



燃料电池

气体扩散层
(白皮书)

SIGRACET®

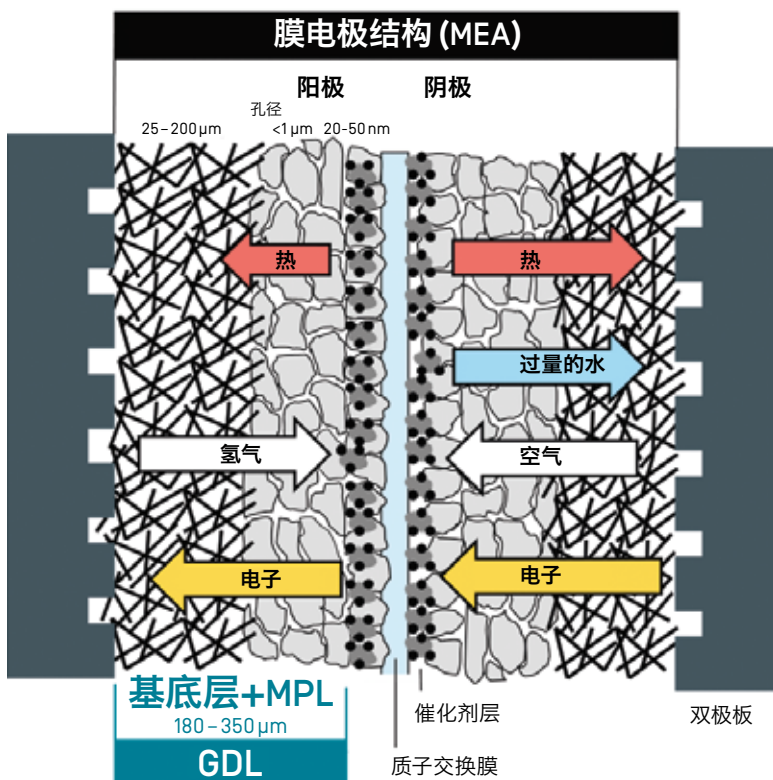
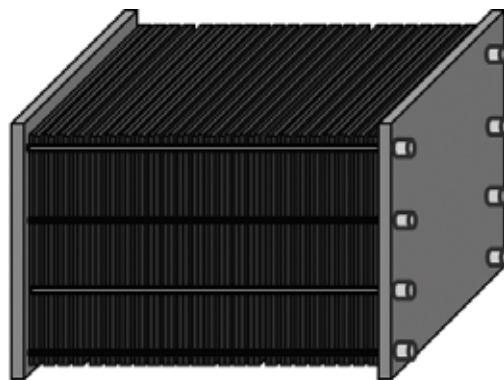
Graphite Solutions

GDL 和 PEM 燃料电池

气体扩散层 (GDL) 是 PEM 燃料电池的重要组成部分, 它的主要作用是调节所有相关物质和能量的传输过程, 包括燃料、氧化剂、反应产物以及电和热。

气体扩散层作为功能性界面被安装在进气单元 (电池宏观结构层面) 和电化学活性催化层 (纳米级反应层) 之间。

GDL 将燃料和氧化剂引导到活性部位、同时辅助热管理并将反应产物排出。GDL 还需要为电化学反应层与电流集流体之间提供良好的导电连接。



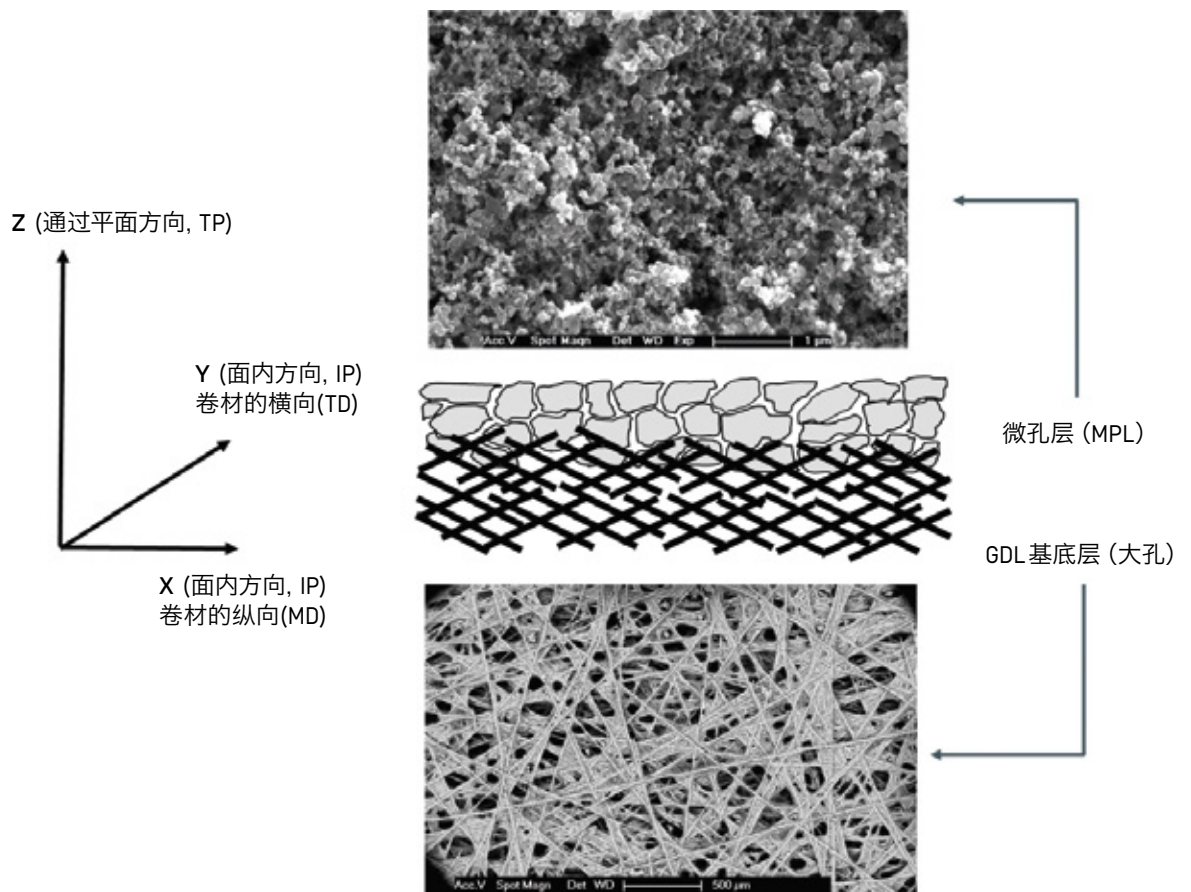
↑ 带有气体扩散层 (GDL) 的单电池示意图

气体扩散层通常设计为双层结构：碳纤维结构的大孔基底层和微孔层 (MPL)。

基底层通常决定了GDL的机械性能 (压缩比、弯曲和剪切强度等)；而MPL则确保与催化剂层紧密接触，并保护脆弱的质子交换膜不被刺破，同时对水管理起到重要作用。

业界一致认为，这种亲水/疏水和不同孔径混合的结构有利于保证燃料电池的性能。

通过添加一定量的聚四氟乙烯 (PTFE)，我们可以实现基底层和微孔层的疏水性能。微孔层的疏水程度还可以通过添加各种碳颗粒 (如炭黑、石墨) 来实现。此外，微孔层还可以作为催化剂沉积的载体，以制作气体扩散电极 (GDE)。



↑ 气体扩散层双层结构示意图

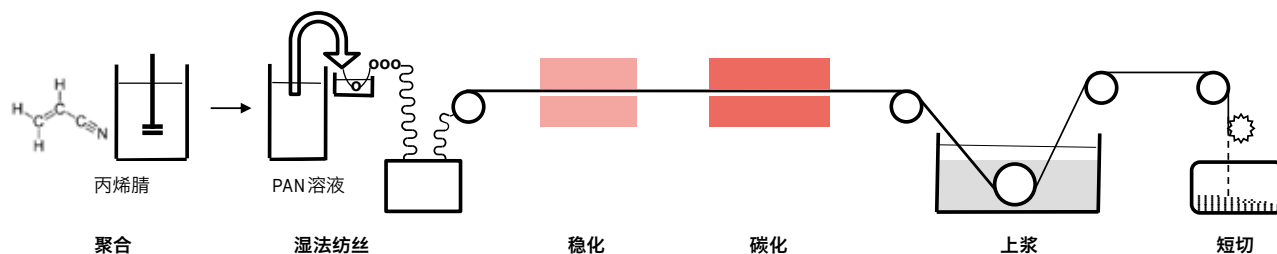
早在1999年，西格里集团就已经开始采用卷对卷工艺生产全处理型SIGRACET气体扩散层。因为具备可极大规模量产超薄规格的优点，碳纸型气体扩散层（湿法短切聚丙烯腈基碳纤维制备）被认为是优选方案。

下图展示了整个GDL生产过程的价值链。迄今为止，所有西格里在市场上销售的GDL产品都是基于聚丙烯腈基碳纤维。首先通过湿法纺丝由聚丙烯腈制得纤维原丝，再经过稳化和碳化生产出高强度（HT）碳纤维，其在上浆和短切后能够通过最先进的造纸设备进一步加工。

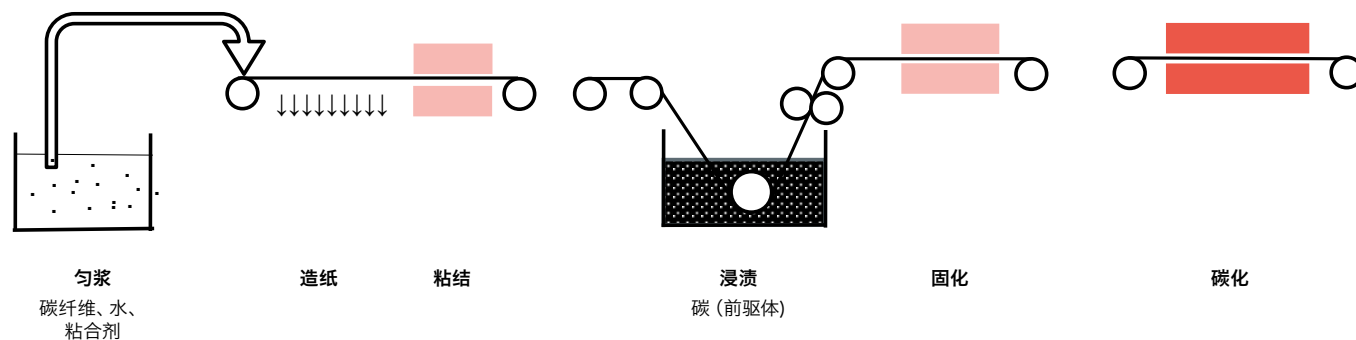
在造纸过程中铺设初级碳纤维网，随后进行热粘合。接下来，将所得原纸浸渍热固性树脂（可选择添加碳填料），固化并重新碳化/石墨化。

这有助于提高机械稳定性和导电性、以及调整所需的孔隙度。最后用聚四氟乙烯对所得碳纸基体进行疏水处理并涂覆以微孔层（MPL），以完成GDL的表面处理。

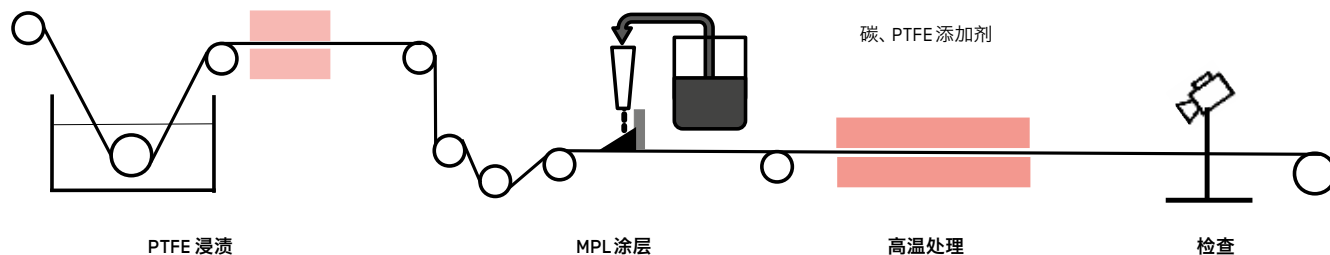
短切碳纤维的生产路线



SIGRACET (基于碳纸) 气体扩散层基底的制造工艺



SIGRACET (基于碳纸工艺) 气体扩散层的表面处理



材料性能

恰当使用高温处理工艺可以获得极高纯度和优异导电性的材料。通过调整所用碳素基体的组分,可以获得不同的孔隙率和机械性能。

相关技术数据已经证实,在材料中添加5% (w/w) PTFE 足以让疏水性能获得明显改善。我们的 MPL 通常含有20%到25% (w/w)的PTFE。基底层和微孔层都做了疏水处理(水滴测试接触角 > 130°),疏水处理后的基底层材料有效地解决了电极水淹问题,并有益于 PEMFC 的水管理。

全处理的 SIGRACET® GDL 产品的典型性能

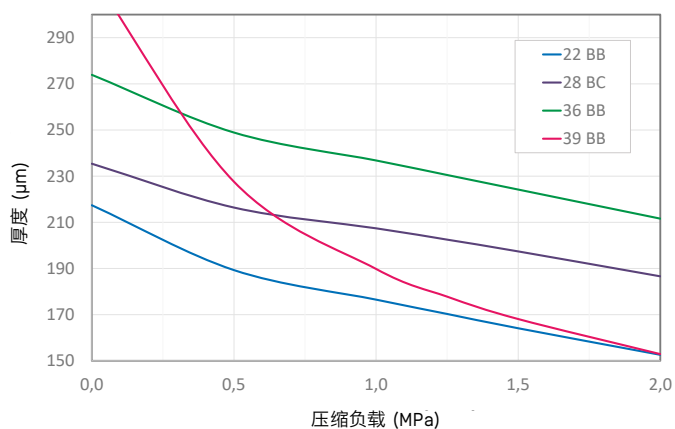
典型性能	单位	22 BB	28 BC	36 BB	39 BB
基本参数					
厚度	μm	215	235	280	315
面密度	g m ⁻²	70	105	105	95
气体传输					
TP 透气性	Gurley sec	1.2	4.5	3.0	1.5
TP 透气性 [1 MPa]	10 ⁻¹² m ²	0.47	0.10	0.21	0.12
IP 透气性	10 ⁻¹² m ²	2.8	0.9	1.8	8.40
电阻率					
TP 面积电阻率 [1 MPa]	mΩ cm ²	< 10	< 11	< 12	< 13
IP 电阻率 **	Ω mm	0.33	0.21	0.27	0.56
导热性能					
TP 导热系数 *	Wm ⁻¹ K ⁻¹	0.30	0.38	0.43	0.20
机械性能					
弯曲刚度 [MD/TD]	N mm	1.5/0.9	1.7/1.2	3.6/3.2	3.5/2.9
压缩率 [5 psi → 1.0 MPa]	%	20	11	14	27
压缩变形 [0.6 MPa]	μm	12	9	10	15
压缩变形 [1.0 MPa]	μm	18	12	14	30
压缩变形 [1.5 MPa]	μm	26	15	20	37
压缩变形 [2.0 MPa]	μm	30	17	22	60
拉伸强度 [MD/TD/TD]	MPa	6.9/4.6	6.6/5.1	8.5/8.1	7.7/4.9
表面性能					
水滴接触角 [MPL]	°	> 130	> 130	> 130	> 130
粗糙度 R _a [MPL 侧]	μm	7.2	6.4	5.8	7.0
杂质含量					
杂质含量 [Fe, Co, Ni]	ppm	< 10	< 10	< 10	< 10

* 未压缩 ** van der Pauw 方法

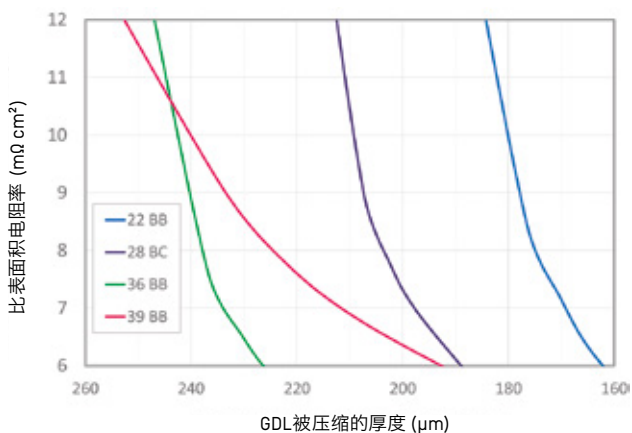
压缩比对GDL性能的影响

在PEMFC (质子交换膜燃料电池) 电堆中, 膜电极组件会被压缩以确保与双极板的紧密接触。压缩性能主要受膜电极中的两片GDL影响。因此, GDL的产品特性对于电堆的密封性和电性能都非常重要。下面几张图展示了不同型号SIGRACET气体扩散层在不同压缩强度下, 厚度、电阻率和透气性的变化。

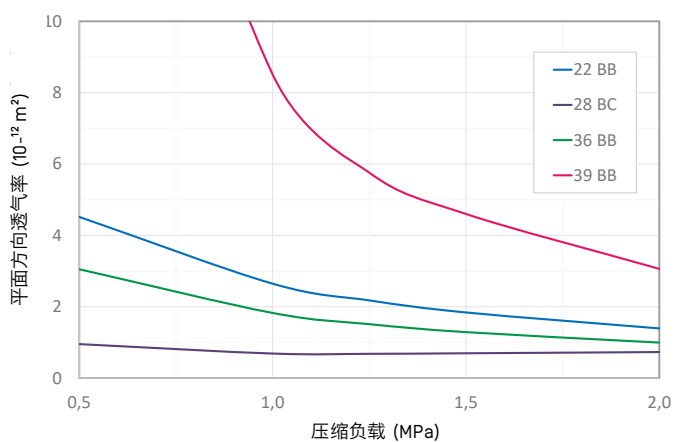
SIGRACET GDL 在不同压力负载下的产品厚度变化



不同SIGRACET GDL产品在不同被压缩的厚度下电阻率的变化



不同SIGRACET GDL产品在不同压力负载下、透气率变化情况



PEM 燃料电池的应用

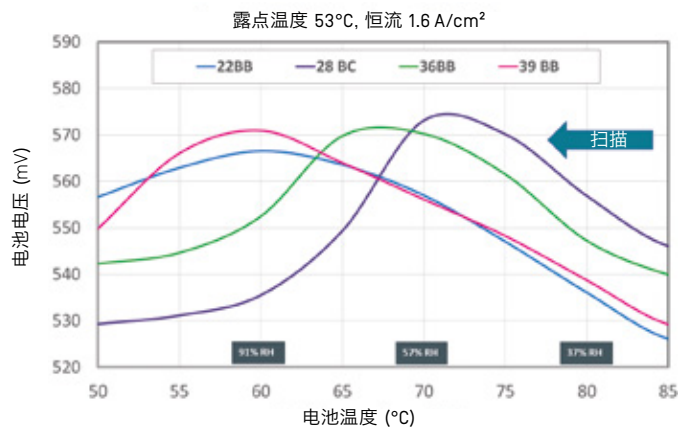
GDL 可有效地支持 PEM 燃料电池的水管理。因此，正确选择最适合的 GDL 类型是获得最佳电池性能的关键。右图显示的结果来自于使用 5 个蛇形流道的石墨板和 15 μm PEM (0.5 mg/cm² Pt) 商用 CCM 的 25 cm² 活性区域单电池。GDL/MEA 上的压缩负载保持恒定在 1 MPa。

下表介绍了针对特定类型/工况下的不同 SIGRACET GDL 产品的推荐，其数据基于 PEMFC 行业内的长期实际测试。

2015 年推出的新型 B 型 MPL 能够在高电流密度下增强气体输送。我们实验室和其他研究的最新发现表明，在某些条件下，使用非对称 GDL 的 MEA 有利于提高燃料电池的性能。

稳态单电池测试 (相对湿度/温度分析)。

用不同 SIGRACET GDL 组装的单电池 [电流密度: 1.6 A/cm²]



针对具体应用 SIGRACET® GDL 型号

应用	GDL 22 215 μm 高孔隙率	GDL 28 235 μm 低孔隙率	GDL 36 280 μm 中孔隙率	GDL 39 315 μm 高孔隙率
电站型储能 PEMFC		●	●	
车载型 PEMFC	●●	●	●●	
便捷式电子产品 PEMFC				●
高温燃料电池 PEMFC			●●	
电解 PEM	●			●

● 指被选择的概率

PEMFC 以外的应用

由于其高导电性和较高的比表面积，气体扩散层自然也可以用于与 PEMFC 相关的其它应用，比如微生物燃料电池、PEM 电解或金属空气电池。

总结

气体扩散层技术已经很成熟。我们的 GDL 产品组合适用于多种工作条件和应用。但是，在选择 GDL 时，需要综合考虑燃料电池电堆设计的其它相邻近的材料和对应的运行环境要求，以尽可能达到最佳组合效果。只有通过 MEA/单电池/电堆整体性能分析，才可能最终获得优化结果。

联系方式

SGL CARBON GmbH

Fuel Cell Components

Werner-von-Siemens-Strasse 18

86405 Meitingen / Germany

Phone +86 21 60976859

fuelcellcomponents@sglcarbon.com

作者:

Rüdiger Schweiss, Simon Hofmeister,
Christian Meiser, Dana Dan, Alois Baumann,
Tobias Kuster, Nico Haak, Susanne Bacher

© 西格里碳素集团的注册商标

本文所述内容系西格里碳素集团最新产品信息，旨在对我们的产品及其应用范围作基本介绍。由于产品可应用领域的多样性和广泛性，这些数据仅能作为一般性的介绍信息，不可作为产品在实际特定用途中的适用性和具体性能的保证值。由此，订货时请务必根据应用就具体产品特性及细节与我们联系。我们的技术人员将按照您的要求根据产品具体用途及时为您提供相关的性能参数。

05 2021/0 2NÄ 中国印刷



Graphite Solutions
SGL CARBON GmbH
Soehnleinstrasse 8
65201 Wiesbaden / Germany
www.sigracet.com | www.sglcarbon.com