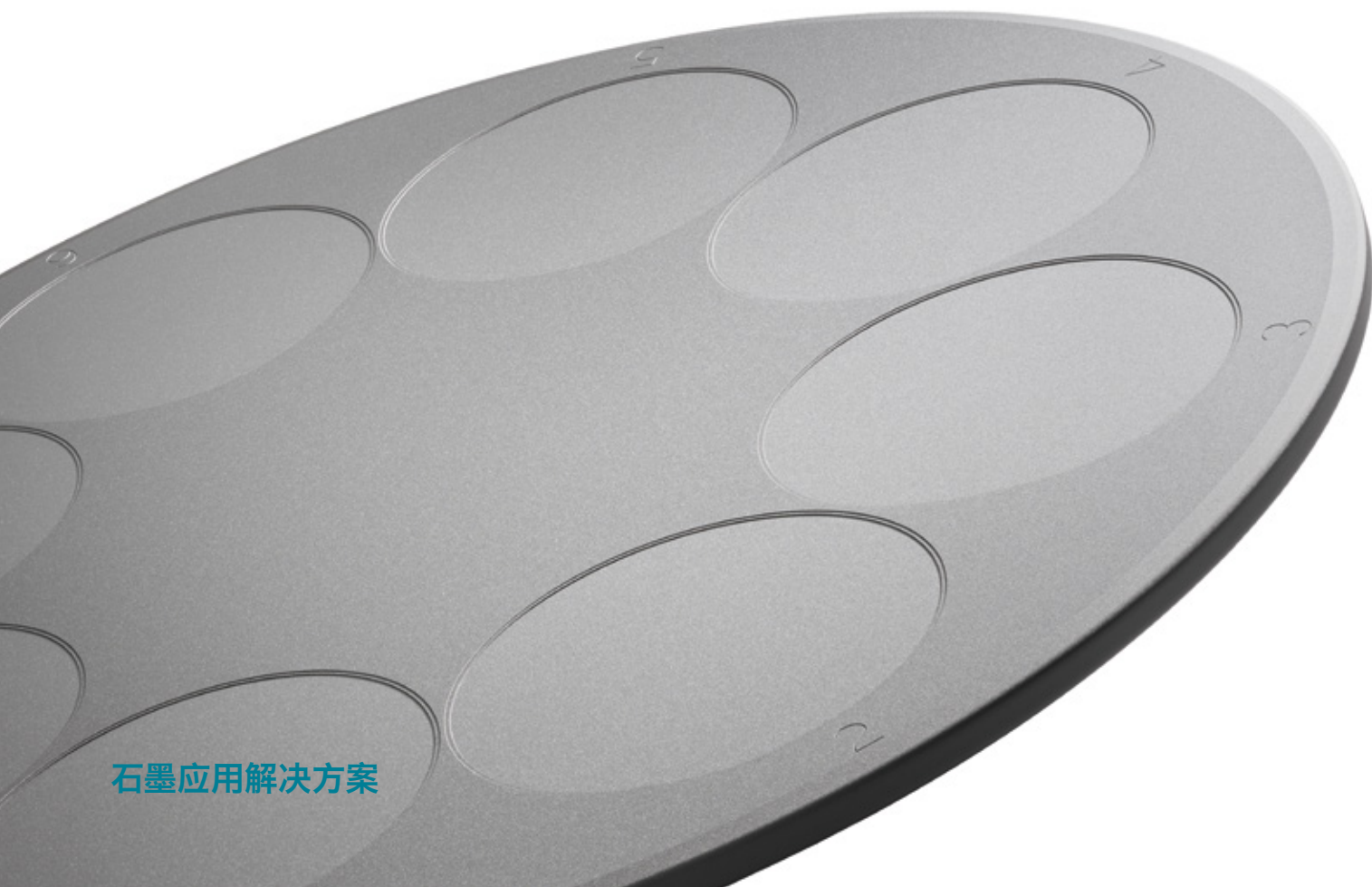




# 晶体生长

用于半导体行业的特种石墨

SIGRABOND  
SIGRAFINE®  
SIGRAFLEX®  
SIGRATHERM®



石墨应用解决方案



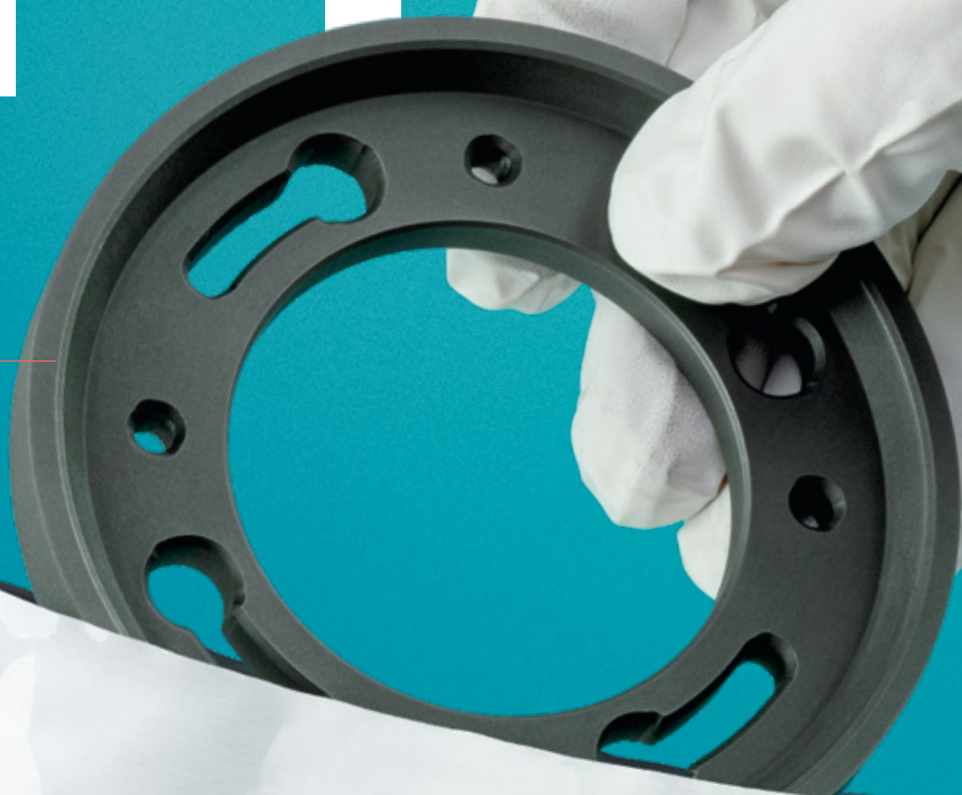
< 5

---

## SIGRAFINE® 纯度优先

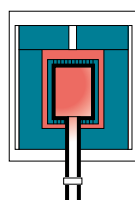
对于半导体生产过程中使用的石墨部件，高纯度是其关键要求 - 杂质含量应保持在百万分之五以下。我们所有的高纯度石墨产品均达到这一非常严苛的标准。我们的实验室杂质分析专家在制定石墨材料的DIN和ASTM化学分析标准方面也发挥了积极作用。作为高纯度石墨产品的制造商，我们还保证在整个生产链（包括包装和运输）中进行正确的操作和处理，并针对特定应用给出合理的技术建议。我们的产品和专业知识是高效的晶体生长工艺的理想起点。

ppm

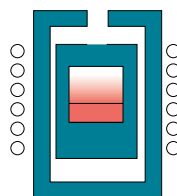


# 用于半导体行业的特种石墨

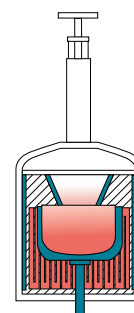
我们的高纯度石墨特别适用于晶体生长、外延、离子注入和等离子蚀刻, 以及LED芯片生产等具有挑战性的工艺。



↑ 蓝宝石单晶生长



↑ 碳化硅晶体生长



↑ 单晶硅生长 (CZ)

## 价值链

### 典型应用

### 西格里碳素的产品

### 西格里碳素的材料

## 单晶生长

- 硅
- 碳化硅
- 蓝宝石
- 化合物半导体

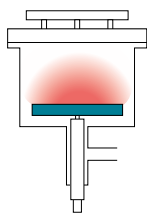
- 加热器
- 坩埚
- 石墨保温筒
- 保温材料

- SIGRAFINE®等静压和挤压石墨
- SIGRABOND 碳纤维增强碳
- SIGRATHERM®碳毡和石墨毡
- SIGRAFINE®碳化硅涂层
- SIGRAFLEX®膨胀柔性石墨箔

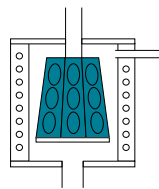
我们根据您的个性化需求来生产部件，并为您在运营规划、设计和优化过程中提供帮助。您可以信赖我们在处理高纯度产品方面的广泛专业知识，我们可以根据您的要求进行广泛的认证。



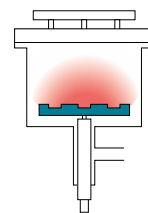
↑ 切片



↑ 硅外延平板式



↑ 硅外延筒式



↑ MOCVD

## 切片

- 硅晶圆
- 化合物半导体晶圆

- 切片垫板

- SIGRAFINE®等静压石墨

## 外延

- 硅外延
- 碳化硅外延
- MOCVD

- 单片式基座
- 平板式基座
- 筒式基座

- SIGRAFINE®等静压石墨
- SIGRAFINE®碳化硅涂层

# 适用于半导体行业的产品

我们的产品组合包括加热器、坩埚、石墨保温筒和隔热保温组件，适用于多种单晶生长工艺和材料。也提供用于硅外延和MOCVD的基座。我们通过清洁、机械加工或涂层工艺对石墨部件进行表面处理，以满足特定应用的需求，并凭借稳定的高品质和个性化生产而闻名。



# 用于半导体晶体生长的特种石墨

## 热场要求

半导体晶体生长的所有工艺，无论是硅生长的CZ法，蓝宝石生长的HEM还是碳化硅晶体生长的PVT，都是在高温苛刻环境下运行。因此半导体晶体生长炉的热场通常使用耐高温和耐腐蚀的石墨部件。

## 我们的材料适用于各种类型的晶体生长炉

我们生产用于制作各种典型零件的材料，包括高强度、均质细颗粒石墨和碳纤维增强碳材料，可以制成加热器、坩埚、导流筒和石墨保温筒，以及由硬毡、软毡和石墨箔制成的保温部件。我们的专家依靠数十年的经验，选择高纯度的最佳材料，以适应各种类型的晶体生长炉。我们的建模和仿真模拟专家，可提供各种晶体生长炉的热机械和气流动力学优化建议。

## 更长寿命的碳化硅涂层产品

我们开发了一种独创性的碳化硅涂层，可延长用于特别具有挑战性的应用和环境中的部件的使用寿命。



↑ 由C/C制成的坩埚



↑ 硬毡保温筒



↑ CZ直拉单晶炉石墨热场

## 用于硅和碳化硅外延的特种石墨

在制成电子器件之前，晶片需要经过几个步骤。一个重要的工艺是硅外延，在该工艺中，晶片承载在石墨基座上。基座的性能和品质对晶片外延层的质量起着至关重要的作用。

### 高纯度和合格证书

我们的碳化硅涂层石墨基座具有独特优势：极高的纯度、均匀的涂层和卓越的使用寿命，还具有高耐化学性和热稳定性。

我们在进行碳化硅涂层时将公差控制在非常小的范围。同时使用高精度加工技术来确保基座轮廓均匀。我们也生产用于感应加热系统的具有理想电阻特性的材料。所有成品部件均提供纯度和尺寸合格证书。

### 广泛的基座产品组合

我们为当前所有类型的外延设备提供基座和石墨部件。我们的产品范围包括用于应用材料、Moore和LPE外延设备的筒式基座，用于LPE、CSD和Gemini外延设备的平板式基座，以及用于应用材料和ASM外延设备的单片式基座。

我们所有的基座都是由高强度的等静压石墨制成。全面的质量控制确保我们的客户始终获得高质量、完全可追溯的产品。

### 离子注入和干蚀刻

我们也生产用于离子注入和干蚀刻设备的部件。



↑ 外延设备的基座



## 用于LED芯片生产的特种石墨

在MOCVD反应炉的外延工艺中，旋转的基座或载盘会移动衬底晶片。基座材料的性能对外延质量具有极大影响，进而影响芯片的废品率。

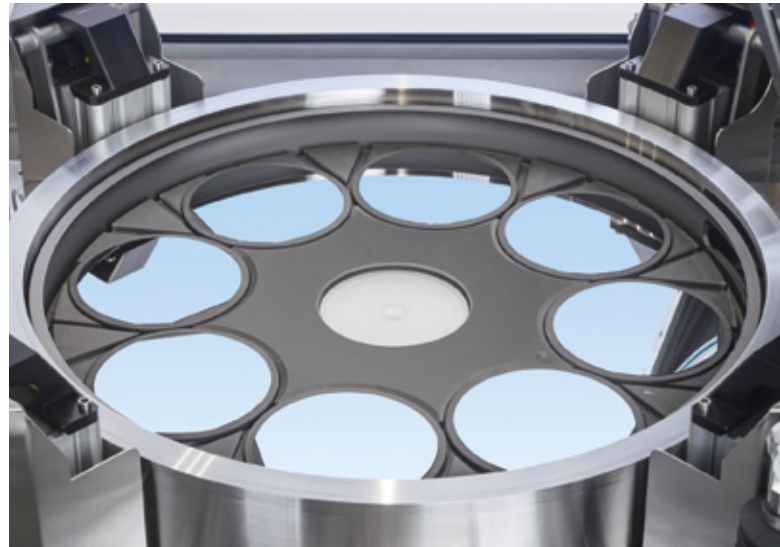
### 高精度

我们的碳化硅涂层基座使高质量LED晶片的制造更加高效，将波长偏差降至最低。其中的重要因素包括：我们的等静压石墨和碳化硅涂层具有非常高的纯度和均匀的热导率。我们为基座和载盘严格挑选适用的石墨等级。高精度的加工和均匀的涂层确保晶片载盘片坑具有均匀的轮廓和最小的平面度偏差。全面的质量控制使我们能够提供始终如一的高品质、完全可追溯的产品。

### 提高芯片产量，偏差最小化

我们一直与MOCVD设备制造商和用户保持紧密合作，不断改进我们的材料和部件。通过合作，提高LED芯片产量，减小波长偏差。

我们也提供可用于当前所有MOCVD反应设备的其他石墨部件。我们可以在几乎所有部件上进行碳化硅涂层，部件的最大直径可超过1米（约3英尺）。



↑ 用于LED生产中的AIXTRON 2800 G4 MOCVD 碳化硅涂层石墨基座  
(照片由AIXTRON提供)

# 用于半导体行业的石墨 和碳基材料

我们提供可用于各种应用的细颗粒石墨、碳化硅涂层、石墨软毡和硬毡、碳纤维增强碳和SIGRAFLEX石墨箔。所有的材料都具有高纯度、卓越的机械强度和耐腐蚀性耐热性，并且可以提供多种尺寸。



## SIGRAFINE®等静压石墨

西格里碳素生产多种等静压石墨等级，每个等级都具有其独特的性能，非常适合特定的应用环境。

R6300适合制作加热器。在-1000°C以上高温时具有稳定的电阻率，这非常有利于将其用作加热元件。

R6340和R6500是适合多种用途的等静压石墨等级。这两种等级在全世界被应用于制作多种部件，如坩埚、夹具、电极等等。两个等级之间的主要差异在于密度和颗粒尺寸，这也导致其具有不同的热膨胀系数和导热率。

R6510，也就是市场上熟知的CZ5，已经成为与Si-O气态环境直接接触的所用部件的行业标准。由R6510制成的用于硅CZ直拉单晶炉石墨保温筒和导流筒，已被证明具有较长的使用寿命和较低的杂质含量，可以得到较高的晶体质量。因其热膨胀特性，我们也将R6510等级应用于碳化硅涂层。这与我们的SIGRAFINE碳化硅涂层在更广的温度范围内是匹配的。

我们新开发的R6520或CZ5.2，其性能介于R6500和R6510之间。其在半导体和光伏应用中的性能表现非常好。

R6650是一种高密度石墨等级，适用于熔融硅、气态氧化硅等腐蚀性介质中更苛刻的应用。

R6710是西格里碳素生产的颗粒最细的等静压石墨等级，其平均粒径为3µm。可用于加工非常精细和脆弱的部件，包括离子注入的部件。它在我们的所有等静压石墨等级中，具有最高的抗折强度。

R6810是西格里碳素具有最高导热率的等静压石墨等级。与R6510一样，该等级用于碳化硅涂层的效果非常好。

西格里碳素也生产多种SIGRAFINE挤压和振动模压成型石墨，以及SIGRAFLEX石墨箔和用于碳化硅晶体生长的SIGRAFINE多孔石墨棒。

请联系我们的专家获取更多材料信息或相关技术建议。

### 等静压SIGRAFINE®细颗粒石墨的材料数据

典型性能*	单位	R6300	R6340	R6500	R6510	R6520	R6650	R6710	R6810
平均粒径	µm	20	15	10	10	10	7	3	20
体积密度	g/cm <sup>3</sup>	1.73	1.72	1.77	1.83	1.80	1.84	1.88	1.82
电阻率	µΩm	16	12	14	13	13	14	10	10
抗折强度	MPa	40	45	50	60	55	65	85	45
抗压强度	MPa	85	90	110	130	120	150	170	100
热膨胀系数 20-200°C (68-392°F)	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	2.7	3.2	4.2	4.2	4.2	4.1	4.7	4.1
灰分	ppm	≤ 200	≤ 200	≤ 200	≤ 200	≤ 200	≤ 200	≤ 200	≤ 200

\* 不同尺寸矩形块和圆形块的典型平均值。单块的实际值可能会因尺寸和形状而不同。

### 典型纯化指标

代码	灰分值	元素含量 (典型值ppm)													
		铝	硼	钙	钴	铬	铜	铁	镁	锰	镍	磷	硅	钛	钒
P30	<30 ppm	0.05	0.1	0.2	<0.02	<0.02	<0.02	0.5	0.1	<0.01	1	<0.1	<2	0.2	0.5
P5	<5 ppm	<0.01	<0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<1	0.01	0.01

# SIGRAFINE® 碳化硅涂层

## 高耐腐蚀性和耐热性 - 卓越的导热性

SIGRAFINE碳化硅涂层是一种致密、耐磨损的涂层。具有高耐腐蚀性和耐热性以及卓越的导热性。我们使用化学气相沉积(CVD)工艺将碳化硅薄层沉积在石墨表面。

## 延长石墨和C/C组件的使用寿命

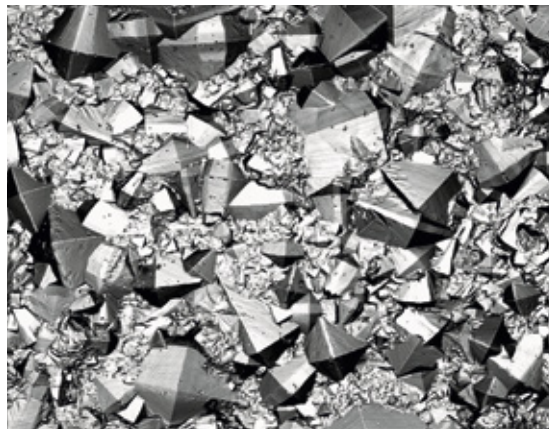
涂层可提高产品质量并提高工艺效率，从而降低客户的整体运营成本。该涂层延长了石墨组件的使用寿命，并实现了生产半导体材料所需的高纯度表面结构。

## 适用范围广

我们提供由高强度等静压石墨和碳纤维增强碳制成的碳化硅涂层产品。包括用于流化床反应器和STC-TCS氯化炉的部件，以及CZ热场的导流筒，和用于PECVD、硅外延和MOCVD炉的晶片载盘。

## SIGRAFINE® 碳化硅涂层的纯度数据 (辉光放电质谱)

元素	ppm	元素	ppm
钠	<0.05	铜	<0.01
镁	<0.01	锌	<0.05
铝	<0.04	镓	<0.05
磷	<0.01	锗	<0.05
硫	<0.04	砷	<0.005
钾	<0.05	铟	<0.01
钙	<0.05	锡	<0.01
钛	<0.005	锑	<0.01
钒	<0.001	钨	<0.01
铬	<0.05	铋	<0.01
锰	<0.005	铅	<0.01
铁	<0.01	铊	<0.01
镍	<0.005		



↑ 碳化硅表面的显微照片

## SIGRAFINE® 碳化硅涂层的材料数据

典型性能	单位	值	分析技术
结构		$\beta$ [立方] 3C多型体	XRD
排列方向	分数 [%]	首选111	XRD
体积密度	g/cm <sup>3</sup>	3.2	XRD
化学计量比		1:1 Si/C	XPS
硬度	GPa	40	纳米压痕技术
断裂韧性	MPa m <sup>1/2</sup>	3.0	维氏硬度计
热膨胀系数100 - 600 °C (212 - 1112 °F)	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	4.3	膨胀计
弹性模量	GPa	435	纳米压痕技术
典型膜厚	μm	100	Beta反向散射测厚计
表面粗糙度	μm	2.5	轮廓测定仪

# SIGRAFLEX® 柔性石墨箔

## 热场解决方案

SIGRAFLEX 石墨箔由天然膨胀石墨制成，在半导体应用上可提高系统和工艺的性能，最大限度地降低能耗并保证可靠性。

SIGRAFLEX 高纯柔性石墨箔不含粘合剂，可做到超高纯度，防止产品受到污染。

## 高达3000°C

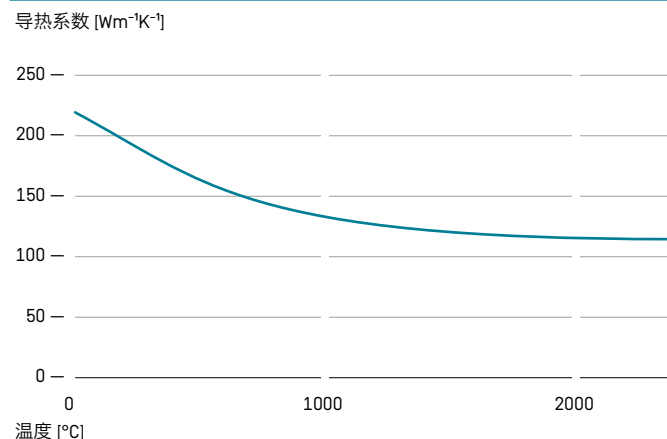
SIGRAFLEX 柔性石墨箔因其非凡的性能，可用于高达3000°C超高温的惰性气体氛围或真空环境。卓越的导热性和导电性使其适用于半导体生产设备中的保温筒、隔热材料、柔性层、密封材料等各种零部件。可根据客户要求定制柔性石墨箔。

SIGRAFLEX THP适用于超高纯度要求，而且在SIGRAFLEX产品的生产中，甚至可以考虑因单一元素而产生的特殊要求。

## 系统供应商

SIGRAFLEX 通常与SIGRATHERM软毡和硬毡、SIGRABOND碳纤维增强碳和SIGRAFINE石墨结合使用。

## 超高温下出色的导热性



## 体积密度为1.0 g/cm<sup>3</sup>的SIGRAFLEX® TH的材料数据

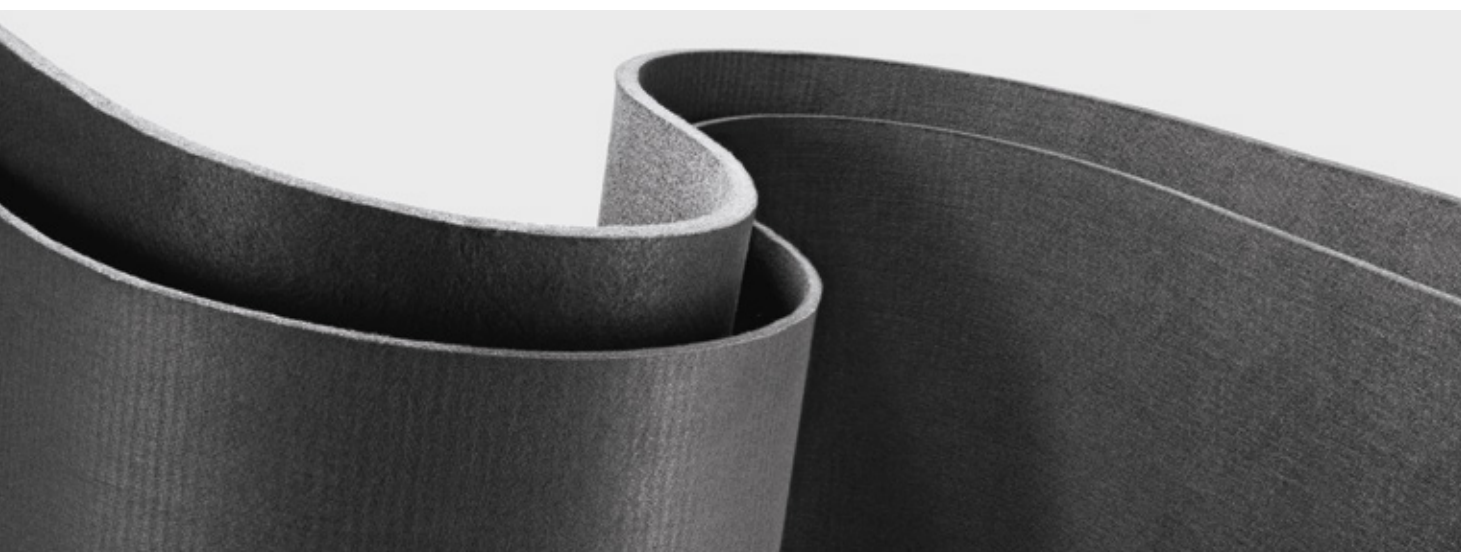
典型性能	单位	值
升华温度	°C	> 3000
耐热性	空气中	约 400
	惰性气体和真空中	约 3000
电阻率 [20°C]	平行于表面	11
	垂直于表面	700
导热率 [20°C]	平行于表面	220
	垂直于表面	5
比热 [20°C]	kJkg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	0.7
热膨胀系数 [20 - 1000°C]	平行于表面	约 1
	垂直于表面	约 50
肖氏硬度 (D)		30
断裂拉伸率	%	≥ 1
抗拉强度	N/mm <sup>2</sup>	≥ 4
透气系数	cm <sup>2</sup> /s	2 × 10 <sup>-5</sup>
放射系数 (1500°C)		0.65
灰分含量	%	约 0.1

其他值或尺寸根据要求提供



↑ SIGRAFLEX 高纯石墨箔

## SIGRATHERM® 石墨软毡



↑ SIGRATHERM软毡

### 热场保温材料的首选

我们的石墨软毡综合了热、化学和纺织的独特性能。

几十年来, 全球许多晶体生长公司都将我们的GFA软毡作为热场保温材料的首选。

我们也提供高纯度和客户定制尺寸的SIGRATHERM软毡, 以及预组装的保温组件。

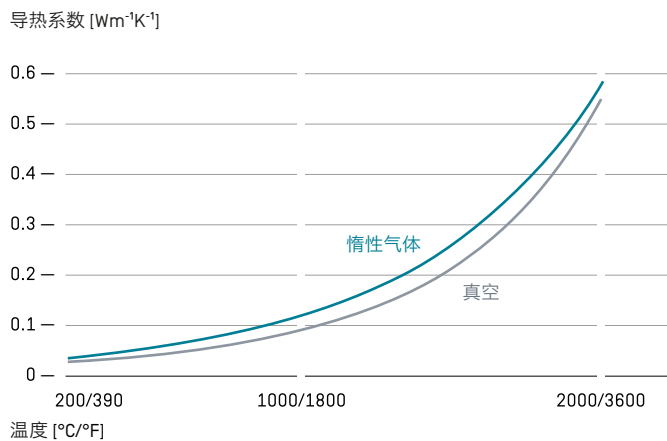
### SIGRATHERM® GFA的材料数据

典型性能	单位	GFA5	GFA10	GFA15
厚度	mm [in]	6 [1/4]	11.5 [1/2]	16 [5/8]
单位重量	g/m <sup>2</sup>	500	1000	1500
宽度 (最大)	mm [in]	1350 [53]	1350 [53]	1350 [53]
长度	m [ft]	25 - 30 [82 - 98]	25 - 30 [82 - 98]	25 - 30 [82 - 98]
灰分	ppm	1000	1000	1000
灰分 (纯化)	ppm	< 20	< 20	< 20
最高应用温度	°C [°F]	2000 [3600] 真空或惰性气体中	2000 [3600] 真空或惰性气体中	2000 [3600] 真空或惰性气体中



↑ SIGRATHERM用于隔热的柔性碳毡

### SIGRATHERM GFA的导热系数与温度的函数关系 (惰性气体和真空环境中)



### 始终如一的低导热率

我们的特殊制造工艺使得SIGRATHERM石墨软毡具有非常低的导热率。整卷软毡都具有极其均匀的厚度和密度分布, 确保始终如一的高保温效果。

## SIGRATHERM® 石墨硬毡

### 稳定的支撑隔热部件

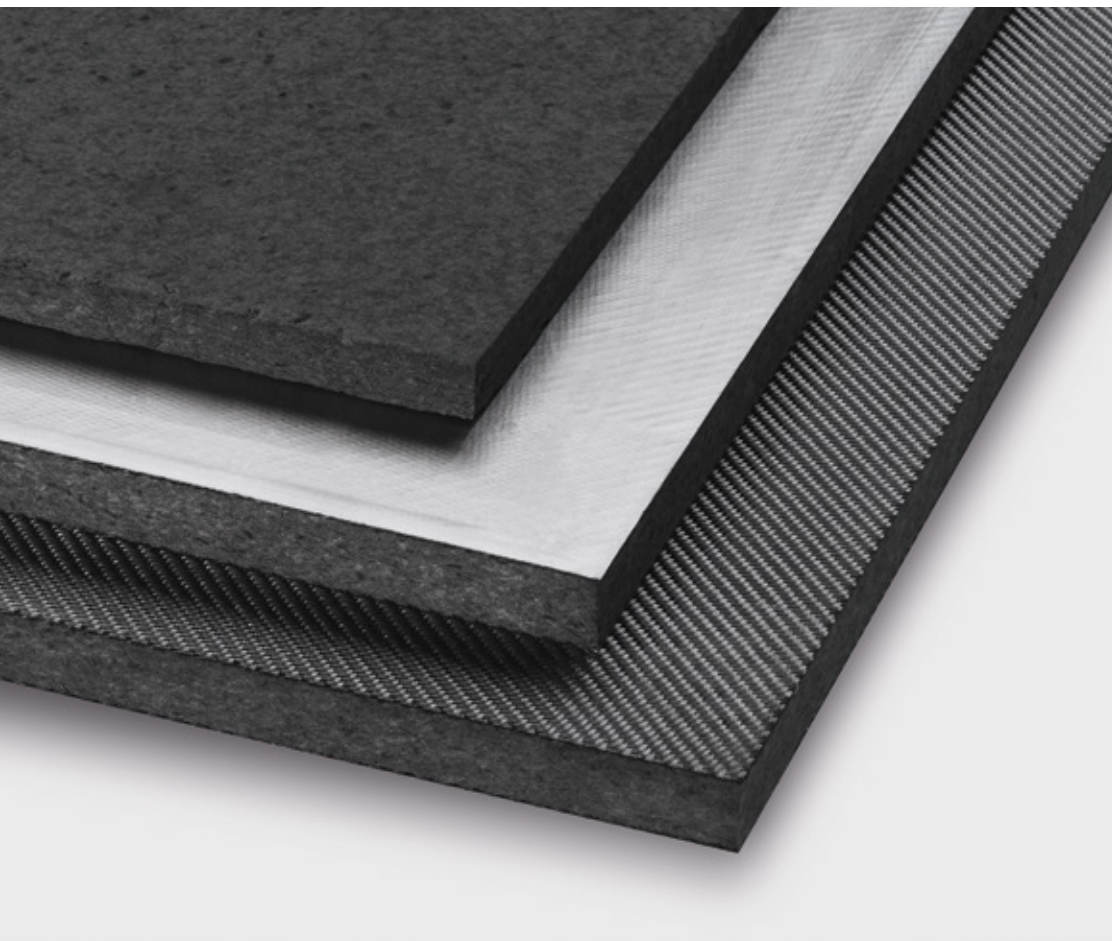
SIGRATHERM硬毡是由石墨纤维和碳粘合剂制成的保持形状的隔热材料。材料经过碳化处理后再进行石墨化处理，以确保可在高达2200°C (3992°F)的温度下使用。

### 易于加工

我们的MFA硬毡是标准隔热板和客户特定结构部件的首选。其具有良好的机械加工性，易于加工成复杂的形状和较大的自支撑隔热组件。

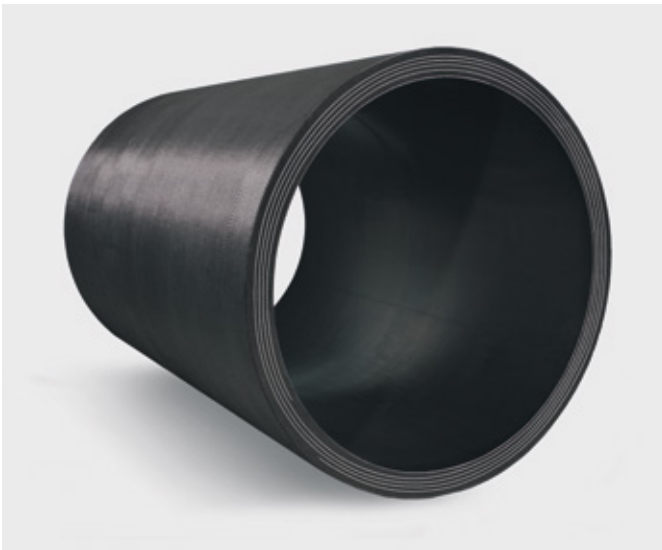
### SIGRATHERM MFA的材料数据

典型性能	单位	MFA
密度	g/cm <sup>3</sup>	0.17
抗压强度	MPa	0.7
抗折强度	MPa	0.8
吸湿性	%	< 1.0
灰分	ppm	1000
灰分 (纯化)	ppm	< 20
最高使用温度	°C [°F]	2000 [3600] 真空或惰性气体中



↑ 具有不同表面贴层的SIGRATHERM硬毡





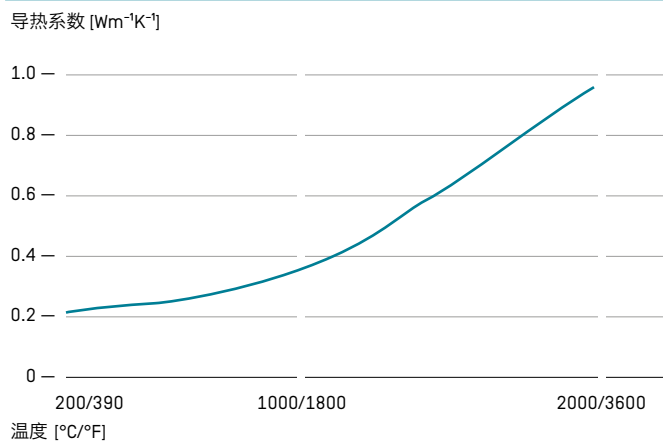
↑ SIGRATHERM 硬毡筒

### 特殊需求的解决方案

我们可制作最大直径约为2000 mm的RFA硬毡保温筒。其具有与MFA等级相似的保温性能。可以使用一层或多层石墨箔作为热对流屏障和反射层。我们也提供一种覆盖C/C的隔热复合硬毡材料，起到机械表面保护的作用。

我们所有的硬毡部件都可以进行气体纯化，以满足半导体行业的纯度要求。

### SIGRATHERM MFA的导热系数与温度的函数关系 (惰性气体氛围)



### SIGRATHERM MFA的订购信息

MFA	-	FF	1524 x 1219 x 40 mm [60" x 48" x 1.57"]
			板的尺寸
		表面贴层, 可选: FF = 两面均覆盖SIGRAFLEX® 石墨箔 CC = 两面均覆盖C/C	
		硬毡复合板	

### 可供规格

标准尺寸: 1524 x 1219 mm [60" x 48"]  
厚度: 30/40/45/50 mm [1.18"/1.57"/1.77"/1.97"]  
可根据要求提供客户定制尺寸和表面涂层。

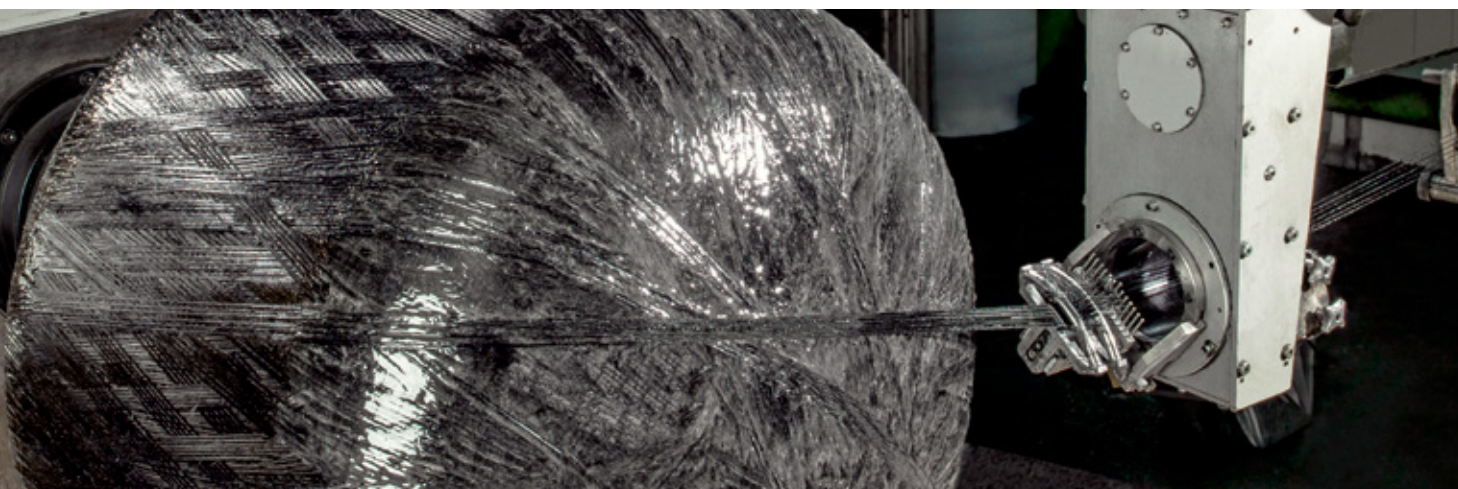
## SIGRABOND 碳纤维增强碳 [C/C]

### 适用于轻质、坚固和耐用的结构件

SIGRABOND碳纤维增强碳材料具有非常高的机械承载能力，而自身重量很轻；同时也具有极强的耐腐蚀性和非常高的热稳定性。

### 适用于不同应用的C/C等级

我们生产两种等级的C/C板材：SIGRABOND标准型和SIGRABOND性能型，具有更高的刚性，可用于更轻质的部件。



↑ SIGRABOND FilWound C/C坩埚生产用自动纤维缠绕设备

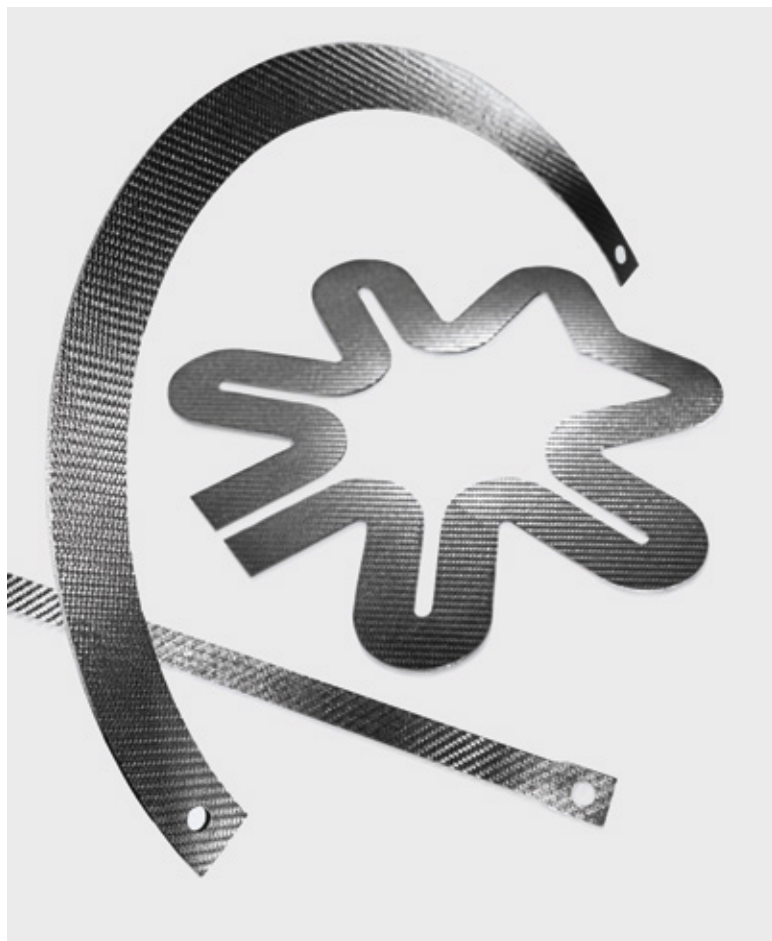
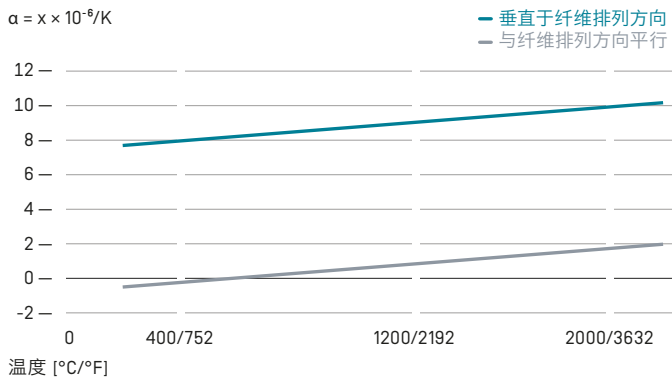
### SIGRABOND 碳纤维增强碳的材料数据

典型性能	单位	板		旋转对称部件
		性能型	标准型	FilWound
体积密度	g/cm <sup>3</sup>	1.5	1.5	1.4
抗折强度	MPa	200	150	
弹性模量	GPa	70	60	
层间剪切强度	%	8	8	取决于铺叠成型的结构
灰分	ppm	≤ 1000	≤ 1000	≤ 1000
灰分 (纯化)	ppm	≤ 10	≤ 10	≤ 10
长/宽	mm	1220 x 1220 / 2450 x 1220	1220 x 1220 / 2450 x 1220	-
	in	48 x 48 / 96 x 48	48 x 48 / 96 x 48	-
直径最大/长度最大	mm (in)	可按要求提供特殊尺寸	可按要求提供特殊尺寸	2000/2500 [79/98]
厚度	mm (in)	1.8 - 15 [0.07 - 0.6]	1.7 - 30 [0.03 - 1.2]	-
最大壁厚	mm (in)	-	-	100 [4]
最高使用温度	°C [°F]	2000 [3600] 真空或惰性气体中		

我们也生产坩埚、圆筒等旋转对称的部件。我们通常使用自动纤维缠绕设备为客户定制SIGRABOND FilWound等级的这些部件。

我们所有的SIGRABOND C/C部件均可进行气体纯化，以满足半导体行业的纯度要求。

### 热膨胀系数



↑SIGRABOND加热元件

# 一起成功

在西格里碳素，我们可以做的不仅仅是提供石墨块或按图生产零部件。我们与内部的建模和优化部门及客户合作，制定具有真正价值的切实解决方案。

紧密合作以及对客户流程的深入了解是帮助我们开发前瞻性解决方案的关键。

这促成了我们的大部分创新——例如我们的新等静压石墨等级R6520。





## 提升硅晶体生长的性能表现

半导体应用的硅晶体生长工艺是基于晶圆技术设计要求而定制的精密技术。

这对实现晶圆的高质量和高成品率至关重要。

我们与内部的建模仿真专家一起，与客户紧密合作，确定CZ单晶直拉炉热场部件的理想设计，以及满足性能要求的材料。

我们新开发的等静压石墨等级SIGRAFINE R6520非常适合这种方案。由该等级制成的热场部件，结合优化的设计，极大地提高了优质晶圆的成品率。这充分体现了我们的工作理念：“一起成功”

# 智能解决方案

无论是材料, 部件还是生产工艺, 我们都把想法和行动聚焦于客户, 着眼于全局。我们的解决方案将以未来为导向。

以下为我们特有产品系列的应用实例。

## 交通

- 采用纤维增强复合材料的轻量化部件和结构件, 用于汽车和航空航天制造业。
- 用于电动汽车锂电池的石墨阳极材料
- 用于跑车和豪华轿车的碳陶瓷刹车盘

## 能源

- 基于特种石墨和纤维材料的光伏产业耐高温解决方案
- 用于转子叶片的碳纤维材料
- 燃料电池用气体扩散层
- 更高效的热交换和热回收系统
- 用于带压气体容器的碳纤维

## 数字化

- 用于多晶硅行业和半导体工业中拉单晶的碳, 石墨和碳纤维复合材料部件
- 应用于 LED 生产的高精度涂层石墨载盘



# SGL Carbon

我们是开发和制造碳素, 石墨, 碳纤维和纤维增强复合材料产品的领军企业。通过与客户合作, 我们开发出了智能, 引领技术前沿的可持续性解决方案, 并获得了明显的效益。

凭借对材料的深入研究, 在工程和应用方面的知识, 我们对涉及交通, 能源和数字化等未来主要课题作出了重要贡献。



# 联系方式

## 欧洲/中东/非洲

SGL CARBON GmbH  
Drachenburgstrasse 1  
53170 Bonn/Germany  
gs-europe@sglcarbon.com

## 美洲

SGL CARBON LLC  
900 Theresia Street  
PE 15857 St. Marys/USA  
gs-americas@sglcarbon.com

## 亚洲/太平洋地区

SGL CARBON Far East Ltd.  
151 Huan Chen Dong Lu  
Shanghai Fengpu Industrial Development Zone  
201401 Fengxian/China  
gs-asia@sglcarbon.com

承蒙LPE Epitaxial Technologies提供

© 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。

11 2021/0 3NÄ 中国印刷



石墨应用解决方案  
SGL CARBON GmbH  
Soehnleinstrasse 8  
65201 Wiesbaden/Germany  
[www.sglcarbon.com/company](http://www.sglcarbon.com/company)