摩擦纳米发电机首次应用于高灵敏度质谱仪

目前，作为一种关键的分析技术，质谱分析已经被广泛应用于生物医药、食品科学、国土安全、系统生物、药物发现等领域。质谱分析是基于质量-电荷比(m/z)的分析方法，具有高灵敏度、高准确度、普遍适用等优势。

在质谱分析中，离子化是将中性分子带上电荷的关键的第一步。现在商用的离子化方法大多依靠直流(DC)高压在离子源中将样品分子转化为气相离子。但是，在电离化过程中，离子的数量(Q)并不受电压(V)控制。因此，当前所有的离子化方法都没有实现对离子数量进行精确控制。而且，如果使用传统高压电源，绝大部分（99%）的电荷/电流以及离子是浪费掉的。因而，目前质谱分析在提高灵敏度、样品利用率以及占空比等发展方向上具有重大瓶颈。并且，传统使用的高压电源具有耗费高、难以携带、不安全等缺点。

固定电荷量的高压输出恰好是摩擦纳米发电机（TENG）的一个本质特性。在佐治亚理工学院、中国科学院北京纳米能源与系统研究所王中林和Facundo Fern á ndez共同指导下，李安寅和訾云龙组成了跨院系合作团队，用TENG驱动离子源，实现了离子源在电荷数量、正负极性、信号长短等诸多方面的精确控制。该工作为质谱分析提供了一个全新的可控参数，也是纳米发电机在大型分析仪器首次应用。相关工作开辟了崭新的研究和应用领域，并于近日发表于最新一期的《自然-纳米技术》（Nature Nanotechnology）(图1）。

首先，该团队利用TENG成功实现了电喷雾离子化和等离子体放电离子化。由TENG提供的固定电荷量对离子化过程实现了前所未有的控制。该团队实现了纳库精度（nanoColoumb）的可控离子产生，并提出了相关的物理模型。通过TENG的驱动，离子脉冲的持续时间、频率、带电性都可以得到有效控制，并实现了最小化的样品消耗。TENG的微量电荷避免了质谱分析中DC高电压下常见的电晕放电现象，从而首次实现了超高电压（5-9千伏）纳电喷雾（nano ESI）。该方法提高在低浓度下的电喷雾离子源的灵敏度，并最大化样品的利用率。TENG驱动的离子化所实现的质谱分析被成功用于检测各种有机小分子和生物大分子，并达到了可以检测到几百个分子的灵敏度。TENG驱动的交流离子喷雾还被用于在绝缘表面进行沉积离子材料。

该研究对于质谱分析和TENG两个领域的发展都具有开创性意义。

首先，该研究首次实现了离子化过程中电荷数量的精确控制，为质谱分析带来了一个全新的可控参数，提高了分析精度，提供了分析非常少量样品的能力，为化学、生物检测的质谱方法的瓶颈难题提供了新的可能。并且，使用TENG可以使研究人员将喷雾时间与质谱分析时间同步起来，实现样品的最大化利用。

同时，TENG取代了质谱设备上原有的离子喷雾电源，为小型质谱设备实现便携化并在极端条件下（例如军事或航天上）应用提供了可能。

最后，该研究作为第一个将TENG用在设备仪器中的研究，证实了TENG作为提供高电压的一种简单、安全而有效的方法，为类似相关研究提供了思路，为TENG驱动不同仪器和过程从而实现“可控自驱动系统”奠定了基础。

论文信息：A. Li*, Y. Zi*, H. Guo, Z.L. Wang#, F.M. Fern á ndez#, Triboelectric Nanogenerators for Sensitive Nano-Coulomb Molecular Mass Spectrometry, Nature Nanotechnology, DOI: 10.1038/NNANO.2017.17 (2017).

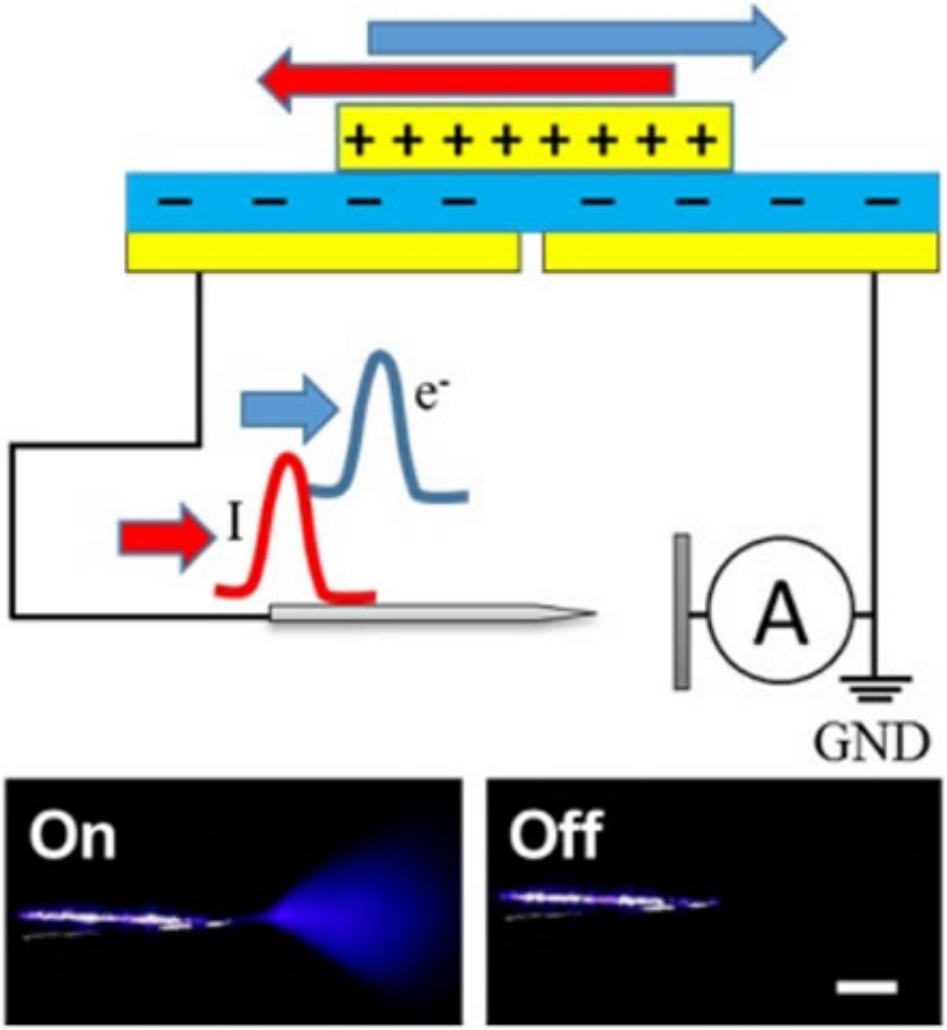

图1. TENG驱动离子化过程的示意图和电喷雾离子化过程的照片。长度单位：1毫米。

图2. 摩擦纳米发电机所产生的离子元用于分析极其微量的化学和生物样品，其精度可以达到几百个分子。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/105091.html