

VSP-G1 纳米粒子发生器

可重现的任意导电材料0-20nm纳米颗粒样品制备(金属, 金属氧化物, 合金)

目录

VSP-G1 纳米粒子发生器	4
工作原理：火花烧蚀	6
参数控制	7
适用材料	8
用户控制界面	10
VSP-C1控制系统	10
VSP-G1的使用	12
技术的应用	14
全自动纳米沉积平台	16

在VSPARTICLE，我们认为纳米颗粒的产生需要既不复杂也不费时。因此我们开发了VSP-G1纳米粒子发生器。旨在缩短纳米颗粒样品的制备时间，通常只需要1小时，使研究人员能够加快开发新材料的过程，并立即分析材料的性能。

VSP-G1的特点



快捷便利



可重现



高效



适用所有导电材料



清洁环保





高效，便捷且可重现的纳米/团簇制备系统

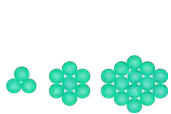


VSP-G1

纳米粒子发生器

轻轻一键，合成理想的纳米粒子

VSP-G1纳米颗粒发生器(VSP-G1)是一款用户友好的桌面型产品，允许用户使用标准可控的生产方式制备所需的纳米颗粒。纳米颗粒的产生基于火花烧蚀的方法，是一种区别于传统方法的物理气相沉积技术。该过程在室温和常压条件下发生，只需要一对(半)导电电极作为靶材，保证合成过程中无表面活性剂等污染杂质。安全简单和自动化是VSP-G1的核心特色，我们的系统易于操作，只需要很少的培训便可熟练掌握操作。



空气动力学直径
0-300nm
颗粒直径
0-20nm



适用于导电材料



可靠 & 可重现



快捷 & 容易



基于火花烧蚀技术



清洁无添加剂

纳米气溶胶沉积技术

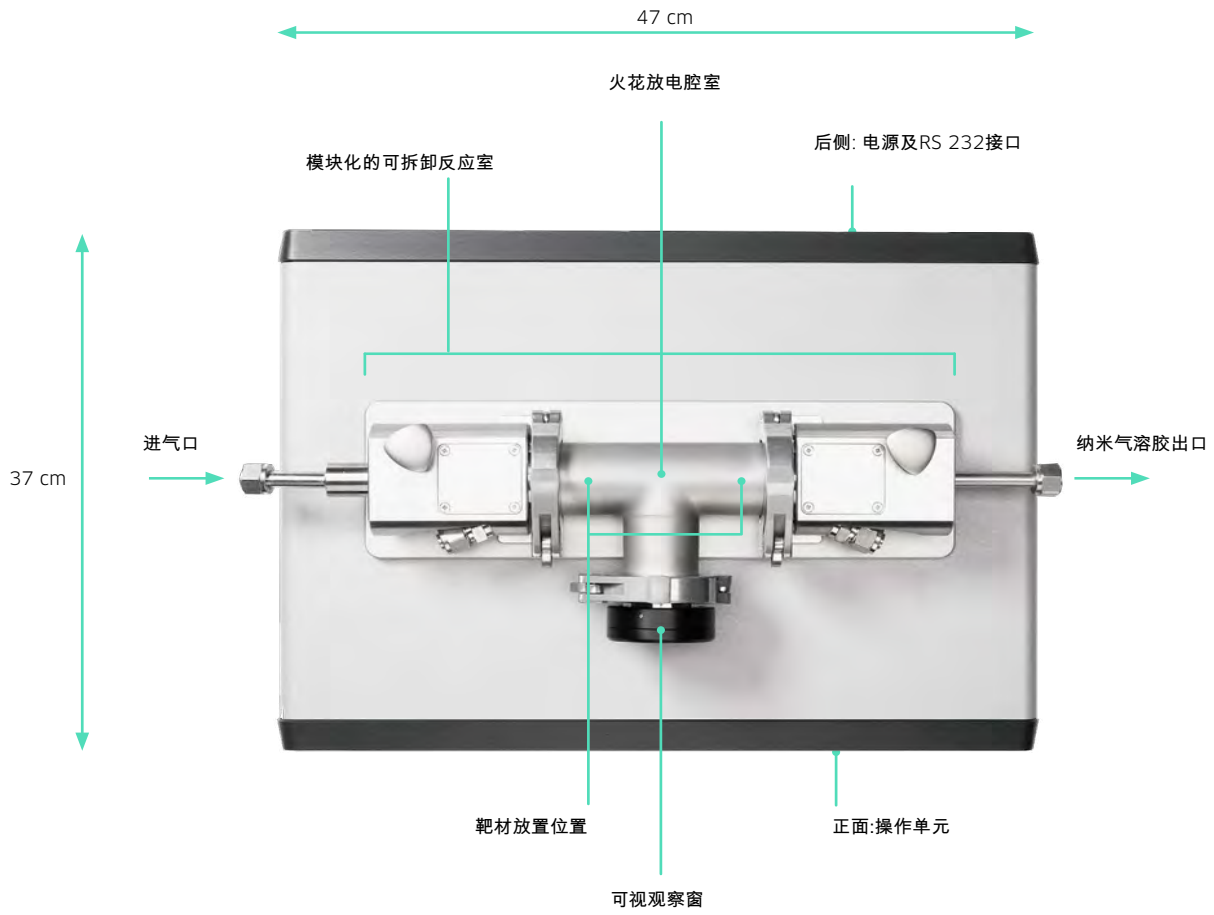
使用VSP-G1可以和多款配件连用实现沉积，包括VSP-A系列沉积附件和VSP-P1纳米印刷系统。如果您想进一步讨论我们目前的方案哪些更适合您的研究需求，请联系我们的中国团队：复纳科学仪器（上海）有限公司，或扫描右侧的二维码关注我们更多信息



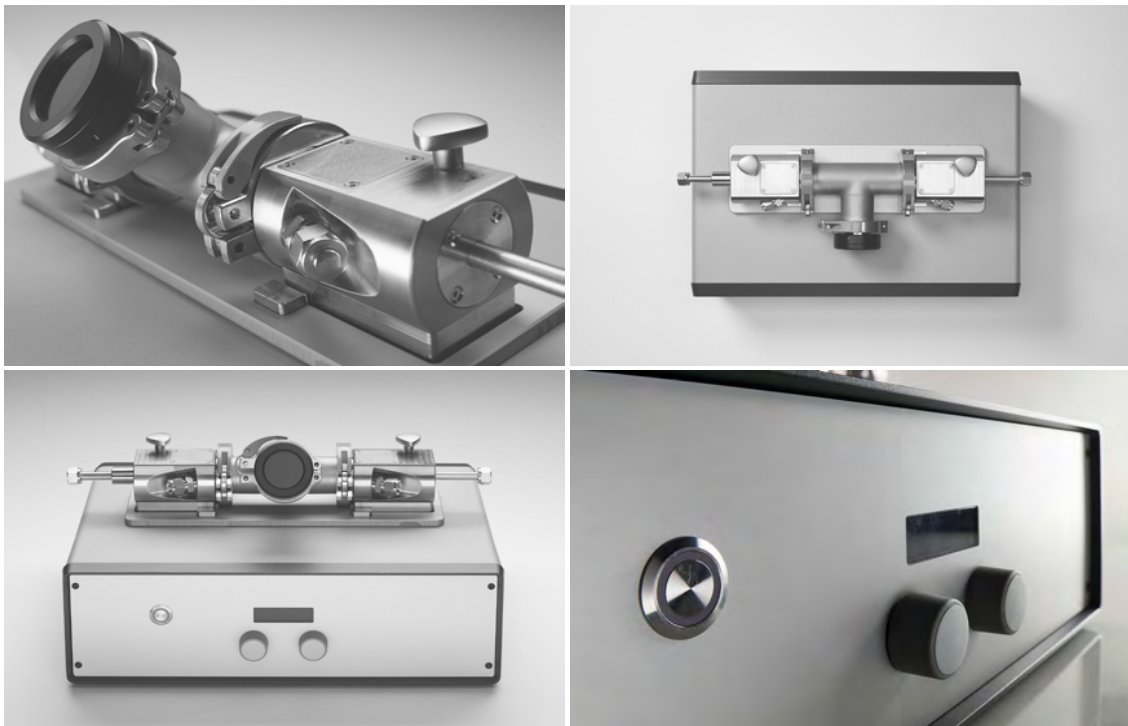
“纯粹的物理方法生成纳米粒子，而没有化学反应，这种纯净的气溶胶是理想的模型颗粒。此外与其他气溶胶合成方法相比，火花烧蚀，特别是VSP-G1纳米颗粒发生器，可以在更长的时间跨度内获得稳定和确定的产量，这对于得出有意义的结果很重要”

Weber group - Institute of Particle Technology, TU Clausthal





VSP-G1 纳米粒子发生器

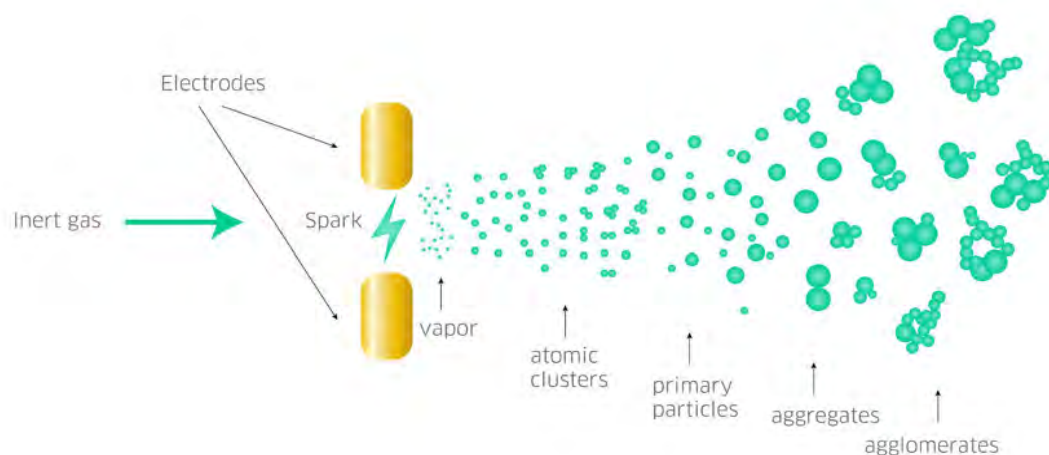


工作原理：火花烧蚀

技术背景

气相纳米合成技术

VSP-G1纳米粒子发生利用火花烧蚀产生0-20nm的纳米气溶胶颗粒。颗粒是在气体氛围中产生，没有任何化学前驱体或配体。这种清洁的高能火花烧蚀制备技术在1988年由荷兰科学家（VSParticle联合创始人）安德烈亚斯·斯密特教授率先发现。自此之后，火花烧蚀纳米气溶胶制备技术经过多年的发展，已经成为一种综合性的纳米研究技术，并得到越来越多研究者的重视。



火花烧蚀产生纳米气溶胶的原理及颗粒生长过程

火花烧蚀技术

火花烧蚀技术的独特之处在于它的简单便捷。仅需要通电、惰性载气和一对(半)导电电极，便可以轻松获得纳米气溶胶颗粒。所述目标材料的电极连接到电源，在电极间隙之间通入高纯度惰性气体，然后在两个电极之间施加高压(kV)。一旦达到气体击穿电压，两个电极之间产生火花，局部温度上(20,000 K)，电极表面会因为高温发生烧蚀，这就产生了一种由本体电极中的元素组成的纳米颗粒气溶胶。由于载气是连续不间断的通入，火花烧蚀过程中，输出的是高浓度的纳米颗粒气溶胶(环境温度 $<50\text{ }^{\circ}\text{C}$)，浓度可达 $10^8\text{-}10^{11}\text{cm}^3$ 。生成的纳米粒子既可以用作后续工艺步骤(例如探测器校准、核壳纳米粒子制备等)，也可用于多种沉积，从而获得如TEM用单分散纳米粒子，负载型电催化剂，图案化纳米结构等。

参数控制

控制VSP-G1 产出

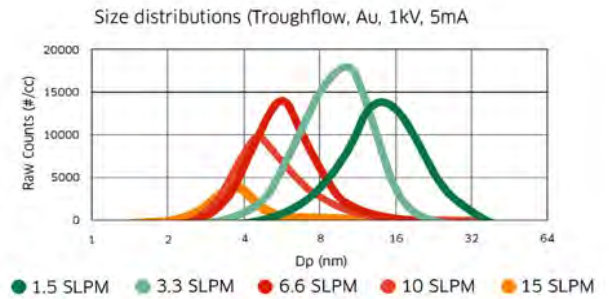
VSP-G1纳米粒子发生器使研究人员能够轻松调整纳米材料的平均粒径，从而获得1-20nm的多种纳米粒子。通过调节载气流速（Ar 或N₂为 1-25 L/min）、电压（最高 1.3 kV）和/或电流（最高 10.4 mA），用户可以改变粒子的平均粒径。对

于研究人员，在使用多种 VSPARTICLE 沉积策略将纳米气溶胶沉积在基板上时，基板的颗粒表面覆盖率可以通过改变功率输出，沉积时间来控制。并且所有参数都可以通过 VSP-C1 控制器和每个 VSP-G1 附带的集成软件轻松控制。

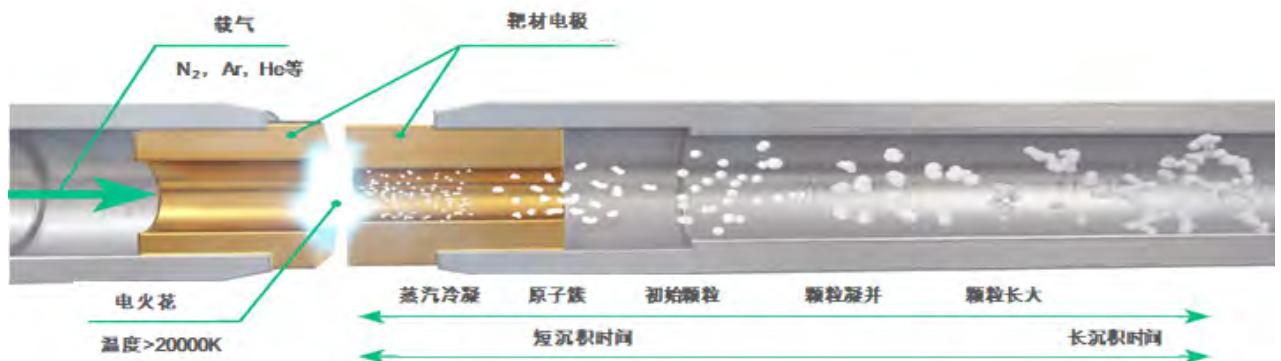
参数控制

调整粒度分布的最重要参数是流速。更高的流速确保烧蚀产生的原子簇几乎没有时间团聚，从而产生最小的纳米粒子。同样，使用较低的流速会增加停留时间，使团簇/颗粒有更多时间凝聚成更大的颗粒。然而，即使在低流量下，颗粒的尺寸分布仍然会控制在较窄的区间中。此外，通过

调整总功率输出（电压/电流），材料的烧蚀率会发生明显的变化，更高的电压/电流都会带来更高的烧蚀产率以及更大的颗粒



在线颗粒粒径表征 (DMA) 可说明气流流量对粒径分布区间的影响



反应器中火花放电产生颗粒的机制

适用材料



电极靶材是制备必不可少的原材料

无限制的新组分材料

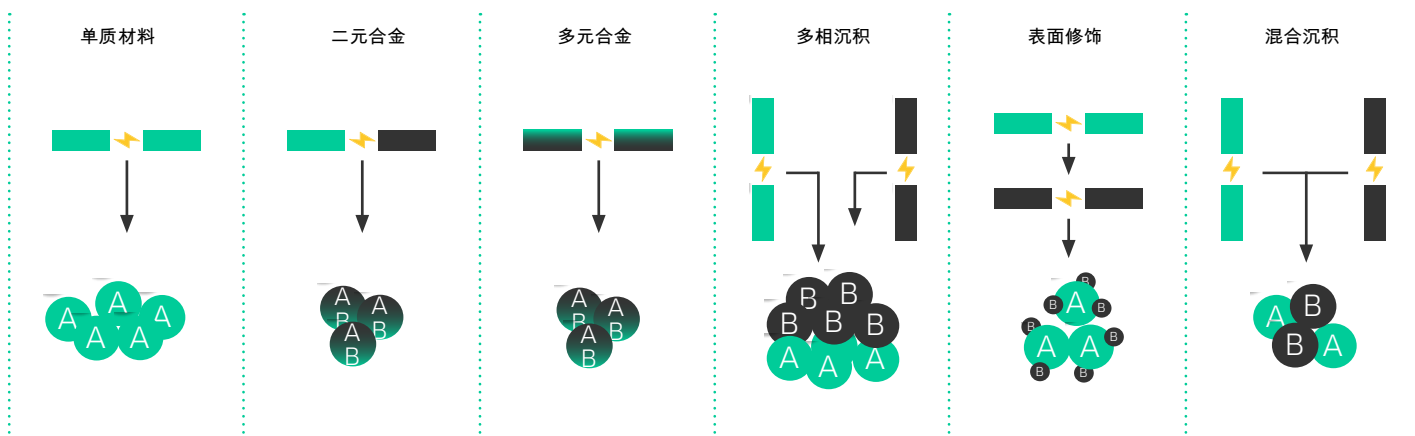
VSP-G1与任何可加工成电极的导电/半导体材料兼容。这意味着元素周期表中所有显示的绿色元素都与VSP-G1兼容。研究人员可以自由地准备、探索和创造各种纳米材料。而火花烧蚀法的两个电极靶材均可以产生纳米粒子，进一步拓宽了探索的边界。在单个 VSP-G1 中使用不同的元素

合金， 或者通过串联或并联使用具有不同电极材料的两个 VSP-G1 纳米粒子发生器。可以生产双金属纳米粒子和纳米合金的多种组合， 对于部分在宏观条件下不互溶的元素， 通过火花放电的作用也能克服其不互溶的特性， 实现微观尺度的合金化。

1																	2
H Hydrogen 1.01																	He Helium 4
3	4											5	6	7	8	9	10
Li Lithium 6.94	Be Beryllium 9.01											B Boron 10.81	C Carbon 12.01	N Nitrogen 14.01	O Oxygen 16	F Fluorine 19	Ne Neon 20.18
11	12											13	14	15	16	17	18
Na Sodium 22.99	Mg Magnesium 24.31											Al Aluminum 26.98	Si Silicon 28.09	P Phosphorus 30.97	S Sulfur 32.06	Cl Chlorine 35.45	Ar Argon 39.1
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K Potassium 39.95	Ca Calcium 40.08	Sc Scandium 44.96	Ti Titanium 47.87	V Vanadium 50.94	Cr Chromium 52	Mn Manganese 54.94	Fe Iron 55.84	Co Cobalt 58.93	Ni Nickel 58.69	Cu Copper 63.55	Zn Zinc 65.39	Ga Gallium 69.72	Ge Germanium 72.64	As Arsenic 74.92	Se Selenium 78.96	Br Bromine 79.9	Kr Krypton 83.8
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb Rubidium 85.47	Sr Strontium 87.62	Y Yttrium 88.91	Zr Zirconium 91.22	Nb Niobium 92.91	Mo Molybdenum 95.94	Tc Technetium 98	Ru Ruthenium 101.07	Rh Rhodium 102.91	Pd Palladium 106.42	Ag Silver 107.87	Cd Cadmium 112.41	In Indium 114.82	Sn Tin 118.71	Sb Antimony 121.76	Te Tellurium 127.6	I Iodine 126.9	Xe Xenon 131.29
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs Cesium 132.91	Ba Barium 137.33	Lanthanoids	Hf Hafnium 178.49	Ta Tantalum 180.95	W Tungsten 183.84	Re Rhenium 186.21	Os Osmium 190.23	Ir Iridium 192.22	Pt Platinum 195.08	Au Gold 196.97	Hg Mercury 200.59	Tl Thallium 204.38	Pb Lead 207.2	Bi Bismuth 208.98	Po Polonium 209	At Astatine 210	Rn Radon 222
87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr Francium 223	Ra Radium 226	Actinoids	Rf Rutherfordium 262	Db Dubnium 262	Sg Seaborgium 264	Bh Bohrium 266	Hs Hassium 268	Mt Meitnerium 272	Ds Darmstadtium 277	Rg Roentgenium 282	Cn Copernicium 285	Nh Nihonium 286	Fl Flerovium 289	Mc Moscovium 290	Lv Livermorium 293	Ts Tennessine 294	Og Oganesson 294
		72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87
Lanthanoids		La Lanthanum 138.91	Ce Cerium 140.12	Pr Praseodymium 140.91	Nd Neodymium 144.24	Pm Promethium 145	Sm Samarium 150.36	Eu Europium 151.96	Gd Gadolinium 157.25	Tb Terbium 158.93	Dy Dysprosium 162.5	Ho Holmium 164.93	Er Erbium 167.26	Tm Thulium 168.93	Yb Ytterbium 173.04	Lu Lutetium 174.97	
Actinoids		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	
		Ac Actinium 227	Th Thorium 231.04	Pa Protactinium 231.04	U Uranium 238	Np Neptunium 237	Pu Plutonium 239.04	Am Americium 243	Cm Curium 247	Bk Berkelium 247	Cf Californium 251	Es Einsteinium 252	Fm Fermium 257	Md Mendelevium 258	No Nobelium 259	Lr Lawrencium 261	

VSP-G1可以兼容所有绿色的元素

*: 部分半导体元素的纳米粒子也可以通过VSP-G1制备获得，但由于其靶材加工困难，因此并未列入该表中。如果您感兴趣的元素并未列入该表，请与我们联系获取更详细信息



VSP-G1支持多种材料制备，通过改变电极靶材的组分或沉积顺序，可以获得多种不同的材料体系



控制纳米粒子的组分

生成的纳米粒子的元素组成主要由电极材料决定。由于在合成过程中不需要额外的有机溶剂和 / 或表面活性剂，这可以保证最总纳米颗粒组成的纯度。VSP-G1也可以制备氧化物，只需在气流中加入少量氧气即可。如果使用多个 VSP-G1 或两种不同材料的电极，在不同的功率和流量参数下，可实现不同元素组合的纳米粒子的合成。


VSP-C1 控制系统


用户界面


真正的全自动实验


每个 VSP-G1 系统都配备了一个控制器和软件系统，允许用户控制 VSP-G1 的工艺参数。该控制器系统（VSP-C1）使用户能够远程直观地控制 VSP-G1 的工艺参数。控制器与用户界面集成在一起，允许调整实验参数，并实现数据的可视化和记录。

优势

 全自动实验

 远程控制

 数据监控

 操作便捷





“VSPARTICLE的工具使您能够在任何基材上沉积不同的材料组合，从而改变它们的功能。在我们的太阳能实验室，我们以不同的方式使用 VSPARTICLE 的机器，因为它可以制造不同尺寸和成分的纳米粒子。这些粒子具有不同的光学特性，实际上可以通过按下按钮来调整粒子吸收太阳光的性能。这是我其他技术很难实现的。”

Associate Professor Wilson Smith - UC Boulder

VSP-G1

快速使用说明

准备工作

操作 VSP-G1 的工作流程是一个简单而快速的过程。首先，将选定材料的电极装入反应室。如果需要收集纳米颗粒，装好基材的沉积附件可以直接连接到 VSP-G1 出口。接下来，设置工艺参数（例如流量、电压、电流），系统就可以开始生成纳米颗粒！

所需的沉积时间取决于所需的材料覆盖率、沉积方式和所选电极的烧蚀速率。典型的沉积时间范围从几分钟（例如 TEM 网格）到几个小时不等

（过滤材料）。沉积阶段完成后，系统用载气吹扫大约 2 分钟。最后，载有纳米粒子的基材可以安全取出并进行后续的特征实验。

这个简单的工作流程允许用户快速更换基材，以进行后续沉积，或者切换电极以制备不同元素组成的纳米颗粒。更换的过程包括反应器清洁，以及更换，需要大约5分钟，在这之后，系统便准备好连接并开始生成下一批纳米粒子。

维护与保养

我们方便的设计，简便的工作流程以及环境友好的运行方案已经保证设备的长期运行可靠性。在经过多次使用后，可以用纸巾和管道清洁剂 / 棉头擦拭反应器室、电极支架、电极和可能的附件来清洁反应器头部。我们推荐使用常见的实验室

溶剂（例如水、乙醇、异丙醇、丙酮）以获得最佳结果。更换电极材料时必须进行清洁。为获得最佳效果，建议定期清洁反应器头部。

“制造材料对我们来说具有挑战性，因为我们经常需要使用非常困难的化学合成方法，伴随产生大量不需要的化学废料。而通过使用纳米粒子发生器 (VSP-G1) 和尺寸选择器 (VSP-S1)，我们现在实际上只需按下一个按钮即可制造这些材料，同时不会产生任何化学废料，因此这使我们的实验变得更加容易

Iris ten Have - Bert Weckhuysen Group, Utrecht University



客户支持

购买 VSP-G1或申请免费试用期后，我们的团队将提供项目初始阶段所需的所有必要培训和技术支持。我们始终努力与客户保持密切合作，以帮助他们充分利用我们的技术。



相关应用

火花烧蚀纳米气溶胶合成技术应用广泛，根据不同的配置，可以实现材料的多种沉积，从而实现多样化的应用。对于较为成熟的领域，我们也会

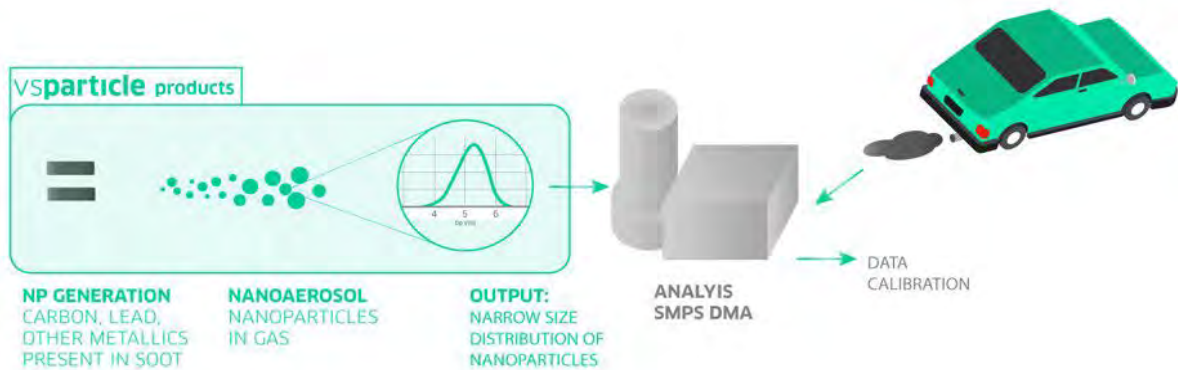
开发标准的解决方案，不断匹配用户需求。基于VSP-G1以及一系列配套的沉积系统，VSParticle可提供包括：能源，催化，环保，生物等多个领域的应用解决方案

VSP-G1 纳米粒子发生器

排放检测

VSP-G1与碳电极结合使用，可用于产生模拟烟尘超细成分的气溶胶。23nm以下的颗粒排放物在不久的将来将会成为管控监测的重要指标，因此高

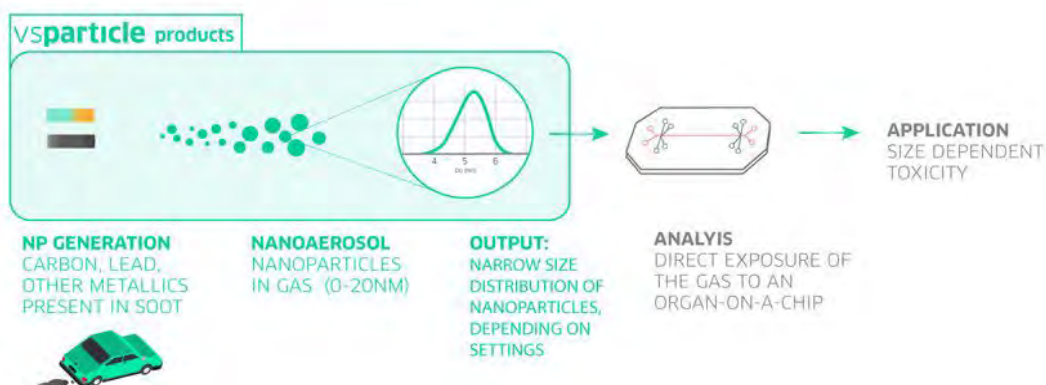
输出稳定性使 VSP-G1 非常适合作为粒径检测仪器的标准校准工具。



纳米毒理学

VSP-G1 能够生产小于 20 nm 且尺寸分布非常窄的干净纳米颗粒，在纳米毒理学研究中有多种应用。一个例子是将细胞培养物直接暴露于G1产

生的纳米粒子环境中。在暴露所需的时间后，可以研究细胞的生长情况，从而了解纳米粒子的毒理学效应。



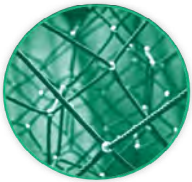


“对于空气中纳米材料安全性的研究，VSPARTICLE 的 VSP-G1 使我们能够产生非常小的颗粒。我们将其用作参考方法，用于研究颗粒吸入后小纳米颗粒在体内的分布”

Flemming Cassee - Utrecht University & RIVM (National Institute for Public Health and the Environment)

使用VSP-G1 的沉积系统

通过使用 VSP-A 系列沉积附件，扩大了 VSP-G1 可以制备的材料范围。这允许在（电）催化、传感器开发、医疗保健、能源和纤维/织物应用中使用 VSP-G1。要了解带有 VSP-A 系列配件的 VSP-G1 如何加速您的研究，请访问我们的网站获取更多信息：www.vsparticle.com



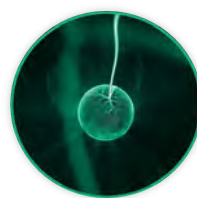
催化



传感



健康



能源



纤维/填料



VSP-G1及基础沉积配件

全自动纳米沉积平台

产品线介绍

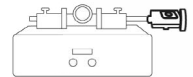
通过使用VSParticle的一种 / 多种产品的组合形式也可以多样化方式沉积由 VSP-G1 生产的纳米颗粒。VSParticle不断致力于开发新的沉积系统，以满足学术界和工业界不断扩大的研究需求。VSP-G1纳米粒子发生器是VSParticle设置的核心，旨在轻松连接到任何VSParticle产品。这种灵活性和模块化将确保研究人员可以自由组装满足其研究需求的自定义设置。包括：VSP-A系列基础沉积模块，VSP-S1粒径筛选沉积系统，VSP-P1纳米印刷沉积系统在内的系统都可和VSP-G1连接使用

模块化系统

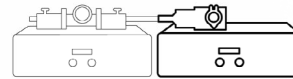
均可和 VSP-G1 联合使用



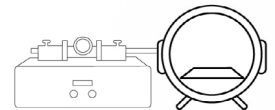
VSP-放电制备系统



VSP-A 系列



VSP-S1
(粒径筛选沉积系统)



VSP-P1
纳米印刷沉积系统

“样品制备适用于广泛的材料，并可调控金属纳米颗粒尺寸。这可确保充分利用 TEM 的宝贵机时。此外，在沉积之前通过设置调整粒径使我们能够研究金属纳米颗粒的尺寸对给定催化反应的影响。总的来说，制作样品只需不到一个小时，并且可以使用相同的 MEMS 设备。”



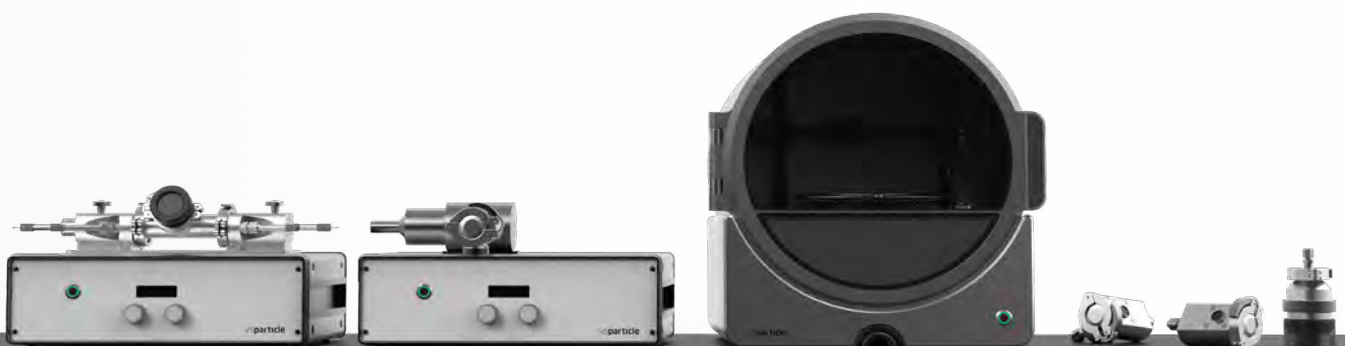
Charlotte Vogt - Debye Institute. Utrecht University

VSP-G1
纳米粒子发生器

VSP-S1
(粒径筛选沉积系统)

VSP-P1
纳米印刷沉积系统

VSP-A
基础沉积配件



标准系统配置

购买 VSP-G1 系统后，您将收到一个可以立即使用的易安装系统。除了VSP-G1 纳米粒子发生器外，还包含一个质量流量控制器、HEPA过滤器、世伟洛克连接管道以及 VSP-C1 控制器，控制器可用于正确设置和记录你的实验参数，并监测设备运行的稳定性（电压/电流/气压）。系统包含一对铜电极，也可根据要求提供额外的电极。为了顺利安装和培训过程，您的实验室需要提供稳定的气体和基本的扳手工具套件。

电极靶材

目标制备材料

火花放电观察窗

通过带有滤镜的观察窗，你可以直观地观察火花运行的情况

质量流量计

准确的控制气流量，数值可由VSP-C1完成设置

VSP-C1

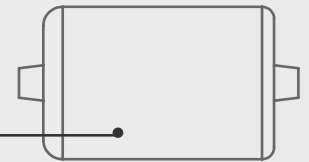
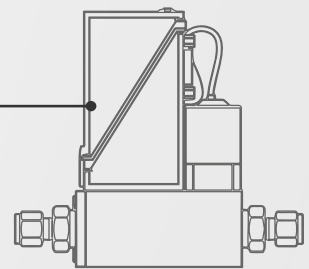
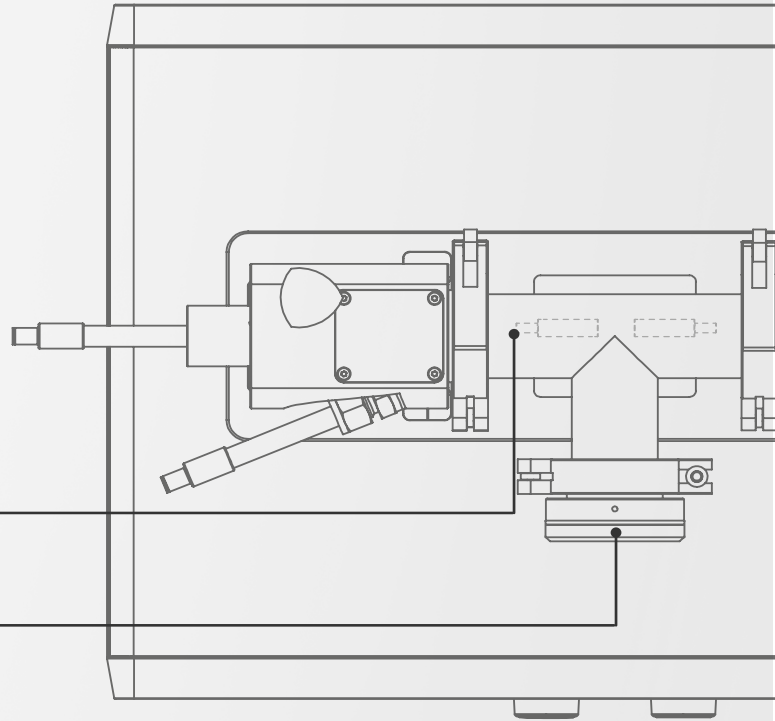
轻松控制输出参数、可视化和检索实验数据

HEPA 过滤器

在设置的排气口安装 HEPA 过滤器将保证安全的工作方式。

MFC装置

MFC装置与 MFC 和压力传感器连接。



基本参数

进气/出气	10 mm 管(Swagelok 接口)
尺寸	Casing ca. 370 × 470 × 237 mm
重量	19 kg
电源	120 - 240 V AC VSP-G1 系统都将提供基于您居住国家/地区的电源插头
环境要求	拥有良好通风的实验室

技术参数

产率	0.01 - 100 mg/hr
典型颗粒浓度	$10^8 - 10^{11} \text{ cm}^{-3}$
初始颗粒粒径	1 - 20 nm
带出口电颗粒比例	< 10 %
运行环境	室温常压
气流量	1-25 L/min 更高的流量也是允许的
气体种类	Ar or N ₂ (纯度要求99.999%)
特殊气体	He, Ne, Xe, Kr ; 如需使用活性气体, 如O ₂ 和H ₂ 请与我们联系
材料种类	任何导电的可加工成棒状的靶材

设备配置

- VSP-G1 纳米粒子发生器
- VSP-C1 控制系统
- 质量流量计
- HEPA 过滤器
- 铜靶材

相关文献

Generation of nanoparticles by spark discharge,

Tabrizi, N. S. et al., Journal of Nanoparticle Research (2009), doi: 10.1007/s11051-008-9407-y

New developments in spark production of nanoparticles

Pfeiffer, T. V. et al., Advanced Powder Technology (2014), doi: 10.1016/j.appt.2013.12.005

Atomic Cluster Generation with an Atmospheric Pressure Spark Discharge Generator,

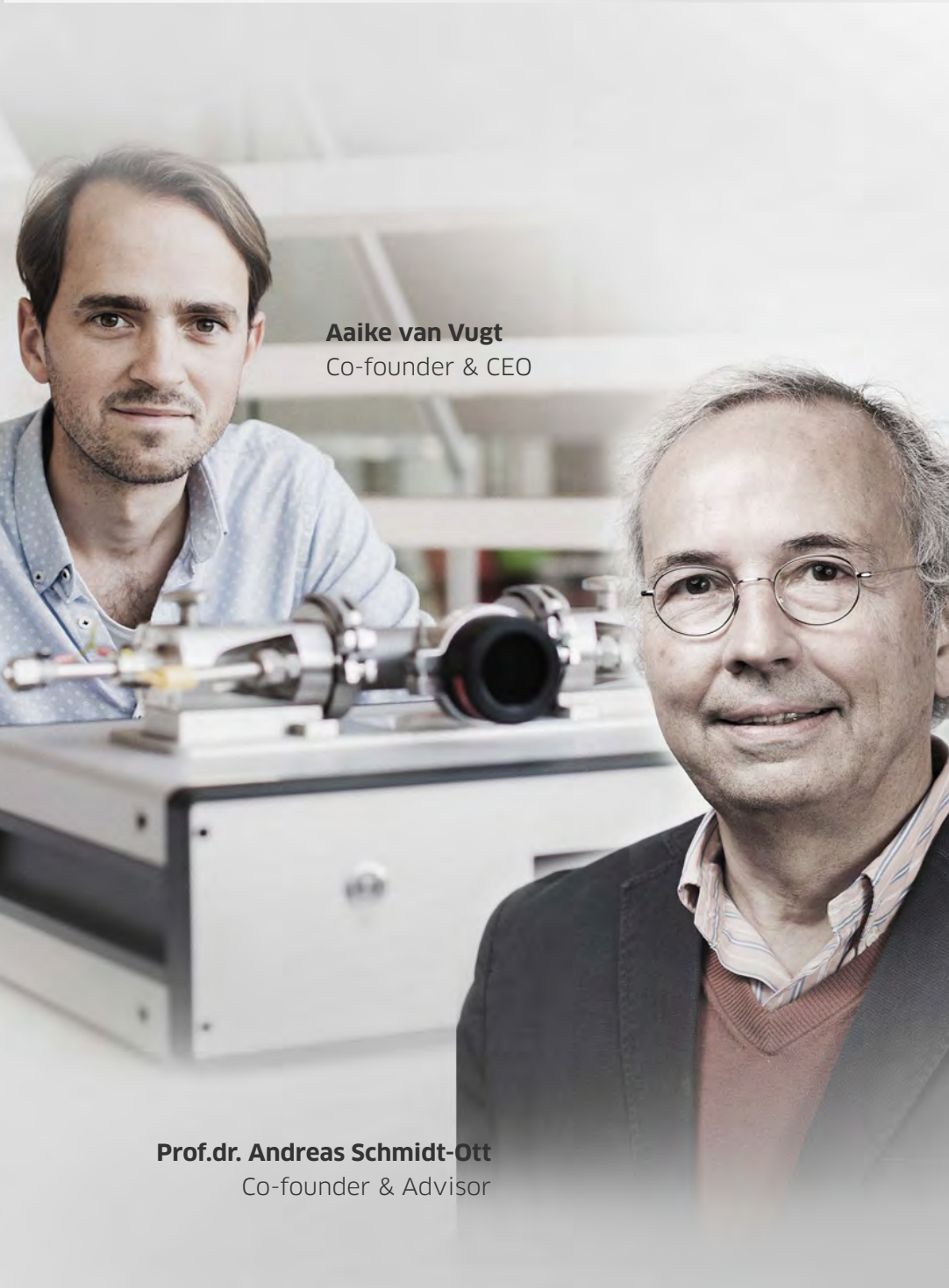
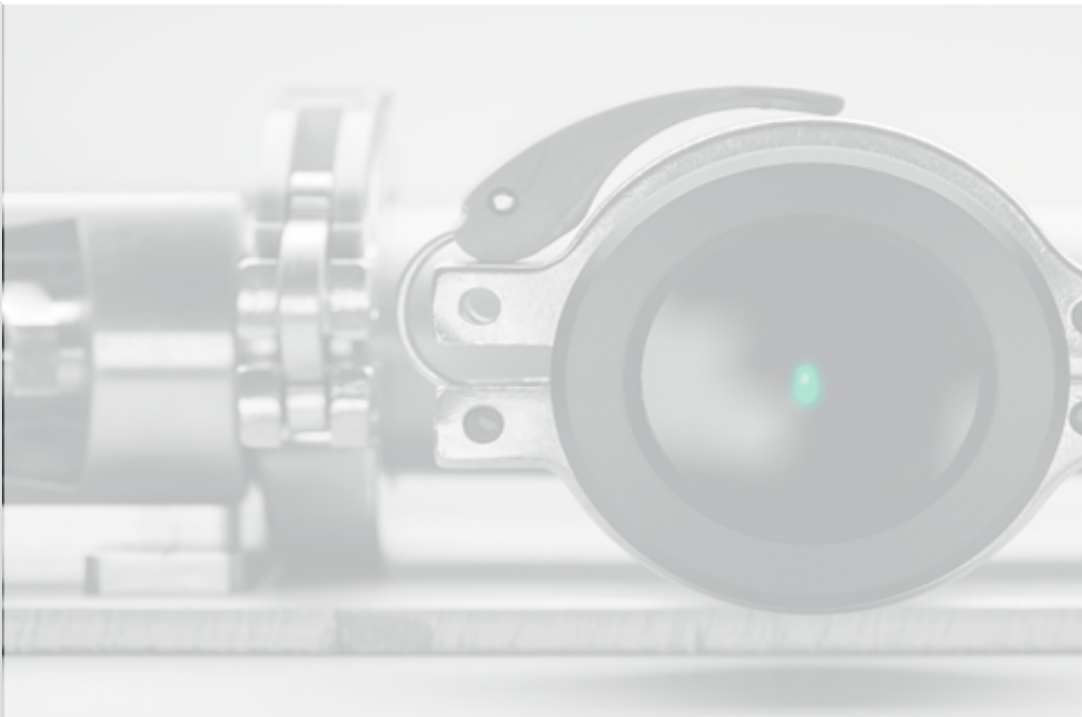
Maisser, A. et al., Aerosol Science and Technology (2015), doi: 10.1080/02786826.2015.1080812

Spark Ablation: Building Blocks for Nanotechnology

Edited by Schmidt-Ott, A., CRC Press (2019)



VSP-G1可以大幅度减少材料的开发时间



Aaike van Vugt
Co-founder & CEO

Prof.dr. Andreas Schmidt-Ott
Co-founder & Advisor

VSParticle中国体验中心

复纳科学仪器（上海）有限公司
地址：上海市闵行区申滨路88号虹
桥丽宝广场T5-705
电话：400 857 8882



VSParticle

欢迎访问
www.vsparticle.com