



DART[®]

在商品与材料
检测领域的应用

前言

琳琅满目的商品让人眼花缭乱，各式各样的材料层出不穷。科技发展带来便利的同时，也可能对人类的健康埋下隐患。如，自2014年起至今，北京、深圳、上海等多地学校相继爆出“毒跑道”事件，2015年的台湾铅质自来水管事件。向前追溯，2012年白酒中塑化剂事件以及2011年台湾塑化剂事件，等等。这些事件一次次地为我们敲响了材料安全的警钟。

材料使用的不安全性所引起的危害，也加剧了民众对于化学材料的恐慌心理。这些不安全材料包括日用品(如护肤保健品)及婴幼儿用品(如玩具、奶瓶、奶嘴等)中的有毒物质、服装及包装材料中的浸出性有毒物质、建筑材料燃烧时产生大量的有毒有害物质，等等。美国加州已通过议案，宣布2017年1月始，全面禁止保利龙(亦称聚苯乙烯，polystyrene)泡沫外卖盒、包材、浮标等的使用，影响深远。

随着国家法规规定的检测范围和检测内容日趋严格，待检样品数量和种类对检测方法提出了更高的要求。目前材料检测方法主要有红外、气液相色谱、气质、液质等方法，这些方法针对待测物不同，检测性能各有优劣。但是要想取得准确的定性定量结果，都需要经过长短途样品运输、和长时间多步骤的前处理过程，仪器检测使用的时间只占了整个分析过程的十分之一甚至更少。而在整个运输和前处理过程中，又会造成待测物质的变性、损失，从而影响检测结果的真实性。所以，能够实现现场、实时、准确、高通量地检测，一直以来是化学分析人员孜孜不倦的追求。

实时直接分析(DART)为新型原位电离新技术，是继LC-MS电喷雾离子化(ESI)及大气压化学电离(APCI)成功解决生物和有机分子分析后，又一具有革命性的当代质谱离子化新技术，能够满足实验室对样品高通量分析的需求和对现场、无损、快速、低碳、原位、直接分析的需求。相比于现行通用的LC-MS技术，DART-MS更广谱，可选择性使用简单的样品制备或无需预处理。简言之，DART解决了以往质谱技术对样品前处理的过度依赖，大大提高了检测速度，几秒可轻松完成测试。不仅如此，它还将检测对象拓展到气体、液体或固体，真正意义上实现了实时、直接分析。

自2005年商品化以来，DART实时直接分析技术已经在包括顶尖制药企业、政府实验室、大学、研究院及生物技术公司等700多家实验室广泛应用，并依此发表高端学术论文400多篇。本文集摘选编译了关于商品和材料检测方面DART-MS应用的最新文章，以飨读者。由于编者水平有限，不妥与错误之处在所难免，敬请批评指正！

华质泰科生物技术(北京)有限公司

编译

2016年4月(第二版)

DART[®]

实时直接分析
绿色检测科技

ASPEC
advancing science

实时直接分析 - 质谱系统

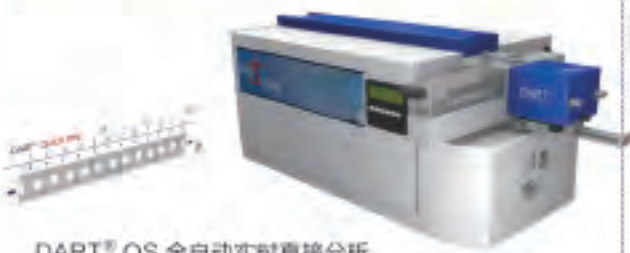


▶ 3 秒钟实现原位分析，无需
样品制备，绿色、广谱、无损



DART[®] SVP 高通量、全
自动实时直接分析系统

产品介绍



DART[®]: 质谱的梦想!



- 快速 - 几秒钟定性和定量分析
- 简便 - 几乎无需样品处理和制备
- 灵敏 - 亚 pg 级检出下限
- 高效 - 全自动、高通量、操作简易
- 无损 - 原位、非接触、直接分析
- 广谱 - 可检测液、气、固态样品
- 绿色 - 无溶剂、色谱柱、试剂瓶等消耗
- 药品安全检测及打假与控制
- 药物研发、中药及天然产物分析鉴定
- 食品、饮料、农产品及水产品安全检查
- 司法理化检验与防伪鉴定
- 包装材料、塑料和纤维制品的毒性成份
- 沥青、混凝土、玻璃等表面的化合物
- 生产线及现场反应或污染物监测

DART[®] 升级您的现代质谱

SCIEX

JEOL

Thermo
SCIENTIFIC



Agilent Technologies

Waters



岛津
SHIMADZU
Excellence in Science

目录

- P 06** 01 气溶胶集尘的原位质谱分析
- 02 用实时直接分析 (DART)- 轨道离子阱质谱在线检测物体表面有机单分子层
- P 07** 03 用电喷雾电离和实时直接分析质谱系统分析烟煤
- 04 用实时直接分析质谱系统分析日用品和婴儿制品中硅橡胶的释放物
- P 08** 05 升温条件下碳酸亚乙烯酯添加剂对锂离子电池石墨阴极影响的评价方法
- 06 实时直接分析应用于多相化学系统：用硼氢化钠还原单甲基砷生成的聚合物 arcanes 的鉴定
- P 09** 07 实时直接电离 - 轨道阱质谱和串联质谱分析合成聚合物与天然聚合物的可能性和局限性
- P 10** 08 用实时直接分析电离串联质谱检测二手烟指标尼古丁
- 09 作为光伏模块密封剂的聚合物中的稳定剂含量的检测方法
- P 11** 10 用实时直接分析 (DART) 和精确质量飞行时间质谱联用测定在石膏板中是否存在含硫物质
- 11 用实时直接分析质谱 (DART-MS) 建立测定厨房用品中芳香伯胺的快速筛查方法
- P 12** 12 实时直接分析高分辨质谱 (DART-HRMS)：同化类固醇酯的高通量鉴定和定量策略
- P 13** 13 用实时直接分析质谱 (DART-MS) 快速定性筛查含甘油制品中的毒性乙二醇
- 14 高非极性低分子量聚异丁烯的实时直接分析质谱 (DART-MS)：PIB 类物质的 DART-MS 检测方法
- P 14** 15 用实时直接分析质谱分析稠环杂环有机金属化合物
- 16 一种利用 DART-TOF-MS 直接鉴别纺织品中染料的分析方法

- P 15** 17 一种利用 DART 实时分析调料和香料的质谱方法
- 18 利用 DART-MS 实时监测聚合物固体样品中稳定剂的作用变化：聚乙烯中的 Irgafos 168
- P 16** 19 利用 DART-TOF-MS 识别野生与人工栽培沉香
- P 17** 20 利用 DART-TOF-MS 检测 2-(2- 苯乙基) 色酮来评估沉香产品
- 21 利用 DART 串联质谱快速识别聚（氯乙烯）中的邻苯二甲酸酯
- P 18** 22 直接分析常见家用材料中易燃溶剂产生不同的结果：实时直接分析质谱的应用
- P 19** 23 食品包装：实时直接分析敞开式离子源串联质谱快速筛查邻苯二甲酸酯
- 24 CITES 保护濒危物种——美洲黄檀属木材的法证分析
- P 20** 25 DART-MS 分析离子液体的高质量数簇离子及其在宽质量数校正上的应用
- 26 利用 DART-MS 和 GC-MS 检测和半定量分析化妆品中的对羟基苯甲酸酯类和紫外防晒剂
- P 21** 27 利用激光离子化和原位亚稳态离子化质谱方法分析固体样品
- 28 利用 DART-MS 分析航天器污染物
- P 22** 29 来自非洲、马达加斯加以及亚洲并受 CITES 保护的黄檀木材的化学代谢
- 30 低压化学气相沉积在氮化硅型碳纳米管的超薄色谱板的制备、分离和质谱检测
- P 23** 31 杨树生物质分步热解过程中初蒸气和炭产物的分子分析
- 32 使用原位电离质谱检测食品包装中不可见的反印的光引发剂
- P 24** 33 办公室色谱：用 DART-MS 扫描精密打印在微型化薄层相上的样品溶液
- 34 用聚二甲基硅氧烷实现实时直接分析质谱系统中的宽范围质量校准
- P 25** 35 用实时直接分析质谱进行定量表面扫描：用 DART-MS 定量表面扫描
- 36 使用实时直接分析 - 单四级杆质谱快速无损地分析聚氯乙烯玩具中的邻苯二甲酸酯
- P 26** 37 用实时直接分析 (DART™) 与飞行时间质谱联用快速分类白橡木和北方红橡木
- 38 用实时直接分析电离和单四级质谱快速鉴定聚氯乙烯盖子垫圈中的添加剂
- P 27** 39 用飞行时间质谱和 DART 离子源快速鉴定聚丙烯中的稳定剂
- 40 对成像表面等离子共振生物传感的纳米金芯片进行表面表征和抗污性研究
- P 28** 41 高效薄层色谱与直接生物自显影和质谱联用，追踪和鉴定艾菊精油中的抗菌成分
- P 29** 42 对 DART-TOF 质谱系统定量晶片表面有机磷的验证
- 43 用 DART 质谱检测固体载体中共价键基质的通用方法
- P 30** 44 大气压条件下在开放大气中对物质进行分析的通用新型离子源

*Aerogel Dust Collection
for in Situ
Mass Spectrometry Analysis*

气溶胶集尘 的原位质谱分析

作者 : Jones, S. M.; Anderson, M. S.; Davies, A. G.; Kirby, J. P.;
Burchell, M. J.; and Cole, M. J

文献来源 :
Icarus, 247: 71-76. February 2015.

关键词 : 星际尘埃, 实验技术, 撞击过程

01

摘要 : 用目前的技术对外太空物体周围的尘埃进行原位质谱分析, 是要让尘埃撞击固定板, 对高速撞击产生的原子和分子碎片进行分析。由于撞击产生的动能主要都转化成了热能, 可能会对尘埃中大量有机化合物造成明显改变或破坏。为避免发生这一现象, 可以用气溶胶捕集完整的大颗尘埃, 以保持尘埃颗粒内部有机化合物的完整性。为了证明在硅胶颗粒中以微小组分存在的有机分子, 可以在超速捕集的气溶胶中保存下来, 然后用质谱进行分析, 我们用几种光气体枪进行了撞击测试和分析。以 5.5 km/s 的速度将含多环芳烃 (PAHs) 的细小颗粒捕集在气溶胶中。用实时直接分析 (DART) 离子源的亚稳氦气流, 使有机物破坏并电离, 之后用质谱进行分析。PAHs 被 DART-MS 检测和鉴定, 从而证明该方法可以用于未来的飞行器中。

*Ambient Surface Analysis of
Organic Monolayers Using Direct Analysis
in Real Time Orbitrap Mass Spectrometry*

用实时直接分析 (DART)- 轨道离子阱质谱 在线检测物体表面有机单分子层

作者 : Manova, R. K.; Joshi, S.; Debrassi, A.; Bhairamadgi, N. S.;
Roeven, E.; Gagnon, J.; Tahir, M. N.; and et al.

文献来源 :
Analytical Chemistry, 86(5):2403-2411. January 2014.

关键词 : 有机单分子层, DART-HRMS

02

摘要 : 更好地表征工程表面性质、生物传感、纳米医疗和智能材料中所用的纳米有机分子层 (单分子层), 将有助于拓展其应用。本研究的目的就是将实时直接分析 - 高分辨质谱 (DART-HRMS), 发展成一种表征有机单分子层的新型辅助分析工具。为了评估范围和制订解释通则, 我们用 DART-HRMS 对五种不同物质 (Si、Si₃N₄、玻璃、Al₂O₃、Au) 上具有不同化学性质 (酰胺、酯、胺、酸、醇、碱、醚、硫醚、聚合物、糖) 的各种单分子层进行了分析。结果表明, 这些物质除金以外都没有明显作用, 因为单分子层与表面相连接的弱 Au-S 键容易断裂。对于具有较强共价界面键合的单分子层, 发生的是末端基团的裂解。末端是酯和酰胺的单分子层, 在 DART 过程中发生原位水解, 从而可以检测到末端基团 (醇、胺、羧基) 的特征离子。对于末端是醚和硫醚的单分子层, C-O 或 C-S 键断裂也可以预测单分子层末端部分释放出的离子。只有碱单分子层的图谱无法解析。用 DART-HRMS 可以分析含生物相关单糖或双糖的单分子层之间的差异。总之, DART-HRMS 将纳米材料的详细结构信息与大气压条件下超薄膜的快速分析相结合, 是一项充满前景的表面分析技术。

*Analysis of Getting Bituminous Coal
by Electrospray Ionization
and Direct Analysis in Real Time Mass Spectrometry*

用电喷雾电离 和实时直接分析质谱系统分析烟煤

作者：Fan, X.; Chen, L.; Wang, S.; Qing, Y.; Wei, X.; Zhao, Y.; Zheng, A.;
Zhu, J.; and You, C.

文献来源：
Analytical Letters, 47(12):2012-2022. August 2014.

关键词：烟煤，实时直接分析，电喷雾电离，提取

03

摘要：获得煤中各组分的组成和结构信息是发展洁净煤技术、提高煤炭综合利用的关键条件。而检测这些参数的分析手段主要是通过气质联用仪 (GC-MS)，但是作为这些方法的补充，配置电喷雾电离源 (ESI) 或者实时直接分析离子源 (DART) 的质谱也可以进行此类分析。在本文中，对比了石油醚、二硫化碳、甲醇、丙酮、丙酮 / 二硫化碳混合物 (1:1)、四氢呋喃 (THF)、THF / 二硫化碳混合物 (1:1) 对烟煤中物质的提取效果；然后将原煤、提取物和提取残留物分别用联接 ESI 或 DART 的质谱进行检测。其中提取物中的有机杂原子形态用 ESI-MS 检测，原煤、提取物和提取残留物中各有机形态的分子量分布用 ESI-MS 或者 DART-MS 进行测定。结合以上结果，最终获得了煤炭提取物中各分子以及同分异构体化合物的信息。

*Analysis of Silicones Released
from Household Items and Baby Articles
by Direct Analysis in Real Time-Mass Spectrometry*

用实时直接分析质谱系统 分析日用品和婴儿制品中硅橡胶的释放物

作者：Jürgen H. Gross

文献来源：
Journal of the American Society for Mass Spectrometry,
26(3):511-521. March 2015.

关键词：实时直接分析，PDMS，家居用品，
婴儿用品，FT-ICR

04

摘要：用实时直接分析质谱 (DART-MS) 可以筛查聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 所制日用品，通常称为硅橡胶，评估其释放低分子量硅氧树脂低聚物的趋势。DART-MS 分析在傅里叶变换离子回旋共振 (FT-ICR) 质谱上进行。本文检测了各种弹性硅橡胶烘焙模具、表带和面团刀具，不同品牌婴儿用的奶嘴、奶头和磨牙圈。虽然选择有些随意，但仍可认为都是有代表性的日用品、婴儿用品和其它硅橡胶制品。两种品牌的硅橡胶垫被进行了比较，并用载玻片和乳胶奶嘴作为空白。实验过程主要观察了不同待测物的分子量分布和除 PDMS 之外其它化合物的偶然释放。此外，在 DART 分析过程中，所有待测物都释放出了大量 PDMS。为了进行半定量，我们建立了基于硅油的校正曲线，在每次分析的 16 秒中，测定 20 μg 到 100 μg 之间的 PDMS 释放。另外，我们用菜籽油提取烘焙模具，证明有 1 $\mu\text{g}/\text{mg}$ 水平的 PDMS 释放。这些结果提示，经常或长期使用这类制品，对健康存在潜在危害。本工作不是要针对某品牌的这类制品。然而，日常接触硅橡胶而导致的较高摄入量仍然具有较高的危险性。

An Approach of Evaluating the Effect of Vinylene Carbonate Additive on Graphite Anode for Lithium Ion Battery at Elevated Temperature

升温条件下碳酸亚乙烯酯添加剂对锂离子电池石墨阴极影响的评价方法

作者：Liu, Y.; Takeda, S.; Kaneko, I.; Yoshitake, S.; Yanagida, M.; Saito, Y.; and Sakai, T.

文献来源：
Electrochemistry Communications, 61:70-73, December 2015.

关键词：锂离子电池，石墨，碳酸亚乙烯酯，
体温升高，DART-MS

05

摘要：建立了液相色谱质谱 (LC-MS) 与实时直接分析质谱 (DART-MS) 联用，在 60 °C 条件下 VC (碳酸亚乙稀脂) 对 LiFePO₄/ 石墨电池影响的评价方法。LC-MS 结果表明，VC 可以有效地抑制电化学循环过程中磷酸酯以及碳酸酯低聚物的形成。DART-MS 分析结果显示，VC 有助于在石墨表面形成耐热低聚磷酸酯层，从而在该表层中存储更多的溶剂 EC。另一方面，在 LiFePO₄ 阳极表面，却没有检测到任何化合物。实验发现，密集低聚磷酸酯层的形成，就是在高温下提高电池循环稳定性的原因。

Application of Direct Analysis in Real Time to a Multiphase Chemical System: Identification of Polymeric Arsanes Generated by Reduction of Monomethylarsenate with Sodium Tetrahydroborate

实时直接分析应用于多相化学系统：用硼氢化钠还原单甲基砷生成的聚合物 arcanes 的鉴定

作者：Pagliano, E.; Onor, M.; McCooney, M.; D' Ulivo, A.; Sturgeon, R. E.; and Mester, Z.

文献来源：
International Journal of Mass Spectrometry, 371:42-46, October 2014.

关键词：实时直接分析，高分辨 Orbitrap 质谱，
氢化，Polymeric arsanes

06

摘要：文中将实时直接分析与具有高分辨能力的轨道阱质谱联用，表征了一甲基砷在硼氢化钠作用下的水相还原过程 (硼氢化钠与一甲基砷的摩尔质量比约为 4)。反应生成多种砷形态，并有红色沉淀析出。通过使用 DART 揭示出在该反应体系中生成了一些砷烷聚合物，最多包含有 8 个砷原子。从化学反应角度分析，这些聚合物经历了一种特殊的离子化过程。实际上，与烷烃类似，这些聚合物经 DART 电离产生 [M-H]⁺ 离子。在此基础上，对于每一个低聚物 MeHAs-(AsMe)_n-AsHMe (n = 0-8) 以及他们的氧化产物 [(M + nO) - H]⁺ 都进行了识别，并对它们产生过程进行了深入的探讨。

Capabilities and limitations of Direct Analysis in Real Time
Orbitrap Mass Spectrometry and Tandem Mass Spectrometry
for the Analysis of Synthetic and Natural Polymers

实时直接电离 - 轨道阱质谱和串联质谱分析 合成聚合物与天然聚合物的可能性和局限性

作者：

Bridoux, M. C.; and Machuron-Mandard, X.

文献来源：

Rapid Communications in Mass Spectrometry, 2013(27):2057-2070. June 2013.

关键词：聚合物分析，分子量

07

摘要：目的：除了实时直接分析质谱 (DART-MS) 广泛的应用以外，人们还没有充分了解其可以达到的质量范围和能够分析的聚合物类型。本工作的目的就是通过表征（结构和多分散性指标）各种合成和天然聚合物，对该电离技术与 orbitrap 质谱和串联质谱联用的功能和局限进行评价。

方法：用 orbitrap 质谱仪，使用各种工业合成聚合物和生物聚合物，评价 DART-MS（和 -MS2）对聚合物分析的能力和局限性。我们用连接在滑轨上的不锈钢筛网作为采样表面，加入 5 μL 溶解在四氢呋喃中的各种聚合物。用 Polymerix™ 软件分析图谱特征、计算分子量和多分散性指标，并与用凝胶渗透色谱 (GPC) 得到的结果进行对比。

结果：用正离子模式，立即就能检测出主要电离产物物质

子化的聚合物和铵加和离子。在负离子模式下，只有全氟聚醚 (PFPE) 电离，检测为 $[M]^-$ 离子。我们仅检测到所有待测低聚物的单电荷分子离子，用于进行聚合物分子量和多分散性特性的快速测定。提高 DART 气体温度 (400-500 $^{\circ}\text{C}$) 后，分子量和多分散性参数与 GPC 所得结果相当一致，聚合物的质量范围在 200 g/mol 到 4000 g/mol 之间。

结论：DART-MS 可以基于聚合物 $[M+H]^+$ 和 $[M+NH_4]^+$ 离子（正离子模式）或 $[M]^-$ （对电子捕获电离高度敏感的聚合物，如 PFPE）的精确质量数，以及产物离子的精确质量数，无需任何样品前处理，在大气压条件下，对合成和天然聚合物，进行直接快速分析（所有聚合物的质谱图和串联质谱图均可在数秒钟内采集）。

Detection of Nicotine as an Indicator of Tobacco Smoke by Direct Analysis in Real Time (DART) Tandem Mass Spectrometry

用实时直接分析电离串联质谱检测二手烟指标尼古丁

作者：Kuki, A.; Nagy, L.; Nagy, L.; Zsuga, M.; and Kéki, S.

文献来源：

Atmospheric Environment, 100:74-77. January 2015.

关键词：实时串联质谱，烟草烟雾，尼古丁，二手烟，三手烟

08

摘要：吸烟者衣服上残余的烟草烟雾污染（三手烟，THS）可用实时直接分析质谱来检测。DART-MS 可以灵敏并选择性地分析烟草烟雾污染的指示物尼古丁。同时进行串联质谱 (MS / MS) 实验来证实尼古丁的鉴别。由吸烟者的手指传送到其他物体的三手烟也可通过 DART 质谱检测。DART-MS/MS 被用于监测实验室的空气中的二手烟 (SHS)，以尼古丁为指示物。据我们所知，这是 DART-MS 和 DART-MS/MS 应用于检测三手烟和监测二手烟的第一份报告。

Determination of Stabilisers in Polymeric Materials Used as Encapsulants in Photovoltaic Modules

作为光伏模块密封剂的聚合物中的稳定剂含量的检测方法

作者：Hintersteiner, I.; Sternbauer, L.; Beissmann, S.; Buchberger, W. W.; and Wallner, G. M.

文献来源：

Polymer Testing, 33:172-178. February 2014.

关键词：灌封胶，稳定剂，HPLC，GC，质谱

09

摘要：聚合物合成材料常常被用于光伏模块中的密封剂、前层片和背层片。由于稳定剂的含量对聚合物材料的耐受性非常重要，所以本研究建立了一种测定光伏模块中常见的几种稳定剂的方法，利用该方法可以实现对乙烯 / 乙烯基醋酸盐 (EVA)、聚乙烯醇缩丁醛 (PVB) 和热塑硅橡胶 (TPSE) 的区分和定量测定。为了识别 EVA 中稳定剂的特征物质，利用了实时直接分析离子源串联质谱 (DART-MS) 免预处理的优点，检测了该聚合物的薄层。为了定性分析 PVB 和 TPSE 以及后续的定量分析所有在研密封剂中的稳定剂，本文利用了气相色谱 - 质谱联用仪、高效液相色谱仪 (UV 检测器) 和液相色谱 - 质谱联用仪以获得准确分析结果。针对这些检测方法，对三种材料中稳定剂的提取方法进行了优化，以期实现对 EVA、PVB 和 TPSE 的广泛适用性。

Determination of the Presence or Absence of Sulfur Materials in Drywall Using Direct Analysis in Real Time in Conjunction with an Accurate-Mass Time-of-Flight Mass Spectrometer

用实时直接分析 (DART) 和精确质量飞行时间质谱联用测定在石膏板中是否存在含硫物质

作者 : Curtis, M. E.; Jones, P. R.; Sparkman, O. D.; and Cody, R. B.

文献来源 :

Journal of the American Society for Mass Spectrometry, 20(11):2082-2086, 2009.

关键词 : 定性分析, 飞行时间质谱

10

摘要 : 基于对石膏板中含硫物质的关注, 一种用实时直接分析与精确质量飞行时间质谱联用来快速可靠地确认这些物质是否存在的检测手段已经被开发出来。

Development of a Rapid Screening Method to Determine Primary Aromatic Amines in Kitchen Utensils Using Direct Analysis in Real Time Mass Spectrometry (DART-MS)

用实时直接分析质谱 (DART-MS) 建立测定厨房用品中芳香伯胺的快速筛查方法

作者 : Paseiro-Cerrato, R.; Noonan, G. O.; and Begley, T. H.

文献来源 :

Food Additives & Contaminants: Part A, November 2013.

关键词 : 芳香伯胺, DART, 筛查方法,

UPLC-MS / MS, 厨房用品

11

摘要 : 被用于各类商品中的芳香伯胺 (PAA) 是一类具有不良健康影响的物质。最近有些采用各种筛查和确认方法的研究报导, 厨房用具在 3% (w/v) 醋酸中可释放 PAA。许多方法都需要繁琐的样品制备, 因而, 本工作的目的就是要确定, 实时直接质谱 (DART-MS) 是否可以作为测定厨房用具中 PAA 的快速筛查工具。我们将用 DART-MS 直接分析厨房用品的结果, 与用超高效液相色谱串联质谱法 (UPLC-MS/MS) 得到的 PAA 释放结果进行对比。UPLC-MS/MS 方法具有良好的线性, 适宜的灵敏度 ($LOD \leq 1.5 \mu\text{g/L}$; $LOQ \leq 4.5 \mu\text{g/L}$), 重现性在 2.4-13.2% 之间, 以及合格的回收率。DART-MS 结果与 UPLC-MS/MS 数据完全一致, 用 DART-MS 可以 100% 成功鉴别所有不合格 (PAA 阳性) 样品。

*Direct Analysis in Real Time - High Resolution
Mass Spectrometry (DART-HRMS): A High Throughput Strategy
for Identification and Quantification of Anabolic Steroid Esters*

实时直接分析高分辨质谱 (DART-HRMS): 同化类固醇酯的高通量鉴定和定量策略

作者 : Doué, M.; Dervilly-Pinel, G.; Pouponneau, K.;
Monteau, F.; and Bizec, B. L.

文献来源 :

Drug Testing and Analysis, 7(7):603-608. July 2015.

关键词 : 高通量筛查

12

摘要 : 高通量筛查对反兴奋剂、法医和食品安全实验室来说非常重要。虽然色谱 - 质谱 (MS) 联用一直是其选择的方法, 但最近原位质谱技术, 如实时直接分析 (DART) 可以提供更快速和更全面的策略, 因而受到了广泛关注。在本研究中, 我们评估了 DART 与 Orbitrap-MS 联用对 21 种同化类固醇酯快速鉴定和定量的可能性。用直接分析高分辨扫描模式, 通过精确质量测量进行类固醇酯筛查 (分辨率 =60 000, 质量误差小于 3 ppm)。用碰撞诱导解离 (CID) 实验, 通过两个加合离子的产生, 进一步支持类固醇酯的鉴定结果。此外, 采用标记的内标, 基于同位素稀释法获得定量数据。

线性 (R^2 大于 0.99)、动态范围 (从 1 到 1000 ng/mL)、偏差 (小于 10%)、灵敏度 (1 ng/mL)、重复性和重现性 (小于 20%), 均与色谱-质谱联用技术所得结果相似。我们成功地用这一新的高通量方法, 对市售油性制剂进行了表征, 能够满足政府主管部门打击假冒伪劣物质的要求。

Direct Analysis in Real Time-Mass Spectrometry (DART-MS) for Rapid Qualitative Screening of Toxic Glycols in Glycerin-Containing Products

用实时直接分析质谱 (DART-MS) 快速定性筛查含甘油制品中的毒性乙二醇

作者 : Self, R. L.

文献来源 :
Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2013.

关键词 : 乙二醇, 实时直接分析, 乙二醇, 甘油, Orbitrap

13

摘要 : 2007 年, 美国食品和药品管理局发布指南, 建议对使用甘油的监管消费品 (如, 咳嗽糖浆、牙膏和其它药品和食品) 中的有毒化合物 - 乙二醇和乙二醇进行检测。认证实验室采用官方的气相色谱法对甘油, 以及含甘油或相关化合物制品中的毒性乙二醇, 进行常规检测, 确保这些制品的安全。本研究报导了一种这种 GC-FID 方法的平行技术, 用实时直接分析电离 Orbitrap 质谱, 快速定性筛查这些样品, 无需样品制备, 仅需 5 秒即可获得结果。从而可以让实验室只对检测到这些化合物的极少数样品, 再用更费时和更繁琐的方法进行分析, 大大提高了实验室效率。我们对 GC-FID 方法, 对该技术的定性灵敏度和重现性进行了评估。这项技术完全符合其性能指标。

Direct Analysis in Real Time Mass Spectrometry (DART-MS) of Highly Non-Polar Low Molecular Weight Polyisobutylenes: DART-MS of PIBs

高非极性低分子量聚异丁烯的实时直接分析质谱 (DART-MS): PIB 类物质的 DART-MS 检测方法

作者 : Nagy, L.; Nagy, T.; Deák, G.; Kuki, A.; Antal, B.; Zsuga, M.; and Kéki, S.

文献来源 :
Journal of Mass Spectrometry, 50(9):1071-1078. September 2015.

关键词 : PIB, 实时直接分析

14

摘要 : 实时直接分析质谱 (DART-MS) 研究含氯、烯烃和琥珀酸末端基团的低分子量聚异丁烯 (PIB)。为了促进 DART 条件下加合离子的形成, 我们把作为辅助试剂的 NH_4Cl 加到 PIB 表面。在用负离子模式检测时, 发现了烯烃以及氯螯合 PIBs 的氯加合离子, 即 $[\text{M} + \text{Cl}]^-$, 最高至 m/z 1100, 以及质子化的聚异丁烯琥珀酸 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。在正离子模式中, 检测到 $[\text{M} + \text{NH}_4]^+$ 加合离子的形成。在 $[\text{M} + \text{Cl}]^-$ 的串联质谱 (MS/MS) 图中没有产物离子, 可能是 $[\text{M} + \text{Cl}]^-$ 母离子单纯解离成了 Cl^- 离子和 PIB 骨架不发生裂解的中性 M。但是相应的 $[\text{M} + \text{NH}_4]^+$ 离子可以形成具有结构重要性的产物离子, 从而让我们获得有价值的信息, 了解含芳香引发剂单元 PIB 的臂长分布。另外, 我们还建立了一个模型, 用以解析 PIB 和其它低分子量聚合物, 用 DART-MS 检测到的低聚物分布和平均分子量。

*Direct Analysis
in Real Time Mass Spectrometry
of Fused Ring Heterocyclic Organometallic Compounds*

用实时直接分析质谱 分析稠环杂环有机金属化合物

作者：Mazzotta, M. G.; Young, J. O. E.; Evans, J. W.; Dopierala, L. A.; Claytor, Z. A.; Smith, A. C.; Snyder, C.; Tice, N. C.; and Smith, D. L.

文献来源：
Anal. Methods, 7(9):4003-4007. 2015.

关键词：有机金属化合物

*Direct Identification
of Dyes in Textiles by Direct Analysis
in Real Time-Time of Flight Mass Spectrometry*

一种利用 DART-TOF-MS 直接鉴别纺织品中染料的分析方法

作者：Deroo, C. S.; and Armitage, R. A.

文献来源：
Analytical Chemistry, 83(48):6924-6928. 2011.

关键词：AccuTOF

摘要：用实时直接分析 (DART) 可以解吸 / 电离一系列稠环杂环有机金属化合物，从而用线性离子阱质谱进行分子分析。有机金属化合物用大气压电离可以得到有限的的数据，但用所建立的分析方法可以从纯有机金属的二氯甲烷溶液中直接取样，用正离子模式获得信号。我们检测到质子化的分子（即使在存在带电荷环状结构时），但信号强度取决于有机金属化合物分子的特殊金属配位相互作用，以及 DART 离子源中的氦气温度。另外，还检测到化合物二聚体的形成。串联质谱还可以确证有机金属化合物的三羰基，显示金属配位的相对差异。用 DART 对这些杂环有机金属化合物进行解吸附 / 电离，为合成化学家带来了快速监测反应产物的另一种潜在的离子化选择。

摘要：本文提出一种利用实时直接分析电离源与高分辨飞行时间质谱联用，直接鉴别标准物质、溶液以及染色纤维中有机染料化合物槲皮素、靛青、茜素的方法。整个过程无需样品制备，可在一分钟内完成染色纺织品中物质的精确质量测定。鉴于其可鉴定染料中的黄酮、靛蓝和蒽醌等，这项技术有望成为一种研究珍贵文化遗产中有机染料新的分析工具，其在灵敏度以及简易性上具有独特的优势，并且无需其他方法中用到的复杂前处理。

*Direct Mass Spectrometric Analysis
of Flavors and Fragrances
in Real Applications Using DART*

一种利用 DART 实时分析调料和香料的质谱方法

作者：Haefliger, O. P.; and Jeckelmann, N.

文献来源：

Rapid Communications in Mass Spectrometry, 21(8):1361-1366. 2007.

关键词：复杂固体样品，Thermo TSQ

17

摘要：利用 DART 与质谱相结合，可在常压下分析复杂固体样品，其是由中性亚稳态物质将待测物离子化。本文首次利用 DART 来分析香料及其原材料，表明了这项技术具有显著的应用价值，其还可用于香水原材料的半定量分析。在最佳条件下，检测限最低可到 100 pg。同时 DART 也实现沉积物的分析以及布料和头发等表面的气味分析。最后，利用 DART 在 30 分钟以内实现对 12 种口香糖样品中有着提神作用化合物的筛选。

*Direct Monitoring of the Role Played by a Stabilizer in a Solid Sample
of Polymer Using Direct Analysis in Real Time Mass Spectrometry:
The Case of Irgafos 168 in Polyethylene*

利用 DART-MS 实时监测聚合物固体样品中 稳定剂的作用变化：聚乙烯中的 Irgafos 168

作者：Fouyer, K.; Lavastre, O.; and Rondeau, D.

文献来源：

Analytical Chemistry, September 2012.

关键词：聚合物，聚乙烯

18

摘要：本文利用 DART-TOF-MS 分析不含添加剂或者含有 Irgafos 168 作为稳定剂的工业聚乙烯颗粒。此分析方法使得 DEHP 生成 $[M + H]^+$ 离子，结合 AccuTOF 质谱上的质量漂移补偿方法，实现稳定剂和聚合物离子的精确质量测量。DEHP 是一种会出现在谱图上的塑料污染物。质谱可以表征聚合物和 Irgafos 的离子。热处理样品分析表明当大部分材料中出现 Irgafos 时，聚合物不会进行任何降解，此时 Irgafos 168 相当于氧气捕获剂。在紫外光照射下，用 DART-TOF-MS 分析紫外暴露下的聚合物颗粒表明 Irgafos 168 呈现不同的行为表现，这是因为其 P-O 键的断裂反应阻碍了聚合物的降解。上述解释通过借由确定所检测离子的元素组成而得到了验证。

*Distinguishing Wild from Cultivated Agarwood (Aquilaria spp.)
Using Direct Analysis in Real Time and Time
of Flight Mass Spectrometry*

利用 DART-TOF-MS 识别野生与人工栽培沉香

作者：Espinoza, E. O.; Lancaster, C. A.; Kreitals, N. M.;
Hata, M.; Cody, R. B.; and Blanchette, R. A.

文献来源：
Rapid Communications in Mass Spectrometry, 28(3): 281-289. 2014.

关键词：沉香，色酮



19

摘要：原理：确定市场上的沉香（*Aquilaria* 和 *Gyrinops* 属的一种多脂木材），是来源于种植园中可持续生产的人工栽培，还是从原始森林中非法砍伐，对 CITES 条约的执行非常重要。

方法：我们用实时直接分析源 (DART) 与飞行时间质谱 (TOF) 对木材进行了直接分析。沉香来源于 5 个国家，采集了 150 份样品。沉香的质谱图中含有独特的 5,6,7,8- 四羟基 -2 (2- 苯乙基) 色酮离子峰，以及许多其它离子峰。采用核判别分析和核主成分分析进行数据处理。对未知沉香样品进行了来源可能性估算（野生或人工栽培）。

结果：对比 DART-TOF 数据的分析显示，人工栽培和野生沉香样品中发现的许多色酮都很相似，但还是可以用特殊色酮的明显差异来进行区分。在某些实例中，

分析这些色酮还可以推断来源于哪个国家。用 Mass Mountaineer 软件可以对判别模型准确度进行估算，并将未知样品归为人工栽培还是野生类。我们对 13 个验证样品中的 11 个 (85%) 正确地判定了其各自地理种源，是人工栽培还是野生类。每种归类的准确性可以用基于 Z 分数的概率进行估算。

结论：用 DART-TOF-MS 直接分析木材中的色酮并结合判别分析，在区分野生和人工栽培沉香中具有良好的可靠性，为沉香源性判别提供了强有力的证据。

Evaluating Agarwood Products for 2-(2-Phenylethyl)chromones Using Direct Analysis in Real Time Time-of-Flight Mass Spectrometry

利用 DART-TOF-MS 检测 2-(2- 苯乙基) 色酮来评估沉香产品

作者 : Lancaster, C.; and Espinoza, E.;

文献来源 :

Rapid Communications in Mass Spectrometry, 26(23):2649–2656. 2012.

关键词 : 沉香, 色酮

20

摘要 : 沉香是从濒危沉香物种上采集的树脂材料。本文研究了需要多少个质子化的 2-(2- 苯乙基) 色酮离子才能够精确识别沉香。通过 DART-TOF-MS 分析 125 个参考样本。开发出的识别标准也应用在了商业样品。除此开发了一种利用 DART-TOF-MS 检测 2-(2- 苯乙基) 色酮的方法之外, 我们还开发出了一套标准, 可用来推断木片、木屑、焚香和液体等商业样品中是否存在沉香属。另外, 我们检测其它芳香木料来判断是否包含可能被误识别为沉香的化学结构。运用 DART-TOF-MS 分析了 151 种标准和商业样品, 其产生的可重现性的谱图可以用来推断可疑的沉香木样品的种属。我们识别出 17 个可验证沉香的离子。对比分别用直接分析干燥木片和甲醇提取洗脱分析木材检测到的色酮离子数量, 我们发现结果是近似的。最后, 对 25 个其它有气味的木材物种进行分析也没有出现错误的阳性结果。推断沉香木的可靠标准包括存在特征离子 m/z 319.118 或 m/z 349.129, 此外, 还有 10 个或更多的 2-(2- 苯乙基) 色酮的特征离子。这种方法可以帮助到在形态学识别上遇到困难木材剖析学者。

Fast Identification of Phthalic Acid Esters in Poly(Vinyl Chloride) Samples by Direct Analysis in Real Time (DART) Tandem Mass Spectrometry

利用 DART 串联质谱快速识别聚 (氯乙烯) 中的邻苯二甲酸酯

作者 : Kuki, A.; Nagy, L.; Zsuga, M.; and Kéki, S.

文献来源 :

International Journal of Mass Spectrometry, 303(2-3): 225-228. 2011.

关键词 : 实时直接分析, 邻苯二甲酸酯, 聚氯乙烯, 串联质谱

21

摘要 : 研究发现实现分解需要的 50% 碰撞能量 / 电压取决于邻苯二甲酸酯 (PAEs) 的分子质量。基于此, 提出一种利用 DART 串接质谱, 快速筛选聚氯乙烯 (PVC) 中 PAEs 的技术。由此开发出一种自动数据采集方法, 包括碰撞能量 / 电压的质谱调谐, 依此可减少分析时间。

*Flammable Solvent Detection Directly from
Common Household Materials Yields Differential Results:
An Application of Direct Analysis in Real-Time Mass Spectrometry*

直接分析常见家用材料中易燃溶剂产生不同的结果： 实时直接分析质谱的应用

作者：Coates, C. M.; Coticone, S.; Barreto, P. D.; Cobb, A. E.; Cody, R. B.; and Barreto, J. C.

文献来源：

Journal of Forensic Identification, 58(6): 624–631, 2008.

关键词：家用材料，挥发性易燃溶剂

22

摘要：本文利用 DART-MS 分析常见家庭用品上的挥发性易燃溶剂。我们使用这种新型电离技术直接蒸发电离液体样品，并用高分辨率质谱进行检测。我们直接分析了棉花、干式墙和尼龙材料上的两种常见易燃溶剂，汽油和涂料稀释剂。无需样品制备，直接分析家庭用品的化学基体。用棉签蘸样就能得到明显的特征信号峰，包括溶剂、汽油以及涂料稀释剂。除此之外，我们检测了包含汽油和涂料稀释剂的不同基板（棉花、尼龙和干式墙），以此验证利用 DART 从复杂化学基体中检测到芳

香溶剂和脂肪溶剂的可能性。特别指出的是，我们发现利用 DART 很难检测到尼龙上的汽油，仅仅过了 2 个小时，所有信号均消失了。令人欣喜的是，利用 DART 可以轻易检测到尼龙上的涂料稀释剂，甚至在经过 16 个小时以后。在 0 到 16 个小时之内，DART 可以有效的检测到棉花和干式墙上的涂料稀释剂和汽油。因此我们认为 DART 能够直接检测的原因不仅仅是蒸汽压力，其极可能涉及到复杂的相互作用包括易燃溶剂离子化机理层面上的吸附效应或者基体效应。

Food Packaging: Strategies for Rapid Phthalate Screening in Real Time by Ambient Ionization Tandem Mass Spectrometry

食品包装：实时直接分析 敞开式离子源串接质谱快速筛查邻苯二甲酸酯

作者：Crawford, E.; Crone, C.; Homer, J.; and Musselman, B.

文献来源：

Chemistry of Food, Food Supplements, and Food Contact Materials: From Production to Plate, 1159: 71-85. January 2014.

关键词：食品包装，邻苯二甲酸酯

23

摘要：食品中邻苯二甲酸酯监测是邻苯二甲酸酯管理规定的重要内容，因为在包装和制作过程中邻苯二甲酸酯很容易渗入到食品中。环境中本身就富含多种邻苯二甲酸酯，样品从制备到运输过程中极易受到污染，最终影响结果的准确测定。敞开式离子源可以直接对样品离子化，几乎不需要任何预处理，并且也可以实现现场检测，所以在食品以及食品包装方面有着极大的实用价值。商品化的 DART 离子源与质谱联用后可以快速识别食品中的邻苯二甲酸酯，以及实现对包装食品中的邻苯二甲酸酯的快速筛查。碰撞诱导解离的碎片有助于大部分邻苯二甲酸酯的识别和确认，在降低碰撞能量的基础上，甚至可以对邻苯二甲酸酯同分异构体进行区别。当高低能量结合使用后，可以对所有邻苯二甲酸酯进行快速筛查。所以 MS/MS 结合可以原位实时电离的 DART 离子源，以及可以快速扫描的离子阱质量分析器，组成了一种非常有效的快检方法。

Forensic Analysis of CITES-Protected Dalbergia Timber from the Americas

CITES 保护濒危物种—— 美洲黄檀属木材的法证分析

作者：Wiemann, M. C.; Chavarria, G. D.; Morales, J. B.; Espinoza, E. O.; and McClure, P. J.

文献来源：

IAWA Journal, 36(3): 311-325. September 2015.

关键词：木材鉴定，黄檀

24

摘要：目前，对原木、木板和贴面板的种类鉴定比较困难，因为它们没有像叶子、花这样的特征。面临的另一个挑战是跨国运输，货物的原产地不确定。因此，物种分类不全导致进口商可以肆无忌惮的逃避濒危物种法律。我们利用 DART-TOF-MS 来研究其是否可以明确鉴定黄檀类物种。采集到八种黄檀类物种和六种其它看起来相似物种的心材的谱图。分析包含 318 个样品的 14 个物种，通过统计学分析物种的化学剖面。可将黑檀 (CITES 附录 I) 和亚马逊黄檀区、伯利兹黄檀 (附录 II) 和瓜地马拉黄檀 (附录 III) 分开，甚至所有相似木材都很容易被区分开。另人意外的是，不能够将微凹黄檀 (附录 III) 和中美洲黄檀区分开，这可能是因为它们隶属同源。我们认为 DART-TOF-MS 对美洲黄檀类植物的物种鉴定有着很大用处，而且它是一个对传统木材剖析很有价值的分析工具。

High-Mass Cluster Ions of Ionic Liquids in Positive-Ion and Negative-Ion DART-MS and Their Application for Wide-Range Mass Calibrations

DART-MS 分析离子液体的高质量数簇离子及其在宽质量数校正上的应用

作者 : Gross, J. H.

文献来源 :

Analytical and Bioanalytical Chemistry, March 2014.

关键词 : 精确质量, 簇离子, DART, FT-ICR-MS, 质量校准, 质谱

25

摘要 : 本文利用 DART-FT-ICR-MS 在正负两种离子模式下分析八种离子液体 (ILs)。首先, 探究其分析涵盖宽 m/z 范围的均匀分布簇离子的能力。其次, 有一种离子液体在正负离子模式下显示出有用的离子簇系列, 其将被用于质量校正。1- 丁基 -3- 甲基咪唑三氟甲基化合物产生的正簇离子适合 m/z 在 100-4000 范围内质量校正, 也适用于 m/z 在 100-2000 范围内的负离子模式。我们制作了任一极性下相应的质量数参考表。此外, 基于 1- 丁基 -3- 甲基咪唑三氟甲基化合物, 在 DART-MS 的正离子模式下, 可检测到的最高质量数可超过 5000。最后, 通过使用既定的标准化合物如聚二甲基硅氧烷、全氟壬酸和苯丙锡 (氟代烷氧基) 磷腈混合物来验证质量校正过程, 再由相邻簇峰离子间的连续精确质量数偏差来验证。

Identification and Semi-Quantitative Analysis of Parabens and UV Filters in Cosmetic Products by Direct-Analysis-in-Real-Time Mass Spectrometry and Gas Chromatography with Mass Spectrometric Detection

利用 DART-MS 和 GC-MS 检测和半定量分析化妆品中的对羟基苯甲酸酯类和紫外防晒剂

作者 : Haunschmidt, M.; Buchberger, W.; Klampfl, C. W.; and Hertsens, R.

文献来源 :

Anal. Methods, 3(1): 99-104. 2011.

关键词 : 化妆品, 防晒剂, 对羟基苯甲酸酯

26

摘要 : 本文利用 DART-MS 对不同制剂 (面霜、牛奶、护肤液、油和口红) 的十二种化妆品中 8 种有机紫外防晒剂和 4 种对羟基苯甲酸酯进行定性和半定量分析。不需要任何样品前处理, 所有待测成分都能够被明确识别。也可以对化妆品中的对羟基苯甲酸酯进行半定量分析。虽然对紫外防晒剂分析没有获得满意的结果, 但通过将样品溶解于甲醇, 再添加内标物, 就可以定量所有待测物。用已完备建立的 GC-MS 法验证了 DART-MS 方法所得到的数据。

*Mass Spectrometry of Solid Samples
in Open Air Using Combined Laser Ionization
and Ambient Metastable Ionization*

利用激光离子化 和原位亚稳态离子化质谱方法分析固体样品

作者：He, X. N.; Xie, Z. Q.; Gao, Y.; Hu, W.; Guo, L. B.; Jiang, L.; and Lu, Y. F.

文献来源：

Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, 67: 64-73. 2012.

关键词：激光诱导等离子体, AccuTOF, DART,
LIBS, LI-TOFMS

27

摘要：本文利用激光离子化和原位亚稳态离子化飞行时间质谱方法 (LI-MI-TOF-MS) 在大气压环境下对固体样品进行定性与半定量分析。使用 DART 离子源作为原位亚稳态离子化工具来研究这种方法的效果。通过 LI-MI-TOF-MS 检测来源于国家标准与技术 (NIST 494, 495, 498 和 500) 中的一系列金属样品和一个纯碳目标物。发现其效果优于激光诱导击穿光谱 (LIBS)。为了获得等离子体的高电离度，实验使用 Nd:YAG 激光器的二次谐波 (532 nm)，并将激光脉冲能量调至 10 到 200 mJ。高脉冲能量可以提高微量元素 (如 Fe, Cr, Mn, Ni, Ca, Al, and Ag) 的信号强度。将质谱谱图和 LIBS 谱图上的数据通过数值计算相对灵敏度系数 (RSCs) 和检测限 (LODs) 进行分析。利用不同参数如沸点、电离势、RSC、LOD 和原子量分析离子化和质谱检测过程。

*Mass Spectrometry
of Spacecraft Contamination Using Direct Analysis
in Real-Time Ion Source*

利用 DART-MS 分析航天器污染物

作者：Anderson, M. S.

文献来源：

Journal of Spacecraft and Rockets, January 2014.

关键词：航天器污染物, 灵敏分析

28

摘要：本文利用 DART-MS 分析航天器污染物。这种方式是用亚稳态氦气作为软电离工具，在常压下将样品解析并将其送入质谱。这种进样方式可以用于评估聚合物真空中的不稳定性。真空中不稳定聚合物造成的残留是航天器光学器件、科学仪器和热控器表面重要的污染源。利用现有的航空器取样过程，这种方法也可以灵敏的分析航空器表面的分子污染物。这提供了包括生物标记化合物在内的大范围分子成分的识别信息。

Metabolic Chemotypes of CITES Protected Dalbergia Timbers from Africa, Madagascar, and Asia: Metabolic Chemotypes of Dalbergia

来自非洲、马达加斯加以及亚洲 并受 CITES 保护的黄檀木材的化学代谢

作者：McClure, P. J.; Chavarria, G. D.; and Espinoza, E.

文献来源：

Rapid Communications in Mass Spectrometry,
29(9): 783-788. May 2015.

关键词：马达加斯加黄檀，DART-TOF-MS

29

摘要：世界范围内的黄檀种类有接近 250 种。其中 58 种具有经济价值并收录在 CITES 名录里。由于缺少对物种鉴定（如树叶和花）的标准描述，有效鉴别非法跨国木材贸易变得很困难。本文我们利用 DART-TOF-MS 鉴定产于非洲、马达加斯加和亚洲的受保护黄檀。通过 DART-TOF-MS 收集来自 7 个物种的心材和 17 个黄檀属的边材的代谢图谱。我们同样研究了来自马达加斯加的 85 个只被归类到属的黄檀心材样品。总共分析包含 235 个样品的 21 个物种，通过化学计量分析工具分析谱图，翻译了代谢化学类型。结果表明交趾黄檀和来自马达加斯加的黄檀（都收录在 CITES 目录 II）、非受保护的阔叶黄檀和东非黑黄檀都能够被区分开。这表明 DART-TOF-MS 是一个对黄檀类植物成分分类有很高价值的高通量工具。其也可以用于区分受保护的马达加斯加黄檀以及紧密相关的紫檀树。

Microfabrication, Separations, and Detection by Mass Spectrometry on Ultrathin-Layer Chromatography Plates Prepared via the Low-Pressure Chemical Vapor Deposition of Silicon Nitride onto Carbon Nanotube Templates

低压化学气相沉积在氮化硅型碳纳米管的 超薄色谱板的制备、分离和质谱检测

作者：Kanyal, S. S.; Häbe, T. T.; Cushman, C. V.; Dhunna, M.; Roychowdhury, T.; Farnsworth, P. B.; Morlock, G. E.; and Linford, M. R.

文献来源：

Journal of Chromatography A, 1404: 115-123. July 2015.

关键词：超薄层色谱，碳纳米管，氮化硅，
原位质谱，DART

30

摘要：本文阐述通过由低压化学气相沉积在氮化硅型沉积碳纳米管 (CNT) 支架上的超薄色谱板 (UTLC) 的制备。去除掉 CNTs 以及羟基化后，由此形成的 UTLC 没有发生膨胀或者变形，余下的氮类也没有消失或者减少。相比较于高效薄层色谱板 (HPTLC)，在 UTLC 板上的亲脂性染色混合时间缩短了 86%。水溶性食品色素混合物也被区分开，相比较 HPTLC，谱带增宽更低，显像时间也更短。单 UTLC 板上的流动相最优化由包含不同流动相的 14 个阶段组成，每个阶段都有板预洗过程。在不同条件下，同样的板也被用作另外 11 个分离，平均分离效率为 233,000 理论塔板 /m，流动相消耗可减少到 400 μ L。这样的重复使用证明了超薄层的物理韧性以及抗损性。这种 UTLC 非常适合原位电离源质谱，包括解吸附电喷雾离子化 (DESI) 质谱成像和实时直接分析 (DART) 质谱。

Molecular Analysis of Primary Vapor and Char Products during Stepwise Pyrolysis of Poplar Biomass

杨树生物质分步热解过程中初蒸气和炭产物的分子分析

作者：Jones, R. W.; Reinot, T.; and McClelland, J. F.

文献来源：
Energy & Fuels, 24(9): 5199-5209. 2010.

关键词：生物质热解，AccuTOF

Non-Visible Print Set-off of Photoinitiators in Food Packaging: Detection by Ambient Ionization Mass Spectrometry

使用原位电离质谱检测食品包装中不可见的反印的光引发剂

作者：Bentayeb, K.; Ackerman, L. K.; Lord, T.; and Begley, T. H.

文献来源：
Food Additives & Contaminants: Part A, January 2013.

关键词：食品包装，光引发剂，DART/TOF-MS

ASPEC
advancing science

31

32

摘要：生物质热解产生热解油和固态炭。在本研究中，我们用 200 到 500 °C 的一系列温度，对杨树分步热解，在每一步都对影响热解油和使杨树表面热解炭化的初产物进行表征。用实时直接分析 (DART) 质谱对初产物进行鉴定，用傅里叶变换红外 (FTIR) 光谱监测杨树表面的变化，取样深度为几微米。我们还在同样条件下，对纤维素、木聚糖和木质素的热解初产物进行了表征，以鉴定杨树产物的来源。

摘要：使用实时直接分析与飞行时间质谱 (DART/TOF-MS) 联用检测三种不同包装的食物接触面上不可见的反印的光引发剂。人为地将样品在加工处理中进行反印。油墨配方中包含十二种市售的光引发剂，包括 α -氨基、吗啉基、 α -羟基苯甲酮、噻吨酮、芳基氧化膦和这些成分中至少三种的聚合物。分析了包装印刷品的主要颜色以及与它们接触的内表面的特定区域。在与图案深色部分接触的食物接触区域中检出了大量的光引发剂。通过 DART 响应表明 Speed-cure 7005 和 4-苯基苯甲酮是每个样品中最易反印的化合物。对未知反印化合物的鉴定方案进行了测试，结果实现了对二乙二醇醚、芥子酸酰胺和丙烯酸酯的反印检测，并且得到了溶剂萃取 GC-MS 分析的确认。最后，DART/TOF-MS 扫描了与食品接触面的包装的横断面以反应光引发剂的存在情况。在与印刷图形相对应的图案中发现了更高的光引发剂信号，这表明 DART/TOF-MS 可以“成像”反印的食品包装。

Office Chromatography: Precise Printing of Sample Solutions on Miniaturized Thin-Layer Phases and Utilization for Scanning Direct Analysis in Real Time Mass Spectrometry

办公室色谱：用 DART-MS 扫描精密打印在微型化薄层相上的样品溶液

作者：Häbe, T. T.; and Morlock, G. E.

文献来源：

Journal of Chromatography A, 1413: 127-134. September 2015.

关键词：小型化，高性能薄层色谱法，超薄层色谱，DART-MS

33

摘要：办公室色谱是将办公室技术与微型化平面色谱相结合的产物。在生命科学中，物质打印已成为一项公认的技术，而在分离科学中，使用打印机进行色谱分离，还处于早期阶段。我们对喷泡打印机进行改造，使其能够作为微型化平板。技术改造包括，去除所有不必要的部件，改进定位系统、冲洗单元和样品导入系统。通过玻片扫描仪和图像评价软件进行评估。打印食品染料混合溶液 (n=5)，计算出每打印周期的平均沉积量为 13 ± 1 nL/mm²。通过增加带宽 50-200 μ m 增加体积 (相当于 2-8 nL)，得到平均测定相关系数 (R^2 , n=5) 0.9990。采用更大的带宽和多打印任务，沉积量可高达毫升水平，可以替代高成本的标准设备。打印之后，对 5 种食品染料进行了分离、检测和数字化评估，平均 R^2 (n=5) 在 0.9977 到 0.9995 之间。打印的准确度为平均回收率 101-105%，重现性 3-7% (%RSD, n=5)。我们转到纳米结构的超薄层板上，验证这一研究的增效可能性。首先，这款改进的打印机适合打印精细水平的三种防腐剂，用于测定扫描实时直接质谱的空间分辨率。

Polydimethylsiloxane-Based Wide-Range Mass Calibration for Direct Analysis in Real-Time Mass Spectrometry

用聚二甲基硅氧烷实现实时直接分析质谱系统中的宽范围质量校准

作者：Gross, J. H.

文献来源：

Analytical and Bioanalytical Chemistry, August 2013.

关键词：精确质量，质量校准，质谱，聚合物分析，聚硅氧烷

34

摘要：实时直接分析质谱 (DART-MS) 通常被应用于 m/z 约达到 1000 的小分子分析。这里，对于 m/z 超出 3000 的聚二甲基硅氧烷的高质量性能分析已被证实。此外，聚二甲基硅氧烷为 DART-MS 正离子模式提供了理想的质量校准标准。涵盖了离子 m/z 从 200 到 2600 的质量参考列表已被编制。超过 20 个硅原子的化合物表现出越来越宽广的同位素模式，同时单一同位素离子丰度降低。用 m/z 超过 2000 的分析离子的第一个同位素峰作为替代方案，确保通过仪器数据系统轻松和可重复的识别参考峰。在这里描述了聚二甲基硅氧烷的 DART 正离子质谱和相应的实验方法，并提供了质量参考列表。

advancing science

*Quantitative Surface Scanning by Direct Analysis
in Real Time Mass Spectrometry: Quantitative Surface Scanning
by DART-MS*

用实时直接分析质谱进行定量表面扫描： 用 DART-MS 定量表面扫描

作者：Häbe, T. T.; and Morlock, G. E.

文献来源：

Rapid Communications in Mass Spectrometry, 29(6): 474-484. March 2015.

关键词：实时直接分析，定量，表面扫描

35

摘要：只有几种大气压电离源已被证明可以进行定量表面扫描。需要对实时直接分析质谱 (DART-MS) 接口进行改造，以提高高效薄层色谱 (HPTLC) 板或其它表面或平面物质扫描过程中的精密度，尤其是在没有内标校正的情况下进行定量时。方法优化相对于离子源出口和质谱入口的基底移动，改善分析物的解吸附、电离和捕获。将基底支架固定在有一定角度的位置上，以减少偏向气流和传输管线内壁之间的碰撞。用一根特殊的传输管，其边缘与基底呈角度，使大气空隙变窄，以便捕获偏向的 DART 气流。结果对 5 个相同的 4- 羟基苯甲酸丁酯沉积带进行 DART-MS 重复扫描，平均精密度 2.7%。5 次扫描后，信号减弱 62%。将 4- 羟基苯甲酸甲酯和 4- 羟基苯甲酸丁酯 HPTLC 分离后，测定 5 块板上 5 个校正点的相关系数，分别为 0.9937 和 0.9906。在 5 块不同薄层板上，两个对照标准品的平均回收率为 94%，重现性为 9% (%RSD, n=5)。结论 DART SVPA-3DS 系统结构紧凑，可以处理优化的开放沉积扫描条带（在全宽度一半最大 0.8 mm, 高 3 mm 的空间分辨率）。性能数据显示，使用这款改良的 DART-MS 接口，定量表面扫描，以及解吸附效率和检测能力都得到了改善。

*Rapid and Nondestructive Analysis
of Phthalic Acid Esters in Toys Made of Poly(Vinyl Chloride)
by Direct Analysis in Real Time Single-Quadrupole Mass Spectrometry*

使用实时直接分析 - 单四级杆质谱 快速无损地分析聚氯乙烯玩具中的邻苯二甲酸酯

作者：Rothenbacher, T.; and Schwack, W.

文献来源：

Rapid Communications in Mass Spectrometry, 23(17): 2829-2835. 2009.

关键词：邻苯二甲酸酯，Agilent Quad

36

摘要：在欧洲共同体中，制造玩具和儿童用品时，邻苯二甲酸酯 (PAE) 的使用限制为其重量的 0.1%。由于 PAE 主要用作聚氯乙烯 (PVC) 增塑剂，一种用实时直接分析电离 - 单四级杆质谱仪 (DART-MS) 快速筛选 PVC 样品的方法已被开发出来。使用质子化分子离子，邻苯二甲酸丁基苯酯，邻苯二甲酸二 (2- 乙基己基) 酯和邻苯二甲酸二异壬酯的检测限均可达到 0.05%，而对于邻苯二甲酸二丁酯，邻苯二甲酸二正辛酯和邻苯二甲酸二异癸酯最低检测限为 0.1%。铵加合物和特征碎片离子峰的存在，使验证识别 PEA 中含量为 ge1% 的物质成为可能，除了邻苯二甲酸丁基苯酯 (ge5%)。依据该碎片离子，在浓度分别为 ge5% 和 ge1%，DART 氦气温度为 130°C 和 310°C 时，可以容易地从邻苯二甲酸二正辛酯中辨别出邻苯二甲酸二 (2- 乙基己基) 酯。一个完整的样品分析只用了约 8 分钟。通常使用的检测气体温度为 130°C，如果其形状和 DART 源匹配，大部分玩具和育儿样品不会遭到损坏。

advancing science

Rapid Classification of White Oak (Quercus alba) and Northern Red Oak (Quercus rubra) by Using Pyrolysis Direct Analysis in Real Time (DART™) and Time-of-Flight Mass Spectrometry

用实时直接分析 (DART™) 与飞行时间质谱联用快速分类白橡木和北方红橡木

作者 : Cody, R. B.; Dane, A. J.; Dawson-Andoh, B.; Adedipe, E. O.; and Nkansah, K.

文献来源 :

Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 95: 134-137. 2012.

关键词 : 原位电离, 实时直接分析, 红橡木, 飞行时间, 白橡木

37

摘要 : 用实时直接分析 (DART) 电离与飞行时间 (TOF) 质谱联用热解分析 34 个红橡木 (Quercus rubra) 样品和 50 个白橡木 (Quercus alba) 样品。虽然在正离子质谱中没有观察到显著的差异, 但负离子质谱显示出明显的差异。用主成分分析 (PCA) 和线性判别分析 (LDA) 分别计算在负离子质谱中 11 个峰的相对丰度, 包括暂定为代表的去质子乙酸, 苹果酸, 没食子酸, 二甲氧基和鞣花酸。对 PCA 和 LDA 分析, 样品归类的留一法交叉验证成功率为 100%。

Rapid Identification of Additives in Poly(Vinyl Chloride) lid Gaskets by Direct Analysis in Real Time Ionisation and Single-Quadrupole Mass Spectrometry

用实时直接分析电离和单四极质谱快速鉴定聚氯乙烯盖子垫圈中的添加剂

作者 : Rothenbacher, T.; and Schwack, W.

文献来源 :

Rapid Communications in Mass Spectrometry, 24(1): 21-29. 2010.

关键词 : 聚氯乙烯, Agilent Quad

38

摘要 : 玻璃管盖子上的垫圈通常由聚氯乙烯 (PVC) 制成, 由于其含有增塑剂和其它添加剂, 可能会流入封装的食品中。按照法律规定, 对任何这类流入的可能性都要进行分析测定, 但使用的添加剂化学种类繁多, 给分析带来了巨大挑战。因此, 我们用单四极质谱仪联用实时直接分析质谱 (DART-MS), 建立了一个快速筛查方法。将增塑溶胶样品导入 DART 接口, 得到质子化分子和铵加合离子, 这是任何添加剂存在的典型电离产物, 酯键断裂为典型的裂解过程。通常, 如果不存在特定分子的离子抑制效应的话, 可以直接并轻松地鉴别 1% 水平的添加剂。为了避免发生该效应, 可以通过分析增塑溶胶样品甲苯提取物, 这种处理还可以提高灵敏度。用本方法, 可以鉴定邻苯二甲酸酯、脂肪酸酰胺、乙酰柠檬酸三丁酯、癸二酸二丁酯、己二酸二辛酯、环己烷-1,2-二羧酸二(环氧乙基甲基)酯等, 以及更复杂的添加剂, 如乙酰化单-和二甘油酯、脱脂大豆油和聚己二酸酯等, 在 PVC 增塑溶胶中检测限 ≤1%。只有需要鉴定脱脂亚麻籽油时, 检测水平 ≥5%。偶氮二甲酰胺 (一种生产工艺中使用的发泡剂) 的检测, 理论上是可行的, 但重现性不高, 因为其在增塑溶胶中的浓度非常低。

*Rapid Identification of Stabilisers
in Polypropylene Using Time-of-Flight Mass Spectrometry
and DART as Ion Source*

用飞行时间质谱和 DART 离子源 快速鉴定聚丙烯中的稳定剂

作者：Haunschmidt, M.; Klampfl, C. W.; Buchberger, W.; and Hertsens, R.

文献来源：

Analyst, 135(1): 80. 2010.

关键词：聚丙烯，稳定剂，AccuTOF

39

摘要：建立了用实时直接分析质谱 (DART-MS)，无需任何样品预处理，分析塑料样品的方法。用 DART-MS 可以直接、简便而快速地对塑料制品中的聚合物添加剂进行鉴定。为了验证 DART-MS 在检测各种广泛应用稳定剂中的适用性，我们选择了 21 种稳定剂进行测试。首先，我们分析了稳定剂的甲苯溶液，以及聚合物样品的甲苯提取物。接着，为了证明建立的 DART-MS 方法还可以用于塑料制品的直接分析，我们用实验室级混合器制备了含各种稳定剂的聚丙烯样品。聚合物样品被切割成 0.5 cm 宽的小块，直接放置在 DART 离子源内。针对 DART 电离，我们对放电针电压、栅网电极和放电电极电压、加热温度和气流等几个参数进行调节，以确保获得最佳结果。测试了正离子和负离子电离模式，结果表明在正离子模式下所有分析物都得到较高的信号强度。用 PEG 600 作为内标进行质量校正，可以测定精确质量，提高信号认定的确定性。用建立的方法可以对实际聚合物样品中所有选定的添加剂（包括某些降解产物）进行检测。

*Surface Characterization and Antifouling Properties
of Nanostructured Gold Chips
for Imaging Surface Plasmon Resonance Biosensing*

对成像表面等离子共振生物传感的纳米金芯片 进行表面表征和抗污性研究

作者：Joshi, S.; Pellacani, P.; Beek, T. A.; Zuithof, H.; and Nielen, M. W. F.

文献来源：

Sensors and Actuators B: Chemical, 209: 505-514. March 2015.

关键词：表面特征，聚乙二醇，小型化

40

摘要：表面等离子共振 (SPR) 光学传感是一项实时监测生物分子相互作用的非标记技术。近来，开发出了一款基于纳米金芯片的便携式成像 SPR (iSPR) 样机。在本工作中，我们研究了在纳米 iSPR 芯片最终投入使用之前，至关重要的首要步骤，即其表面修饰、深入的表面表征和防污性能。将结果与具有相同表面化学性质（即，不同类型的聚乙二醇和两性离子聚合物）的常规平面 (i)SPR 金芯片进行了对比。我们用原子力显微镜 (AFM)、扫描电镜 (SEM)、水接触角 (WCA)、X-射线光电子能谱 (XPS) 和实时直接分析高分辨质谱 (DART-HRMS)，对表面修饰前后的 (i)SPR 芯片进行了表征。接下来研究了便携式 iSPR 仪中的纳米芯片和常规 SPR 中的平面金芯片的防污性。两性离子聚合物表明化学显示了最佳防污性能。对纳米 iSPR 芯片和常规平面 (i)SPR 金芯片的比较表明，后者的表面修饰和防污性略优于前者。便携式 iSPR 仪几乎与常规 iSPR (IBIS) 一样灵敏，但却比常规 SPR 仪 (Biacore 3000) 的灵敏度低 9 倍。纳米 iSPR 芯片以及便携式仪器，与使用平面金的常规 (i)SPR 相比，在仪器大小、重量和成本上降低了 10 倍而具有优势，因而在未来的生物传感应用中将受到高度关注。

Tracking and Identification of Antibacterial Components in the Essential Oil of Tanacetum Vulgare L. by the Combination of High-Performance Thin-Layer Chromatography with Direct Bioautography and Mass Spectrometry

高效薄层色谱与直接生物自显影和质谱联用，追踪和鉴定艾菊精油中的抗菌成分

作者：Móricz, Á. M.; Hábe, T. T.; Böszörményi, A.; Ott, P. G.; and Morlock, G. E.

文献来源：
Journal of Chromatography A, 1422: 310-317. November 2015.

关键词：直接薄层生物自显影，SPME-GC-EI-MS，HPTLC-DART-MS，艾菊精油

41

摘要：摘要：通过对头状花序进行水蒸汽蒸馏，然后液液萃取（油 1），或用辅助相捕集水蒸汽成分（油 2），得到两种艾菊（*Tanacetum vulgare* L.）精油。用高效薄层色谱与直接生物自显影联用（HPTLC-DB），检测两种精油中的枯草芽孢杆菌 F1276、*B. subtilis spizizenii* (DSM 618)、木霉菌、丁香假单胞菌斑生致病变种、青枯雷尔氏菌 GMI1000 和 *Aliivibrio fischeri*。用这一方法首次发现了土豆和番茄病原菌茄科雷尔氏菌。由于油 2 采用了先进的提取工艺，组分较丰富，提供了更多的抑制圈。用高效薄层色谱 - 实时直接分析质谱（HPTLC-DART-MS）和固相微萃取气相色谱电子轰击质谱（SPME-GC-EI-MS），鉴定主要生物活性组分，为顺、反 - 菊醇，以及反式 - 乙酸菊

烯酯。顺式 - 菊醇对所有测试的菌类均有抗菌作用，而反式 - 菊醇则抑制枯草芽孢杆菌、茄科雷尔氏菌和 *A. fischeri*。反式 - 乙酸菊烯酯是 *X. euvesicatoria*、茄科雷尔氏菌和 *A. fischeri* 的抑制剂。虽然用 HPTLC-DART-MS 得到了可以比较的裂解，但其电离特征和记录的质谱图清楚地表明，DART 与 EI 相比是一种较软的电离技术。它更容易受外界条件的影响，易产生其它氧化产物。

*Validation of Direct Analysis Real Time
Source/Time-of-Flight Mass Spectrometry
for Organophosphate Quantitation on Wafer Surface*

对 DART-TOF 质谱系统定量晶片 表面有机磷的验证

作者：Hayeck, N.; Ravier, S.; Gemayel, R.; Gligorovski, S.;
Poulet, I.; Maalouly, J.; and Wortham, H.

文献来源：

Talanta, 144: 1163-1170. November 2015.

关键词：实时直接分析，DART-TOF-MS，
有机磷，硅晶片

42

摘要：在微电子元件制造过程中，微电子晶片暴露在空气分子中会产生污染。有机磷化合物属于掺杂物组，是最有害的群体之一。一旦吸附到硅晶片表面，这些化合物几乎不脱附，可以扩散到大部分晶片，并且使晶片从 p 型转化成 n 型。晶片表面的化合物可能会对微电子元件产生电场效应。由于这些原因，控制晶片表面这些化合物的量是很重要的。因此，我们需要一种对晶片无损且快速定量和定性分析的方法，它能调整进程，避免由于有机磷酸酯化合物的污染而使加工的晶片的重要物理量丢失。这里，我们开发并验证了一种分析方法，用 DART-TOF 质谱系统测定微电子晶片表面吸附的有机化合物。重点来说，开发的方法主要关注有机磷酸酯基团。

*Versatile Method for the Detection
of Covalently Bound Substrates
on Solid Supports by DART Mass Spectrometry*

用 DART 质谱检测固体载体中 共价键基质的通用方法

作者：Sanchez, L. M.; Curtis, M. E.; Bracamonte, B. E.; Kurita, K. L.;
Navarro, G.; Sparkman, O. D.; and Linington, R. G.

文献来源：

Organic Letters, 13(15): 3770-3773. June 2011.

关键词：固相树脂，实时直接分析

43

摘要：直接分析固相树脂基质，而不需要单独的裂解条件，这在固相合成领域是一个突出的挑战。我们现在提出第一个例子，用实时直接分析 (DART) 质谱同时裂解和质谱分析固体载体中的肽。我们已经表明，该方法与多样化的固相树脂兼容，并且适用于肽和有机基质的分析。

*Versatile New Ion Source for the Analysis
of Materials in Open Air
under Ambient Conditions*

大气压条件下在开放大气中 对物质进行分析的通用新型离子源

作者 : Cody, R. B.; Laramée, J. A.; and Durst, H. D.

文献来源 :

Analytical Chemistry, 77(8): 2297-2302, 2005.

关键词 : AccuTOF, DART, 新型离子源

摘要 : 一种在大气压和接地电位下, 非接触快速分析物质的新型离子源已被开发出来。这种称为 DART (实时直接分析) 的新型离子源, 其工作原理是基于电子或电子振动激发态的试剂分子与极性或非极性分析物的反应。将 DART 安装在高分辨飞行时间质谱仪 (TOFMS) 上, 通过精确质量测量提供高灵敏度和准确的元素组成分析。DART 已用于气体、液体和固体的分析, 但其最独特之处是无需样品处理, 如擦拭或溶剂提取, 而对表面化学物质进行直接检测。DART 已在对成百上千种化学物质的取样中获得了成功, 包括化学试剂及其表征、药物、代谢物、多肽和寡核苷酸、合成的有机化合物、有机金属、滥用药物、爆炸物和毒性工业化学品等。已从

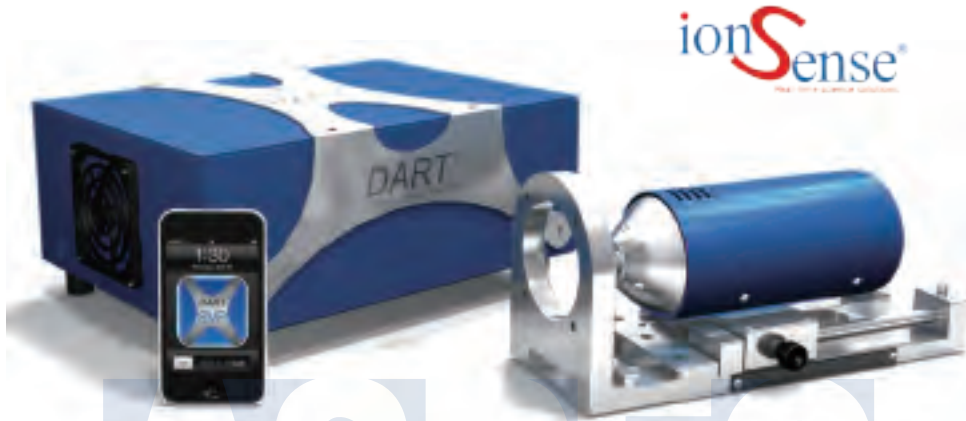
各种表面检测到这些物质, 例如, 混凝土、沥青、人体皮肤、钱币、登机牌、商业名片、水果、蔬菜、香料、饮料、体液、树叶、鸡尾酒杯和衣物。DART 使用的是非放射性部件, 比基于放射同位素电离的设备更为通用。由于 DART 是瞬时响应, 所以提供的是实时信息, 这是筛查和高通量分析的重要需求。

ASPEC
advancing science

Appendix
附录
DART-MS PPT

华质泰科

DART[®] (Direct Analysis in Real Time)

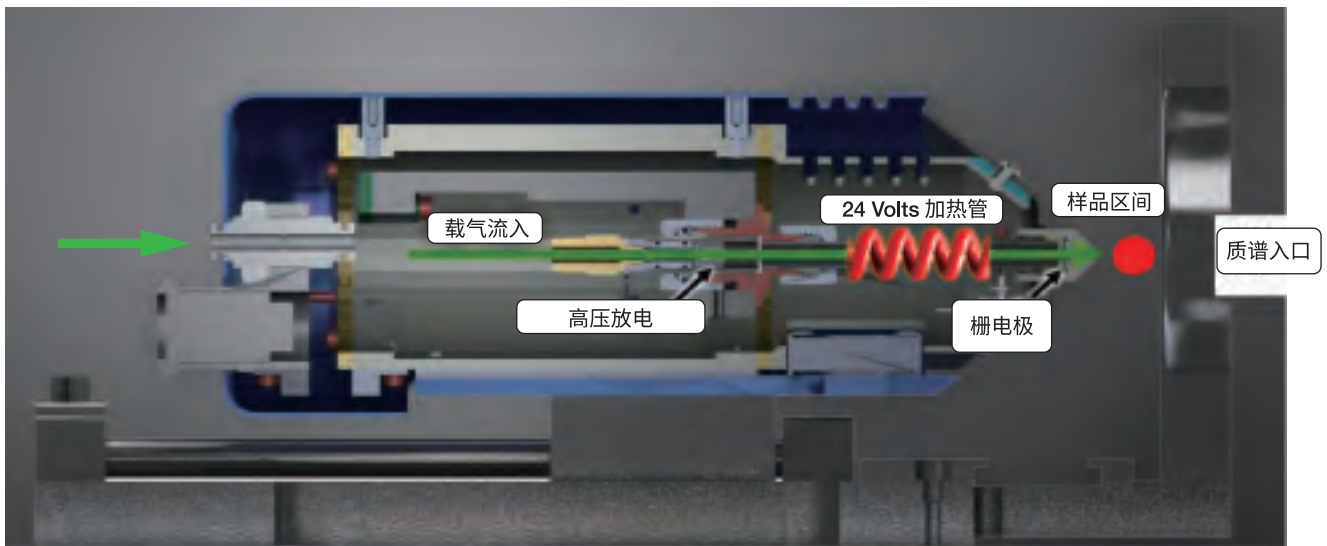


2005 年美国 Pittcon 仪器博览会撰稿人金奖
R&D100 发明大奖

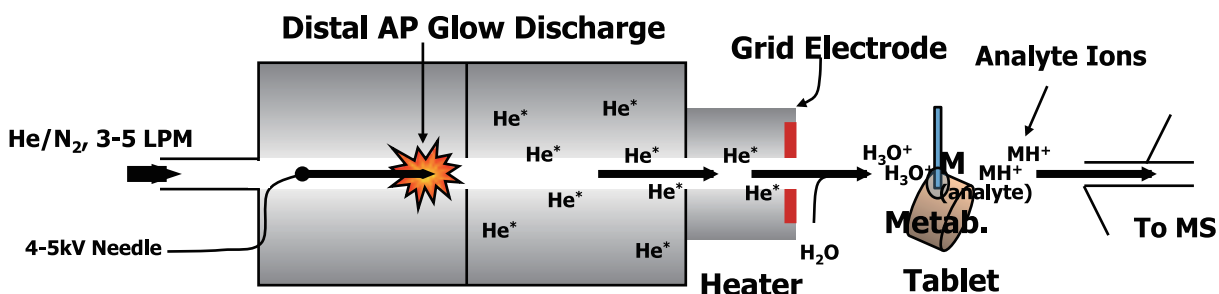
ASPEC advancing science

华质泰科

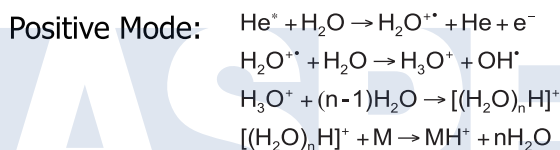
DART[®] 离子源剖面图



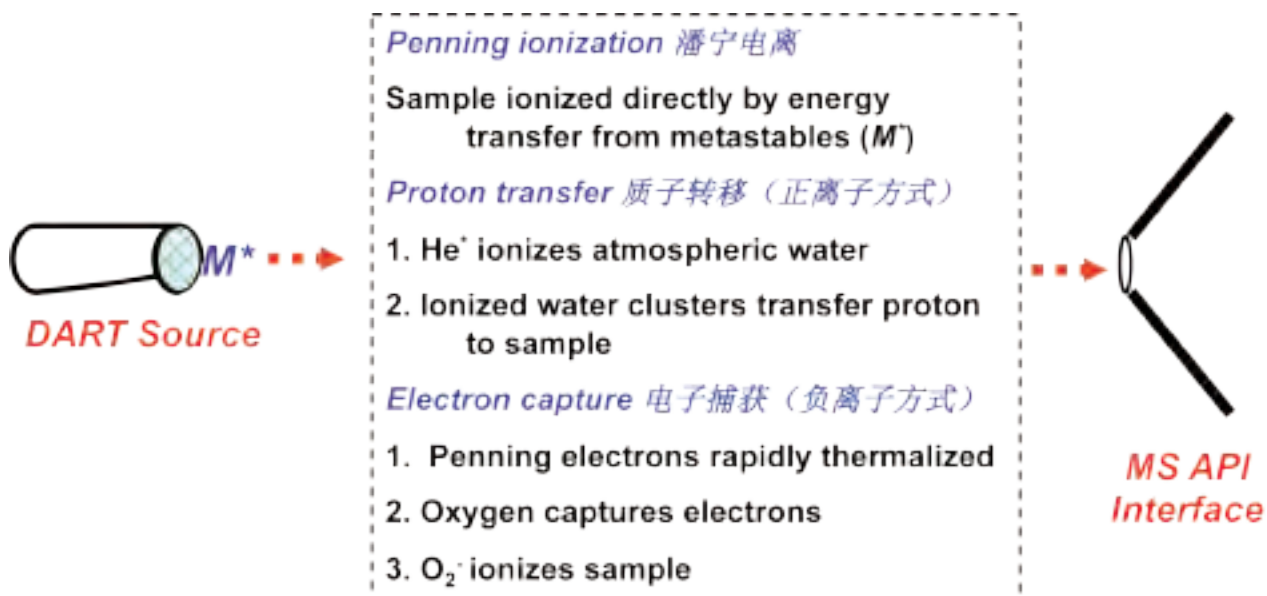
DART® 原理图



33

Cody, R., et al., *Anal. Chem.*, 2005, 77, 2297.

DART® Mechanism 离子化机理



DART® Gases 常用载气

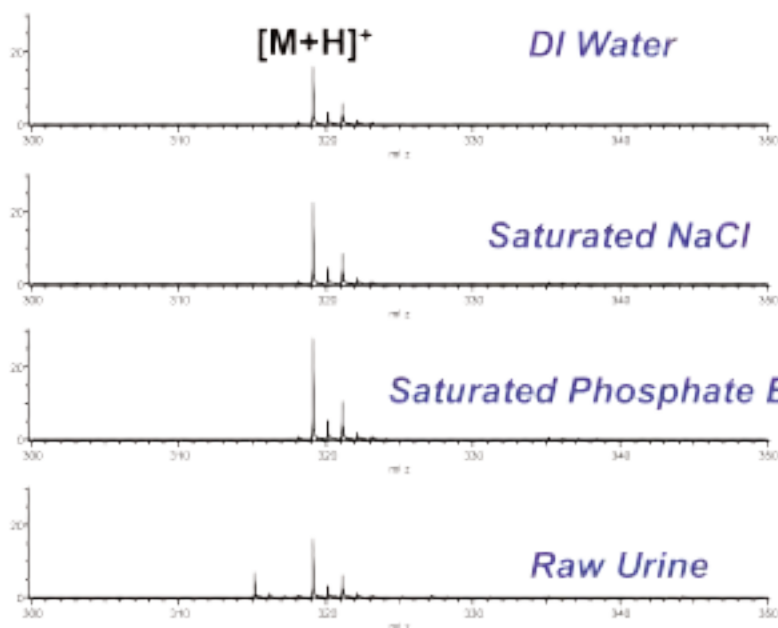
34

- He* 19.8 eV
 - Water has an IE of 12.6 eV
- Ar* 11.55 eV
- N₂* 8.5 eV to 11.5 eV, some higher states up to > 15 eV

ASAP
advancing science

Contamination Resistance 无离子抑制

华质泰科



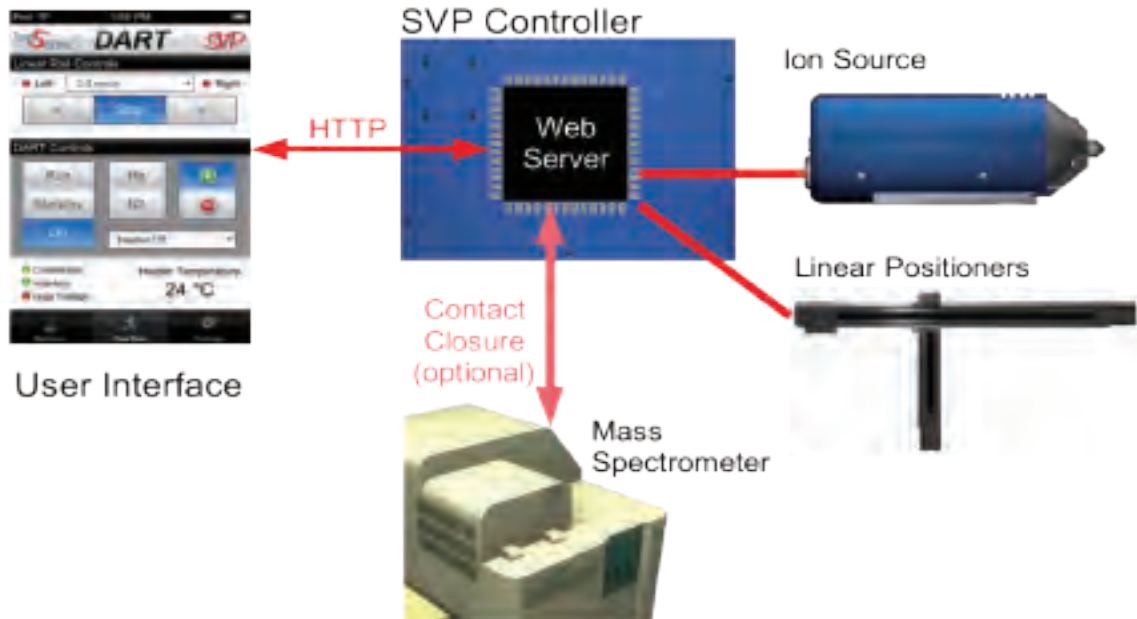
谱图简单
Chlorpromazine
[M+H]⁺
无加合离子
No alkali metal cation
adducts
无多电荷产生
No multiple charging
无明显离子抑制
No apparent
suppression

Solvents Friendly 无溶剂效应



Regardless of solvent type, DART yields protonated molecules.

Information Flow 图形化控制界面



ASPEC
advancing science

华质泰科



华质泰科生物技术(北京)有限公司
ASPEC TECHNOLOGIES LIMITED

邮编: 100101

电话: (010) 6439-9978

电邮: info@aspectechnologies.com

地址: 北京市朝阳区安立路 60 号院润枫德尚 A 座 1506 室

上海办事处

邮编: 201203

电话: (021) 5838-5610

地址: 上海浦东新区张江高科技园区祖冲之路 887 弄 71-72 号 206 室

关注华质泰科官方微信



关注华质泰科官网



www.aspectechnologies.com