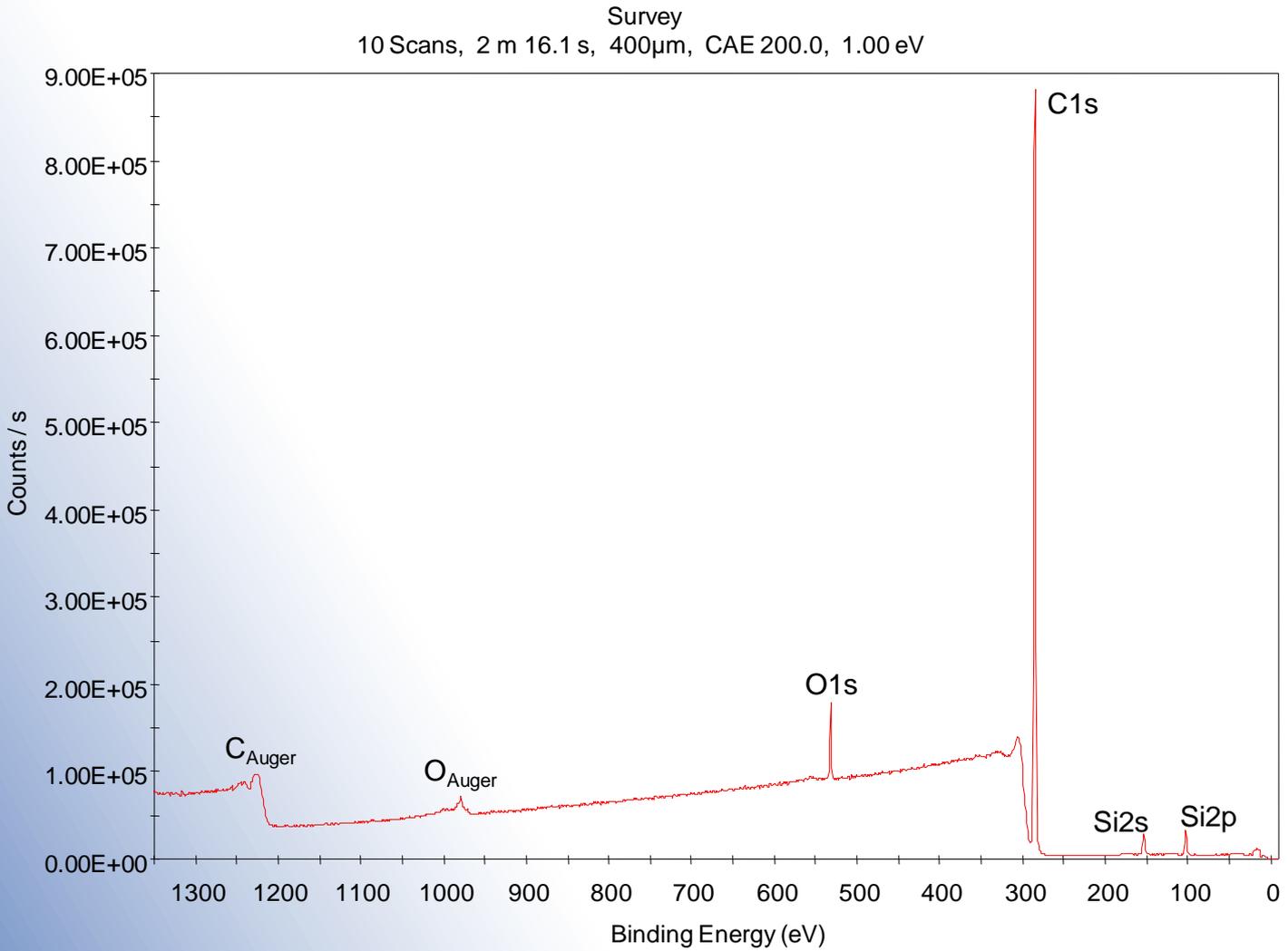
因此通过C1s谱的信息我们不能来区分CH2键和CH3键



价带谱比较

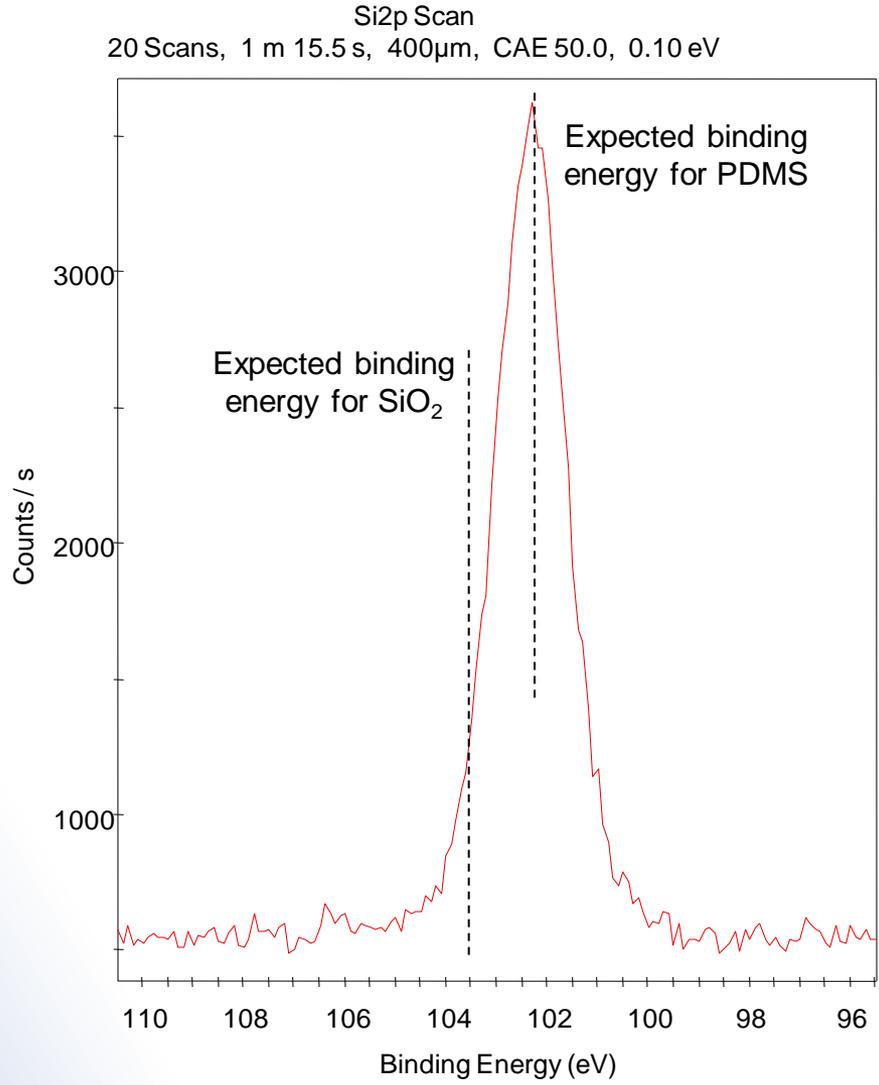
而从价带谱上看聚乙烯、聚丙烯以及测试样品就非常容易看出了区别





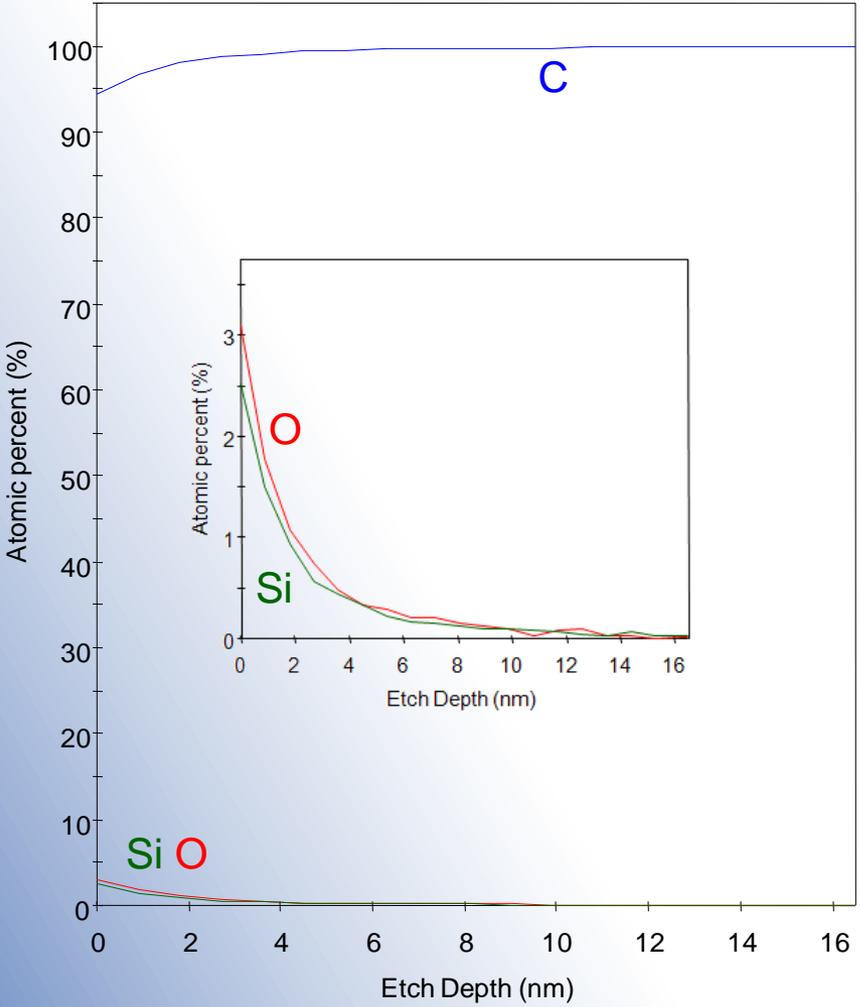
Element	At%
O	2.52
C	95.56
Si	1.91

元素定量



UPS结合MAGCIS深度剖析共混聚合物

氩团簇深度剖析



■ 氩团簇深度剖析共混聚合物

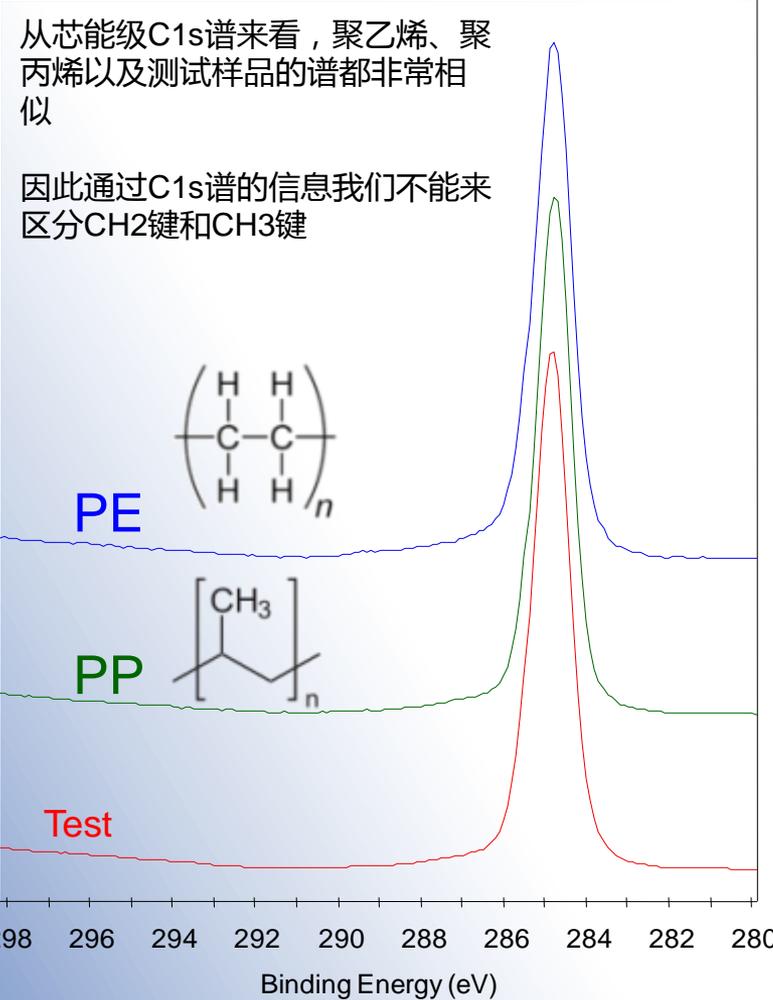
- 氩团簇剖析
 - MAGCIS离子源被用来剖析共混聚合物样品
 - MAGCIS可以产生单原子或者团簇离子束，易于进行有机和无机混合物的深度剖析

- 分析表明聚二甲基硅氧烷居于在最表面的16nm深度
 - 深度的尺度通过剖析硅片上80nm的聚乙烯来标定(使用椭偏光度法来测量)

C1s 谱比较

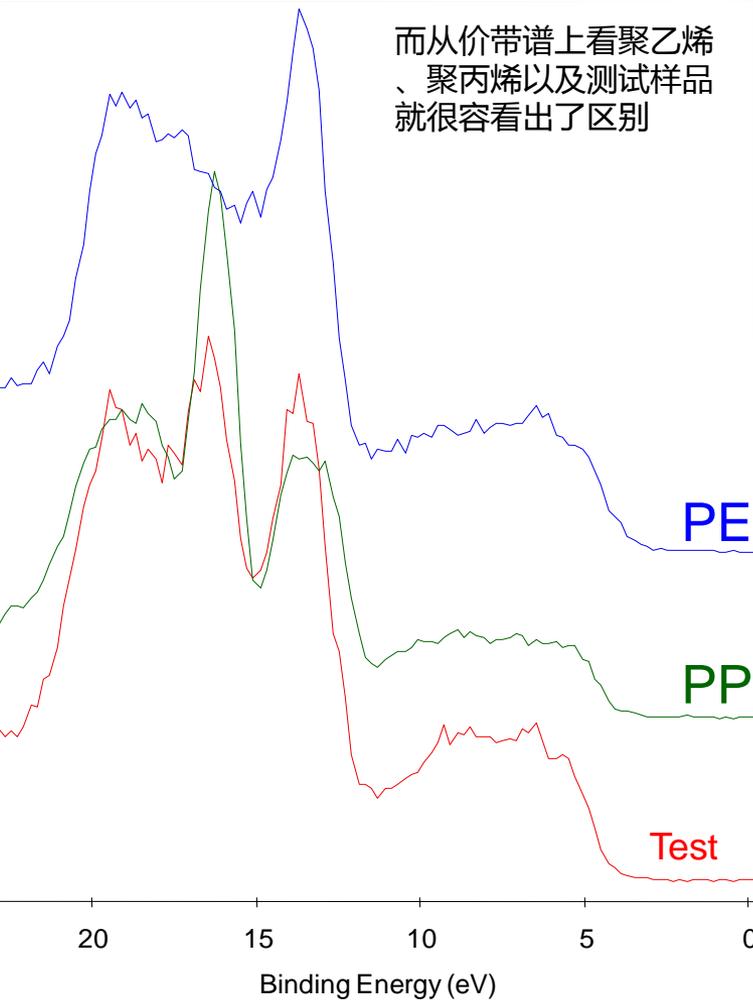
从芯能级C1s谱来看，聚乙烯、聚丙烯以及测试样品的谱都非常相似

因此通过C1s谱的信息我们不能来区分CH2键和CH3键

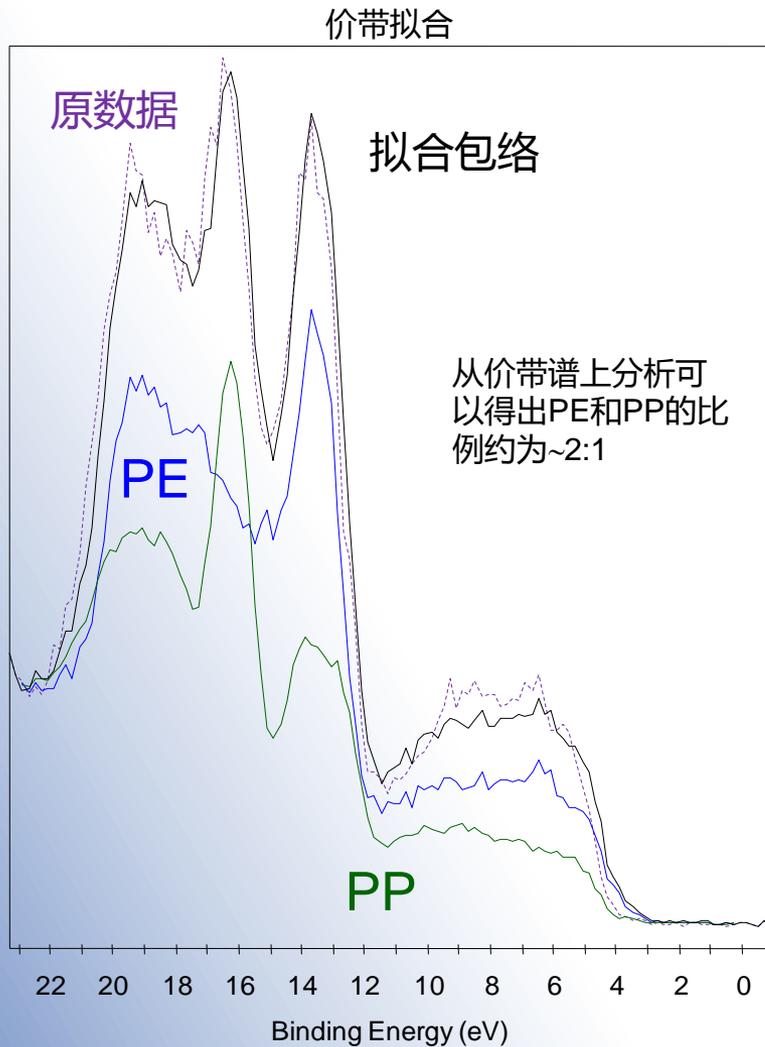


价带谱比较

而从价带谱上看聚乙烯、聚丙烯以及测试样品就非常容易看出了区别



UPS结合MAGCIS深度剖析共混聚合物

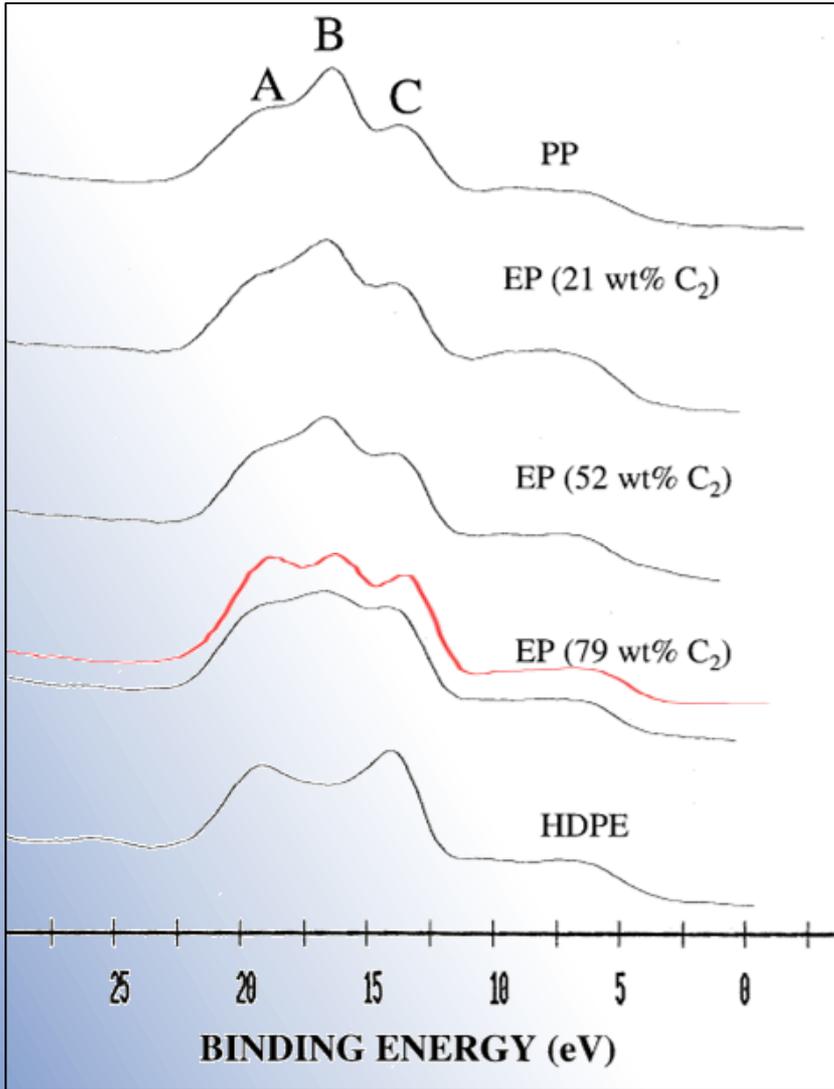


- UPS分析 CH_2/CH_3 的混合物

- 价带分析

- 测试样品得到的XPS价带谱以及聚乙烯和聚丙烯标准样品的价带谱
- 测试数据通过使用两种标准样品的标准价带谱来进行最小二乘法拟合
 - 得到了很好的拟合结果，而且结果表明测试样品是聚乙烯和聚丙烯的混合物，是他们的函数
- 而且从图谱拟合可以得到PE和PP的比例约为2:1

UPS结合MAGCIS深度剖析共混聚合物

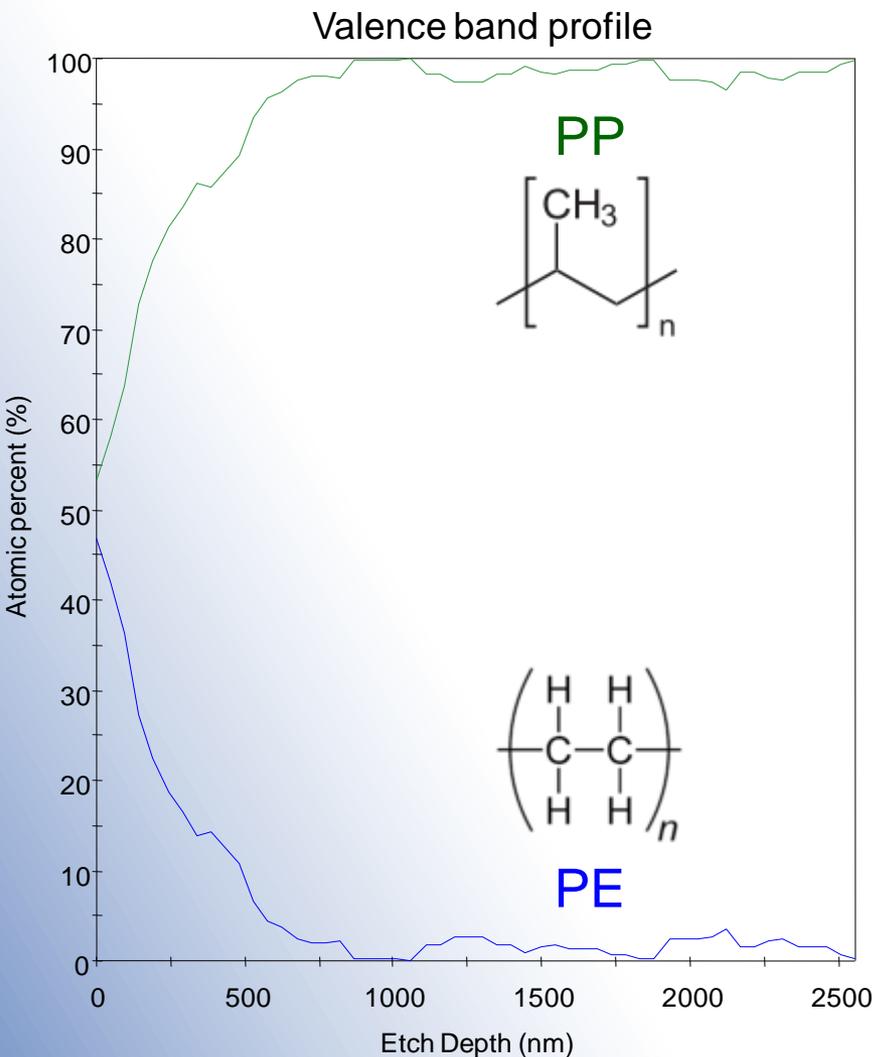


- UPS分析CH₂/CH₃的混合物

- 价带定量分析

- 将得到的价带数据和文献中的数据比较 “Quantitative analysis of surface ethylene concentrations in ethylene-propylene polymers using XPS valence band”, *Surf. Interface Anal.* 26. 425-432 (1998).
 - UPS谱和文献中的数据含有79%乙烯的数据基本一致

UPS结合MAGCIS深度剖析共混聚合物



- UPS结合MAGCIS剖析测试样品

- 氢团簇剖析

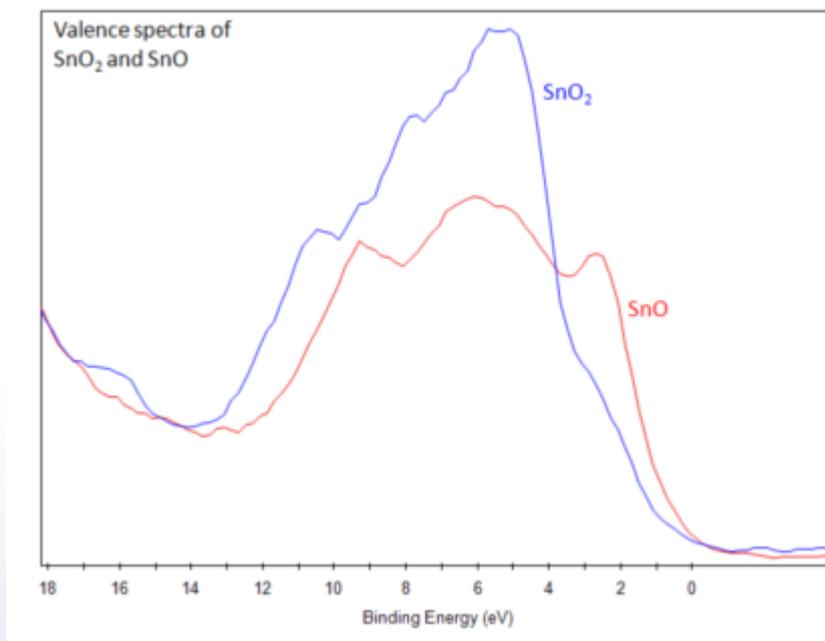
- 探测到的价带数据以样品深度为函数并且使用聚乙烯和聚丙烯的标准谱来拟合
 - 实验得到CH₂/CH₃ 的相对含量以深度为函数而变化

● UPS的应用举例——
价带谱结构用于材料组成

SnO与SnO₂ 等等

Chemical state	Binding energy Sn3d _{5/2} / eV
Sn metal	485.2
SnO	486.0
SnO ₂	486.6

Guidance document for XPS analysis of Sn



UPS功能和应用回顾

UPS可以告诉我们:

- 价态谱信息
- 一些共混物材料中的物质成分
- 功函数信息
- 结合REELS可以得到价带、导带相对于Fermi能级的分布

MORE...

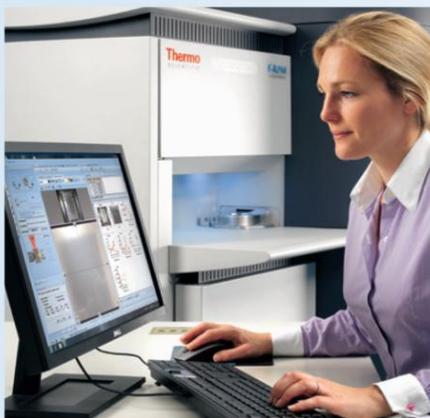
- 更多信息参考ThermoFisher 在线网址 , www.xps-simplified.com

Welcome to Thermo Fisher Scientific !

欢迎到赛默飞世尔科技公司做客！

更多信息参考赛默飞 XPS 网络专题

<http://www.thermo.com.cn/XPS>



K-Alpha XPS 系统

高效能 XPS 测试能力

- 快速、直观的工作流程
- 交互式和完全自动化操作
- 互联网远程操控
- 内标自校准
- NEW! MAGCIS 双模式离子源



ESCALAB 250Xi XPS 系统

世界一流性能和多功能拓展性

- 快速、定量平行成像
- 优于 5 μ m 束斑回溯成谱
- 优越的能量分辨率
- 标配 REELS 和 ISS 技术
- 可选配多技术 (AES, UPS)
- NEW! MAGCIS 双模式离子源



Theta Probe 平行角分辨 XPS 系统

高效能薄膜分析能力

- 平行角分辨 XPS
- 非破坏性深度分析
- 完整的角分辨 XPS 软件包
- 针对小特征分析的微聚焦 X 射线源
- 多技术和样品制备功能可选