

# 扫描探针电子能谱学

## Scanning Probe Electron Energy Spectroscopy (SPEES)

### I. 简介

扫描探针电子能谱学（SPEES）是将扫描探针技术与电子能谱技术相结合而发展起来的一种新的谱学技术。其基本原理如图 1 所示：通过在扫描探针（如 STM 针尖）上加高压使之场发射电子与样品表面碰撞，然后测量从样品表面发射的背散射电子（能损电子）、俄歇电子及二次电子的能谱，最终目标为实现固体表面空间分辨为纳米尺度的谱成像。

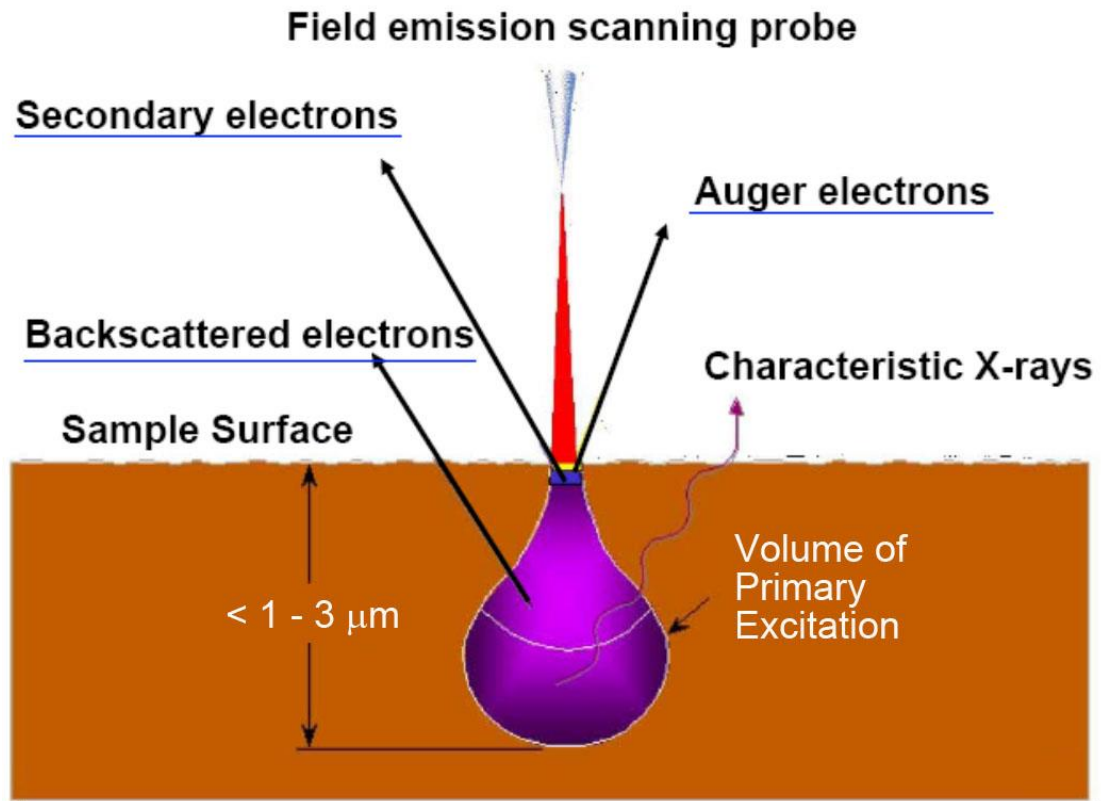


图 1 SPEES 原理图

### II. 扫描探针电子能谱仪

本实验组自行研制了一台超高真空环境下的结合了 STM 与双环形电子能量分析器（DTA）的扫描探针电子能谱仪，如图 2 所示。

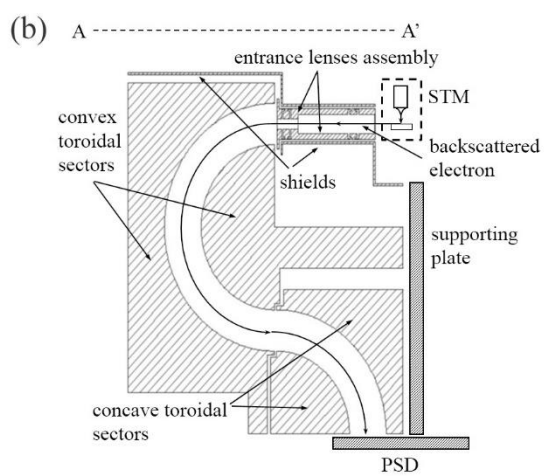
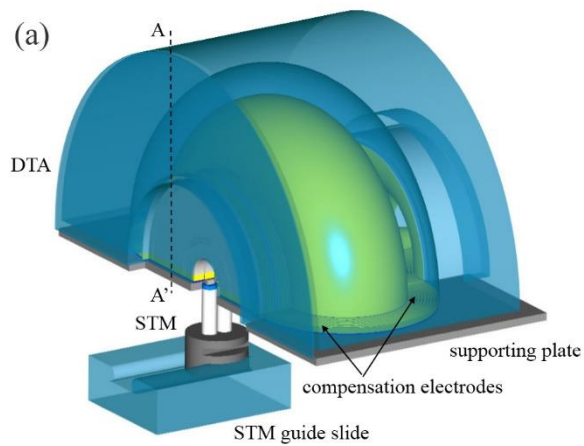


图 2 (a)(b)谱仪示意图；(c)实物图

### III. 研究内容

- 固体表面谱成像
- 表面等离子激元诱导的非线性电子散射谱学 (NESS)

### IV. 研究组成员

陈向军教授、徐春凯副教授

邴盟博士生、王忆纯博士生、李哲安硕士生、张志东硕士生

## V. 科研亮点

- 表面等离子激元谱成像

C. K. Xu, X. J. Chen, X. Zhou, Z. Wei, W. J. Liu, J. W. Li, J. F. Williams, and K. Z. Xu, *Rev. Sci. Instrum.* **80**, 103705 (2009) <http://dx.doi.org/10.1063/1.3242277>

利用扫描探针技术首次实现空间分辨为微米量级的谱成像。

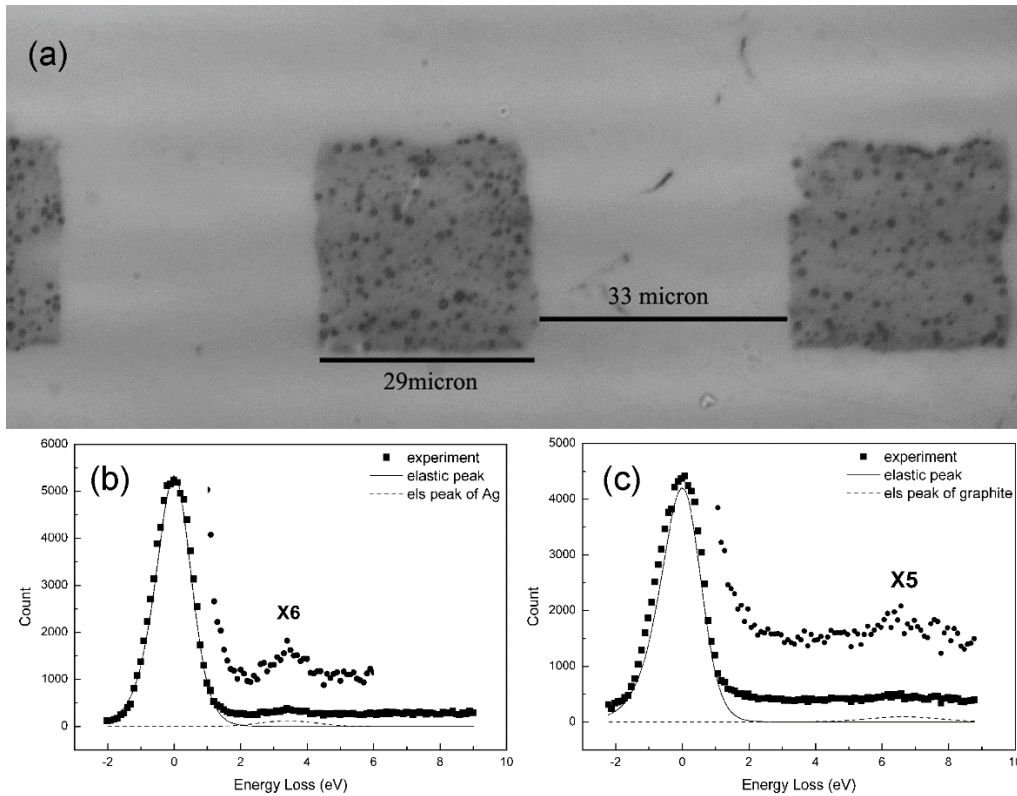


图 1 (a)实验样品-HOPG 基底上的 Ag 岛；(b)(c)分别在 Ag 岛和 HOPG 基底上测量的电子能量损失谱。

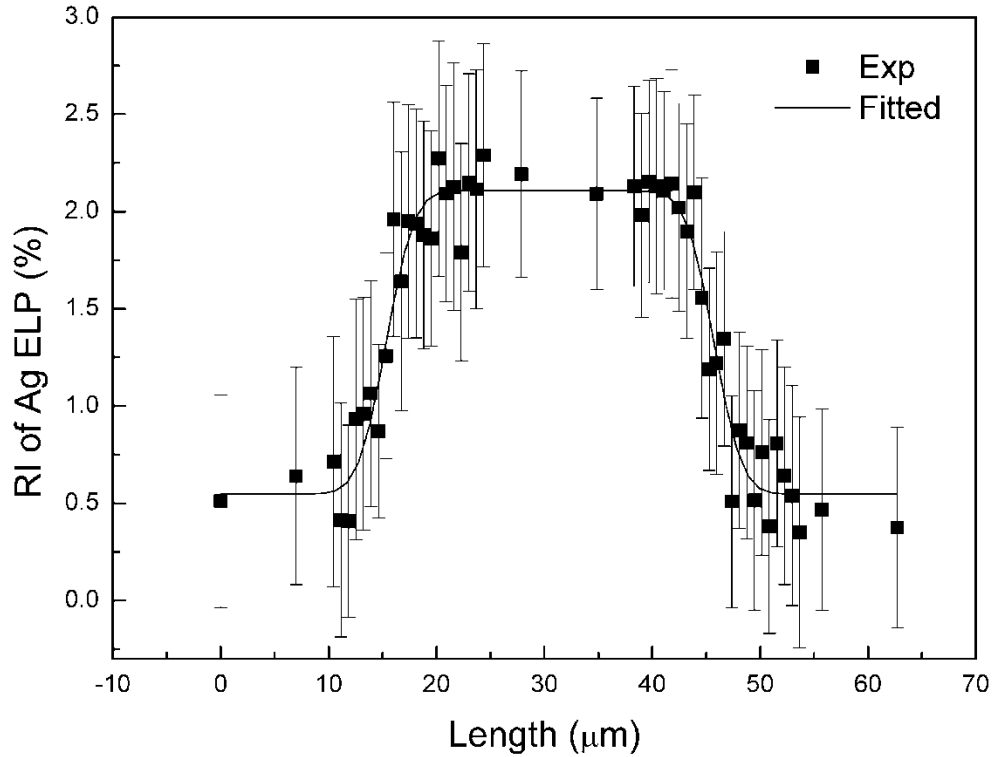


图 2 Ag 表面等离子激元相对强度的一维分布。

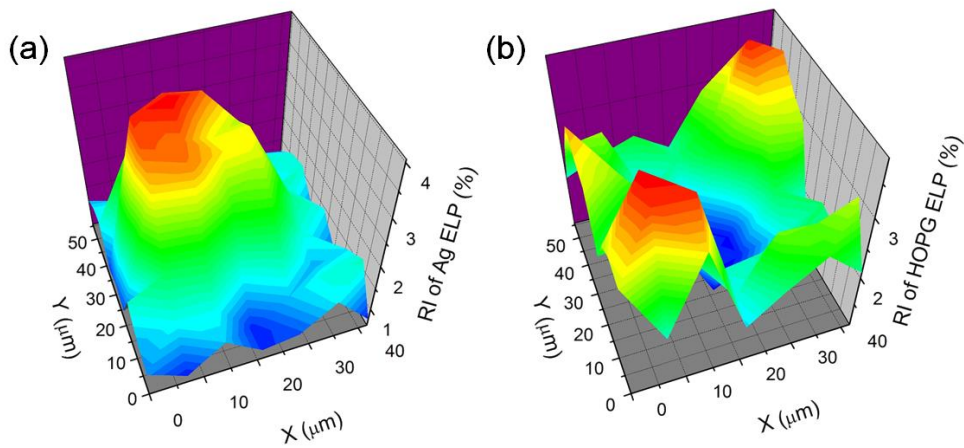


图 3 (a)Ag 表面等离子激元相对强度及(b)石墨表面等离子激元相对强度的二维分布。

• Ag 纳米颗粒表面等离子激元诱导的非线性非弹性电子散射

C. K. Xu, W. J. Liu, P. K. Zhang, M. Li, H. J. Zhang, K. Z. Xu, Y. Luo and X. J. Chen,  
**Nature Phys.** **10**, 753-757 (2014) <http://dx.doi.org/10.1038/nphys3051>

首次在实验上观察到非线性非弹性电子散射现象。基于该发现有可能发展出一种全新的谱学技术-非线性电子能谱学 (NESS)。

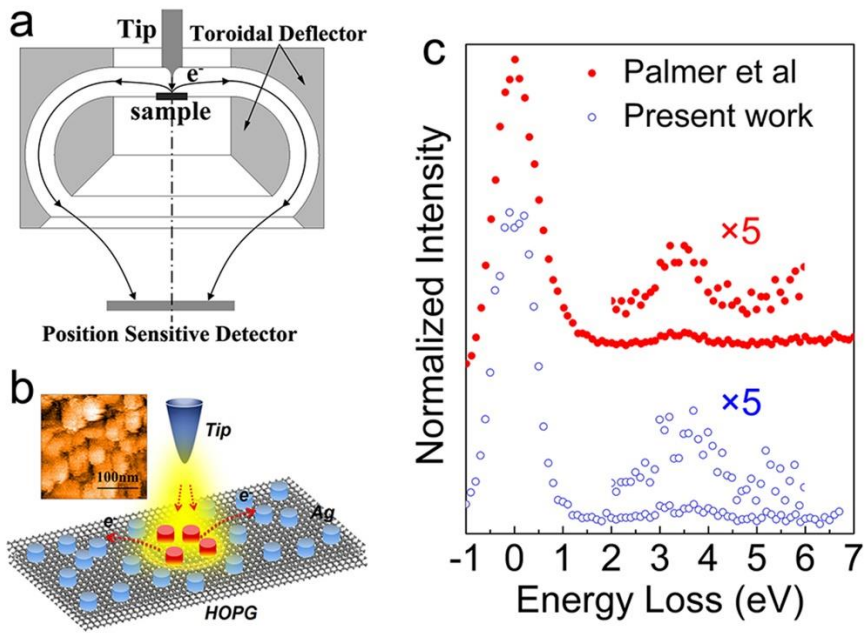


图 1 实验安排及 Ag 表面等离激元激发能损谱。

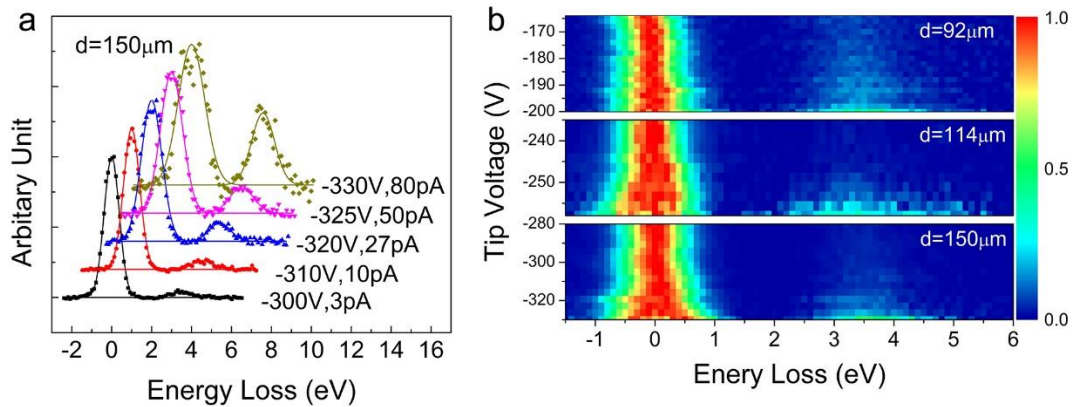


图 2 实验数据 (a) 针尖样品间距为  $150\mu\text{m}$  时在不同偏压下测量的 5 条电子能量损失谱; (b) 在三种不同针尖样品间距下测量的实验数据, 显示为针尖偏压-能量损失二维谱。可以看出, 随着针尖偏压增加, 非弹性电子散射强度有着明显的增强。

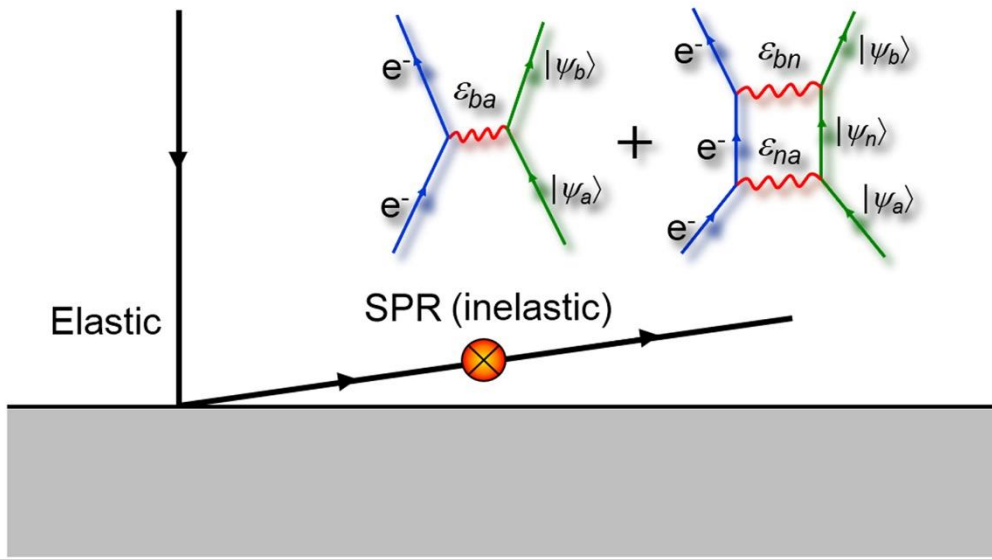


图 3 理论图像

$$W_{ba} = W_{ba}^{(1)} + W_{ba}^{(2)} \propto \left| \langle b | \vec{E}_1 \cdot \vec{D}_{ba} | a \rangle \right|^2 + \left| \sum_n \frac{\langle b | \vec{E}_2 \cdot \vec{D}_{bn} | n \rangle \langle n | \vec{E}_1 \cdot \vec{D}_{na} | b \rangle}{\Gamma_n / 2} \right|^2$$

$$W_{ba}^{(2)} \propto \left| \frac{\langle b | \vec{E}_2 \cdot \vec{D}_b | b \rangle \langle b | \vec{E}_1 \cdot \vec{D}_{ba} | a \rangle}{\Gamma_b / 2} \right|^2 \propto \left( \frac{2\mu_b E_2}{\Gamma_b} \right)^2 W_{ba}^{(1)}$$