

厚膜浆料的工业应用



1	厚膜浆料的工业应用
2	导体浆料, 玻璃浆料和电阻浆料的工艺条件
3	导体浆料, 玻璃浆料和电阻浆料的烧制曲线
4	导体浆料
6	通孔填充浆料
7	玻璃浆料
8	电阻浆料
10	工艺流程对FK9600浆料系列中电阻浆料涂层特性的影响
14	工艺流程对FK9900M浆料系列中电阻浆料涂层特性的影响
17	稀释剂

封面图片: 用有机粘合剂分散粉末。

1 Fraunhofer IKTS TFC 专用浆料系统中的厚膜浆料。



1

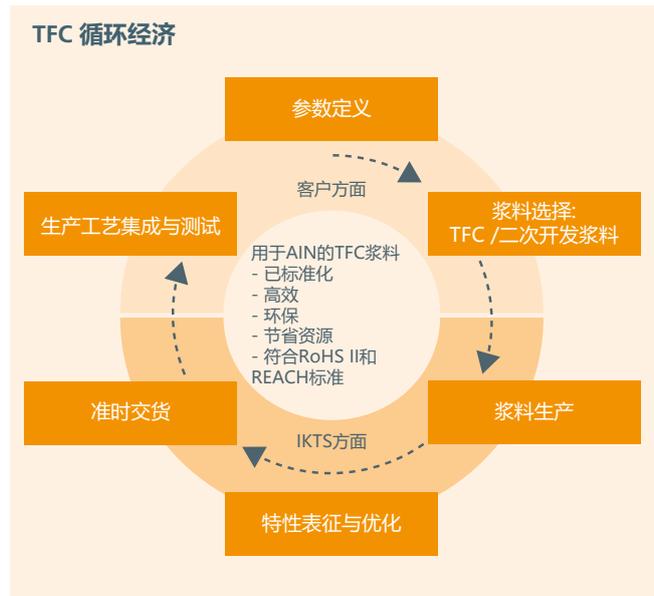
厚膜浆料的工业应用

TFC 浆料系列为客户开启机遇, 将标准化和经检测的厚膜浆料应用于微电子技术, 微系统技术和传感器技术领域。Fraunhofer IKTS 保证可重复的生产过程和产品质量, 并符合DIN/ISO 9000标准。

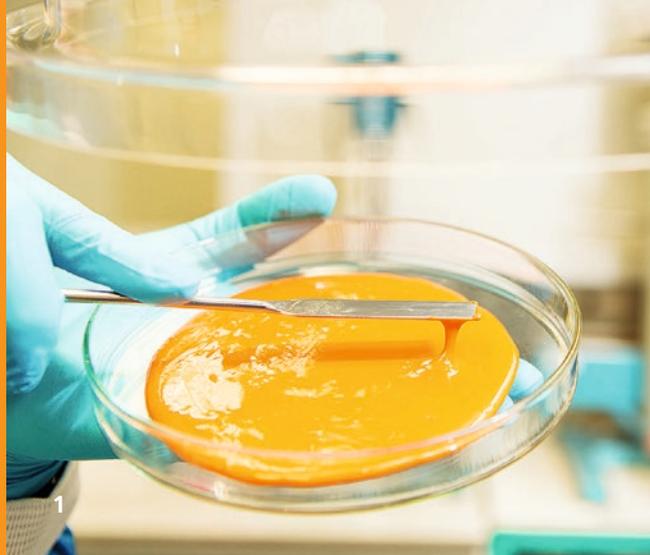
Fraunhofer IKTS 拥有一个完整的, 全球独一无二的用于氮化铝陶瓷 (AlN) 的厚膜浆料系统。因具有高热导率 ($180 \sim 200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), 低热膨胀系数 ($\sim 4.4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) 和介电性能, 氮化铝陶瓷是用于电力电子器件, 射频技术和微波技术领域的优异基板材料。此外, 它也非常适合作厚膜加热器基板。

除了提供为客户研发的专用浆料外, 我们还提供经检测的标准化 TFC 厚膜浆料。这些浆料已对丝网印刷进行了优化, 使涂层具有恒定的厚度和均一特性。它们环保, 节约资源并符合 RoHS II (法规2011/65/EC) 和REACH (法规 (EC) No.1907/2006) 的最新法律要求。浆料的生产流程具有严格的质量监控并按 ERP (企业资源计划) 管理控制, 以确保重复性生产。每次交付的浆料将附有分析证书。

以下简介包含目前可提供的导体浆料, 电阻浆料, 填充浆料, 封装浆料和标记浆料。若有特殊参数组合未被列出, 为了您的工艺条件开发定制浆料请随时与我们联系



导体浆料, 玻璃浆料和电阻浆料



一般工艺条件

基板

这些浆料是为使用 CoorsTek/ANCeram 公司的AlN基板 (研光表面) 而设计的。使用其他表面质量或者来自其他制造商的基板可能导致不同的结果。

丝网印刷

为了实现所述涂层厚度, 应使用200目不锈钢筛网, 其线径为40微米, 感光胶膜厚度为25微米 (10至12微米 EOM)。FK9900M和FK3101浆料不属此例。FK9900M系列应采用280目不锈钢丝网, 其线径为32微米, 感光胶膜厚度为25微米。浆料FK3101应印刷在线径为75微米, 感光胶膜厚度为100微米的150目不锈钢筛网上。

平整

印刷层应在室温 (22至25°C)下平整10±2分钟。

干燥

印刷层应在吸气式烘箱或连续式干燥器中在150°C下干燥15分钟。对于FK3101和FK3201, 干燥温度为120°C。

烧结

导体浆料和电阻浆料: 印刷层应在空气气氛下的连续式干燥器中进行烧结, 峰值温度为850°C, 保持时间为10分钟。对于银合金导体浆料FK1071, FK1205, FK1282, FK1916, FK1953和电阻浆料系统FK9600, 建议总循环时间为60分钟, 而对于导体电浆料 FK1572, FK1574和电阻浆料系统FK9900M, 建议的循环时间为30分钟。与之不同的是铜导体浆料FK3101和FK3201, 应在峰值温度950°C, 循环时间为60分钟的氮气 (残余氧含量<10ppm) 条件下进行烧结。

玻璃浆料: 印刷层应在连续式干燥器中, 以峰值温度650°C, 保持在空气中进行至少两分钟的烧结。建议总循环时间为26分钟 (请参阅第3页的烧结曲线)。

存储

浆料可在4至18°C之间自由选择温度储存。温度越低, 长期稳定性越好。储存期间, 罐体必须处于密封状态。为避免浆料湿气凝结, 罐内浆料未达到室温之前不应开启罐体。使用浆料之前, 必须使用刮刀等工具将其充分搅匀。

安全提示

为了安全使用浆料, 请遵守随附的安全数据表中的规定。

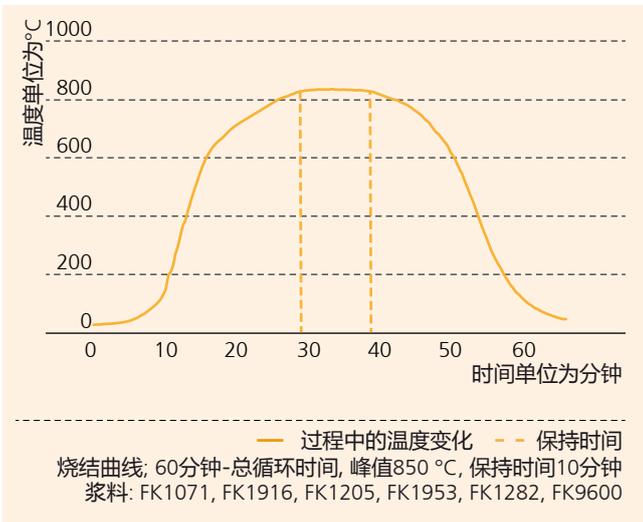
质量要求

每次交付都附有分析证书。标注日期为质量复测日期而非过期日期, 即自发运日期后六个月。IKTS 保证在此期限内未被开启的浆料符合分析证书中所标明的值。在复测日期之后, 浆料质量的检测由客户负责, 按照数据表中规定的条件执行。

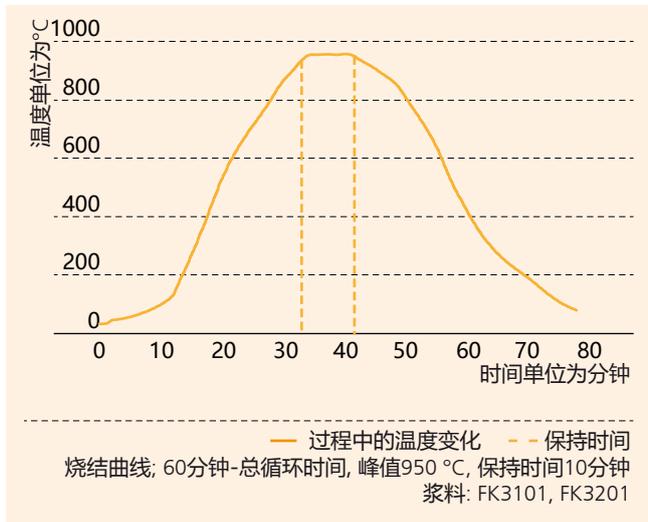


烧结曲线

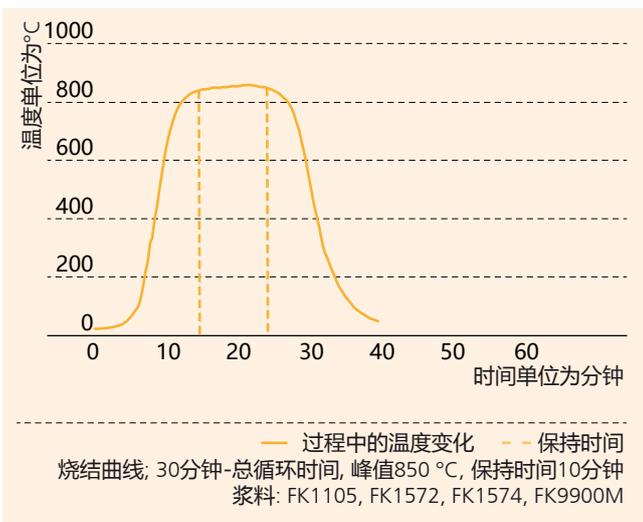
导体浆料和电阻浆料: 循环时间为60分钟, 850°C



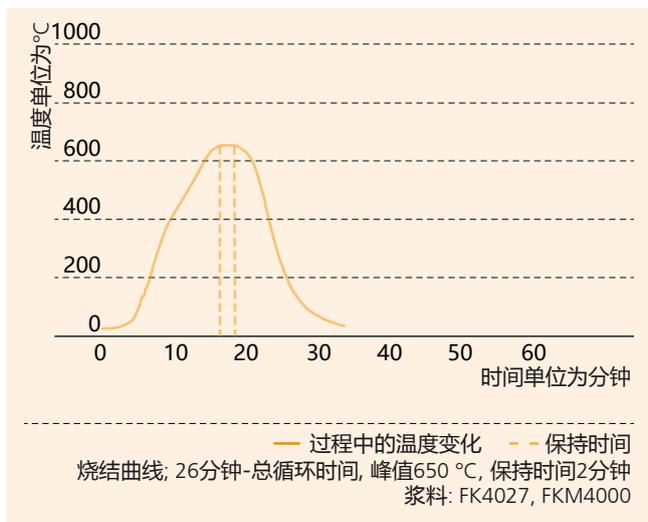
铜导体浆料: 循环时间为60分钟, 950°C



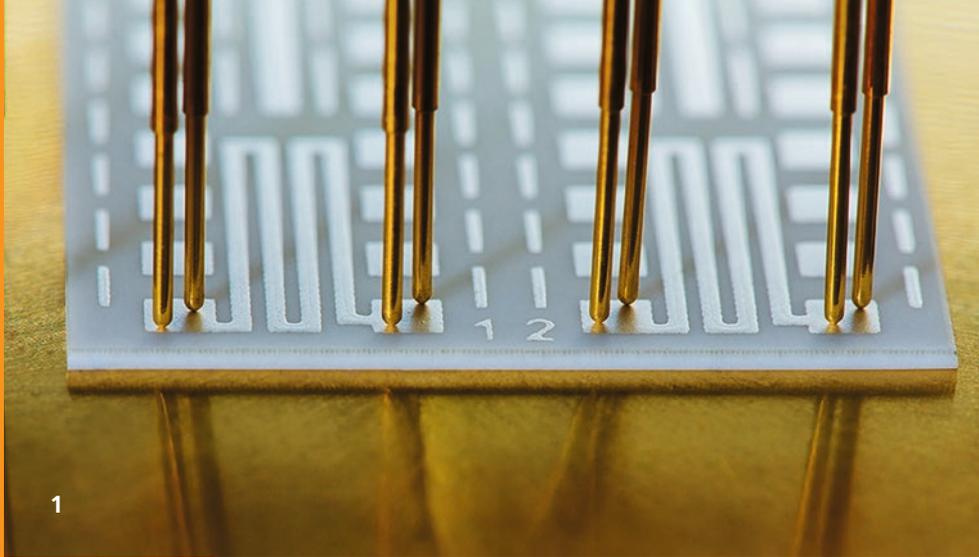
导体浆料和电阻浆料: 循环时间为30分钟, 850°C



玻璃浆料: 循环时间为26分钟, 650°C



- 1 辗压后的厚膜浆料。
- 2 辗压后读取磨碎细度。



1

导体浆料

各种导体浆料可用于电阻器的导通电极和用于AlN基板上电路的形成。它们具有不同的性质，例如导电性，焊料润湿性，抗焊料侵蚀性和附着力。因此可根据使用目的和所需性能要求选择与之搭配的浆料。

FK1071

采用铂银导体浆料FK1071生产的涂层具有电阻低和良好的可焊性。它可用于生产具有低电阻的AlN厚膜电路。

FK1205

FK1205是一种3:1银钯导体浆料，其烧成层具有卓越的抗焊料侵蚀性和可焊性。FK1205可作为导通电极浆料用于浆料系统FK9600和FK9900M中。

FK1282

银铂导体浆料FK1282的烧成层具有出色的焊料侵蚀性和可焊性。

FK1572

使用银导体浆料FK1572，可以低成本地生产方阻小于3.5 mOhm/sq的涂层。

FK1574

银铂钯导体浆料FK1574的烧成层具有出色的抗焊料侵蚀性和可焊性，尤其相对于无铅焊料。

FK1916

FK1916是一种比例为6:1的银钯导体浆料，用其可以生产具有高焊料润湿性，高抗焊料侵蚀性和高附着力的涂层。该浆料可作为导通电极浆料用于浆料系统FK9600和FK9900M。

FK1953

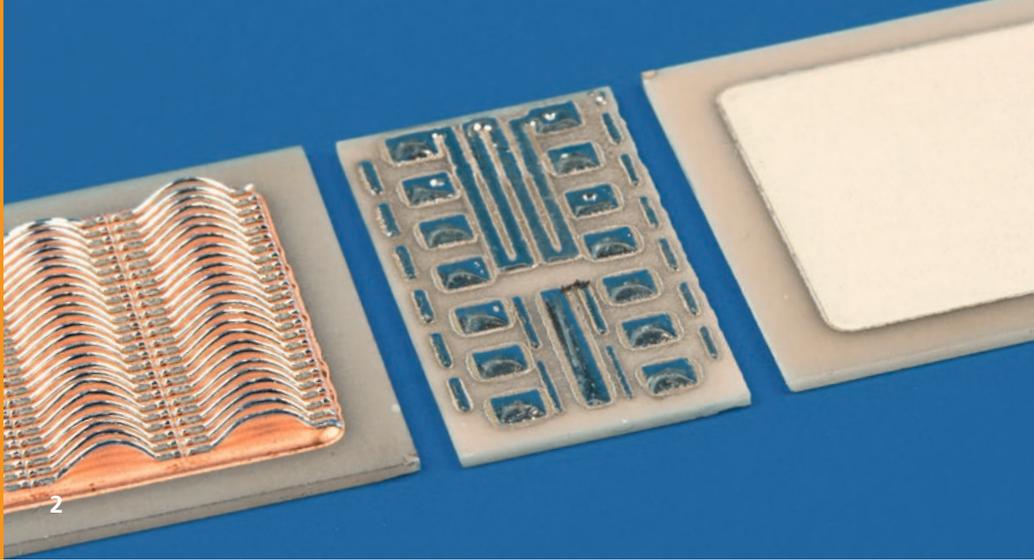
FK1953是一种3:1银钯导体浆料，其烧成层具有出色的抗焊料侵蚀性和可焊性。该浆料是符合RoHS II和REACH标准的FK1220后续产品，适合作为导通电极浆料用于电阻浆料系统FK9600和FK9900M。

FK3101

铜浆料FK3101可在Al₂O₃和预氧化AlN基板以及非预氧化的AlN陶瓷上，借助已涂镀并金属化的FK3201涂层，实现高达300μm的膜层。

FK3201

铜浆料FK3201适用于涂镀Al₂O₃和非预氧化AlN陶瓷。

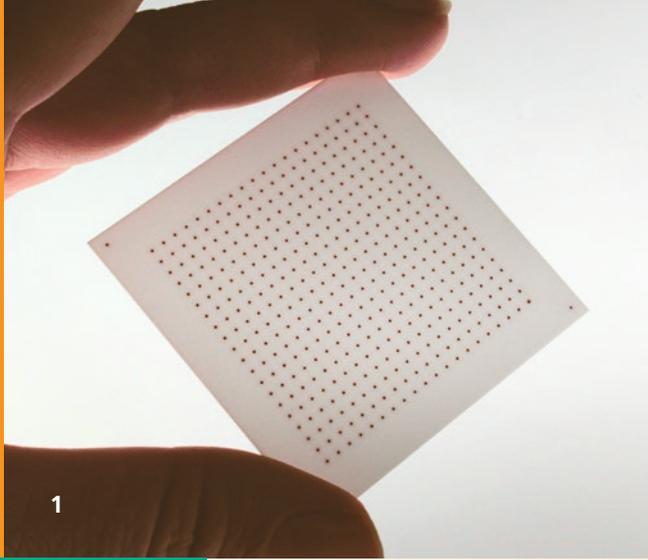


技术规格

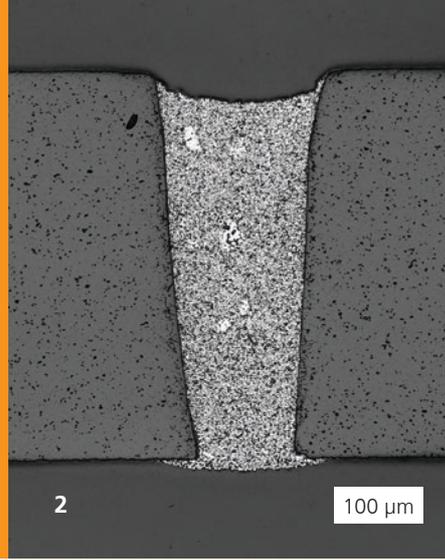
参数	单位	FK1572	FK1071	FK1916	FK1205	FK1953	FK1282	FK1574	FK3101	FK3201
材料	--	银	银铂	银钯	银钯	银钯	银铂	银铂钯	铜	铜
合金比例	--	--	97:3	6:1	3:1	3:1	3:1	13:3:1	--	--
粘度	Pa·s	140...220	320...450	180...350	180...350	150...350	180...350	180...350	待定	待定
方阻	mOhm/Sq	≤3,5	≤ 6	≤ 15	≤ 25	≤ 25	≤ 35	≤ 60	待定	待定
焊料润湿性	%	--	≥ 95	≥ 95	≥ 98	≥ 90	≥ 95	≥ 90	≥ 90	≥ 90
抗焊料侵蚀性	浸入次数/结果	--	≥ 3	≥ 3	≥ 3	≥ 3	优秀	优秀	待定	待定
附着力 (烧结次数)										
- 初始 (1x)	N/4mm ²	--	≥ 16	≥ 28	≥ 28	≥ 30	≥ 30	≥ 28	待定	待定
- 老化后 (1x)		--	≥ 16	≥ 18	≥ 18	≥ 22	≥ 22	≥ 22	待定	待定
- 初始 (3x)		--	--	≥ 22	≥ 22	≥ 30	≥ 20	≥ 27	--	--
- 老化后 (3x)		--	--	≥ 16	≥ 16	≥ 21	≥ 18	≥ 19	--	--
烧成厚度	μm	15±1	15±1	15±1	15±1	15±1	15±1	15±1	90±1	15±1
覆盖度	cm ² /g	65±5	61±5	70±5	71±5	63±5	58±5	58±5	15±5	47±5

可实现的涂层参数取决于加工过程中的工艺条件 (烧结曲线, 焊接材料, 焊接条件等等), 这些条件在相应的浆料规格表中已详细描述, 请务必遵守。不同的工艺条件可能会导致参数变化。

- 1 基板电路的电阻测量。
- 2 在AlN陶瓷上涂镀银和铜金属, 可焊接也可粘合。



1



2

100 μm

填充浆料

通孔填充浆料是针对AlN和Al₂O₃基板的应用而开发。

FK1105

银铂通孔填充浆料FK1105专用于 CoorsTek 公司 (前身为 ANCerem) 的AlN基板 »AN180« 和 CeramTec 公司的Al₂O₃基板 »Rubalit 708S«。使用其它表面质量的基板或来自其他制造商的基板可能导致不同的结果。为了尽可能完全填充通孔, 该浆料具有非常低的烧结收缩率。埋入多层陶瓷内部的以及外部的金属线路通过导电填料连接起来。

模板印刷: 该浆料可用于氮化铝和氧化铝中通孔的金属化涂镀。为了实现尽可能的完整填充, 应根据基板厚度使用与其搭配的不锈钢模板。Fraunhofer IKTS 建议选择模板的开孔大小大约比陶瓷中的通孔直径大1%到5%。

烧结: 印刷层应在空气气氛下的连续式干燥器中在850°C保持10分钟的烧结。建议总循环时间为30分钟。为了实现气密填充, 后续工序中必须涂上FK4800系列的一种特殊渗透玻璃浆料并进行烧结。

所有其它规格与一般工艺条件相符。

技术规格

参数	单位	FK1105
材料	--	银铂
粘度 ¹	Pa·s	待定
方阻 ^{2,6}	mOhm/Sq	≤ 10
焊料润湿性 ^{3,6}	%	待定
抗焊料侵蚀性 ^{4,6}	浸入次数	待定
附着力 ⁵ (烧结次数)		
- 初始 (1x) ⁶	N/4mm ²	待定
- 老化后 (1x) ⁶		待定
烧成厚度	μm	15±1
覆盖度 ⁷	cm ² /g	63±5

¹ 配备烧杯/转子组合的 Brookfield HB SC4-14/-6RP(Y) 型粘度计, 转速 n=10rpm, 温度 T=25±0.2°C。

² 由15±1μm的烧成厚度计算方阻。

³ 焊料锡/铅/银63/35.5/1.5; 助溶剂: 阿尔法611, 焊接时间: 5秒, 焊接温度: 220±2°C。

⁴ 焊料锡/铅/银63/35.5/1.5; 助溶剂: 阿尔法611, 焊接时间: 5秒, 焊接温度: 230±2°C。

⁵ 根据DIN 41850-2进行90°线材剥离试验, 2x2mm²焊盘尺寸, 焊料锡/铅/银63/35.5/1.5, 在T=150°C人工老化时间100小时。

⁶ 烧结曲线: 总循环30分钟, 在850°C下10分钟。

⁷ 按建议的厚度用1克浆料能印刷出的计算面积。

玻璃浆料: 包封浆料和标记浆料

玻璃浆料包括包封浆料FK4027和标记浆料系统FKM4000。玻璃浆料是为AlN基板而开发。

FK4027

包封浆料FK4027作为保护层用于涂镀在电阻浆料系列FK9600和FK9900M的厚膜电阻及其导电电极上。这避免了由高湿度或轻微机械磨损等环境因素引起的电阻漂移。为了形成更厚的涂层,应按多个单独的丝网印刷步骤和烧结步骤对浆料加工处理。

技术规格

参数	单位	包封浆料			标记浆料		
		FK4027	FKM4128	FKM4889	FKM4891	FKM4893	FKM4939
颜色	--	绿色	蓝色	绿色	白色	黑色	深红
粘度 ¹	Pa·s	20...50			待定		
层表面 ²	--	光滑, 釉面			光滑, 亚光		
电阻漂移 ^{2, 3}	%	< 5			--		
烧成厚度	µm	12±2			12±2		
覆盖度 ⁴	cm ² /g	120±5			120±5		

¹ 配备烧杯/转子组合的 Brookfield HB SC4-21/-13RP(Y) 型粘度计, 转速n=10rpm, 温度T=25±0.2°C。

² 烧结曲线: 总循环26分钟, 在650°C下烧结2分钟。

³ 电阻漂移, 由FK4027印刷层烧结之前和之后的电阻值计算所得, 几何外形2x1mm², 方阻50-100欧姆/sq。

⁴ 按建议的厚度用1克浆料能印刷出的计算面积。

FKM4000

FKM4000标记浆料系列用于在AlN基板上施加标记, 标签和标识。FKM4000浆料不应印刷在导体或电阻等电气功能层上, 因为这可能会改变其性能。

- 1 透光下通孔被100%填满的通孔演示品。
- 2 通孔被100%填满的通孔演示品在扫描电镜中的横截面。
- 3 烧结前在具有弯曲表面玻璃上的贴花图。



电阻浆料

电阻浆料系统FK9600, FK9900M-100和FK9900M-200是为AlN基板而开发。可用于在AlN上为电力电子器件生产高精度厚膜电阻。

FK9600

基于RuO₂的FK9600电阻浆料系统的方阻介于6和6000欧姆/sq之间, 可与导通电极浆料FK1205, FK1916和FK1953以及包封浆料FK4027兼容。其它导体浆料也可用作导通电极浆料, 但可能导致方阻或温度系数产生偏差。下表中所列的浆料系统FK9600中的浆料可以根据需要相互任意混合。但不建议与FK9900M系列电阻浆料进行混合。

技术规格

参数	单位	FK9606	FK9611	FK9615	FK9621	FK9631	FK9632	FK9636
粘度 ¹	Pa·s	220±30	220±30	220±30	220±30	220±30	220±30	220±30
方阻 ^{2,3}	Ohm/Sq	6	10	50	100	1000	2000	6000
发货规范, 方阻偏差	%	±10	±10	±10	±10	±10	±10	±10
热电阻温度系数 ^{2,4}	ppm/K	0±200	0±100	0±100	0±100	0±100	0±200	0±300
冷电阻温度系数 ^{2,4}	ppm/K	0±200	0±100	0±100	0±100	0±100	0±300	0±300
干燥后的厚度	μm	22±2	22±2	22±2	22±2	22±2	22±2	22±2
覆盖度 ⁵	cm ² /g	105±5	105±5	105±5	110±5	110±5	110±5	110±5

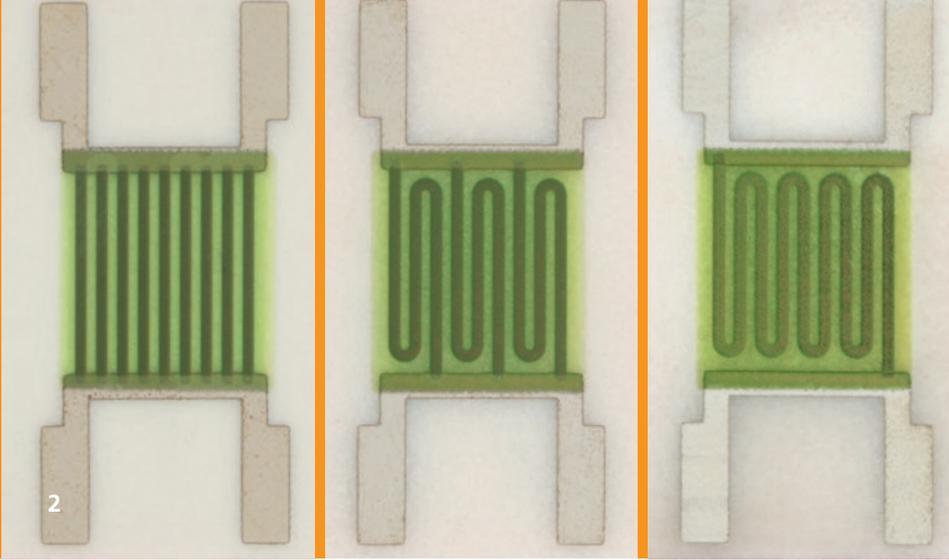
¹ 配备烧杯/转子组合的 Brookfield HB SC4-14/-6RP(Y) 型粘度计, 转速n=10rpm, 温度T=25±0.2°C。

² 烧结曲线: 总循环60分钟, 在850°C下10分钟。

³ 计算几何外形为2x1mm²且干燥后厚度为22±2μm的电阻。

⁴ 热电阻温度系数测量值在25°C和150°C之间, 冷电阻温度系数测量值在-55°C和25°C之间。

⁵ 按建议的厚度用1克浆料能印刷出的计算面积。



FK9900M-100 和 FK9900M-200

基于银钯电阻浆料系统FK9900M-100和FK9900M-200的电阻温度系数 (TCR) 小于100ppm/K以及小于200ppm/K, 可与导通电极浆料FK1205, FK1916和FK1953以及封装浆料FK4027兼容。其它导电浆料也可用作导通电极浆料, 但可能导致方阻或温度系数产生偏差。下面列出的浆料可以相互混合。将这些浆料与FK9600系列的浆料组合使用, 无需额外的附着层。为此, 只需要在印刷下一层之前对前浆料层进行烧结。不建议将FK9900M与基于RuO₂的FK9600浆料系列中的浆料混合。

技术规格

参数	单位	FK9900M-100			FK9900M-200		
		FK9921M	FK9931M	FK9941M	FK9921M	FK9931M	FK9941M
粘度 ¹	Pa·s	待定	待定	待定	待定	待定	待定
方阻 ^{2, 3}	mOhm/Sq	100	1000	10 000	100	1000	10 000
发货规范, 方阻偏差	%	±20	±20	±20	±20	±20	±20
热电阻温度系数 ^{2, 4}	ppm/K	0±100	0±100	0±100	0±200	0±200	0±200
冷电阻温度系数 ^{2, 4}	ppm/K	0±100	0±100	0±100	0±200	0±200	0±200
干燥后的厚度	µm	21±2	21±2	21±2	21±2	21±2	21±2
覆盖度 ⁵	cm ² /g	80±5	95±5	100±5	80±5	95±5	100±5

¹ 配备烧杯/转子组合的 Brookfield HB SC4-14/-6RP(Y) 型粘度计, 转速n=10rpm, 温度T=25±0.2°C。

² 烧结曲线: 总循环30分钟, 在850°C下10分钟。

³ 计算几何外形为100x0.5mm²且干燥后的厚度为21±2µm的电阻。

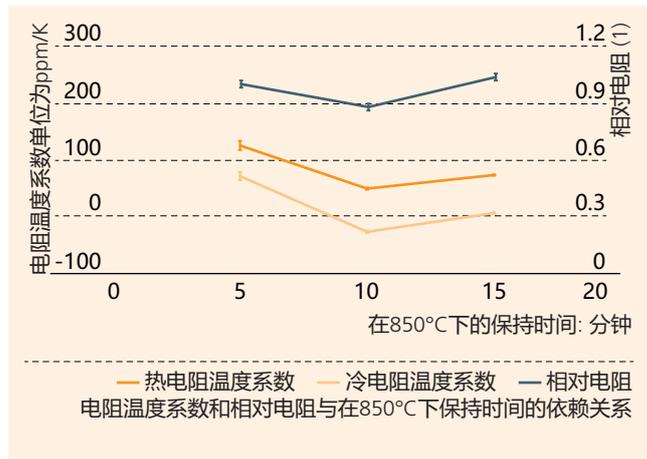
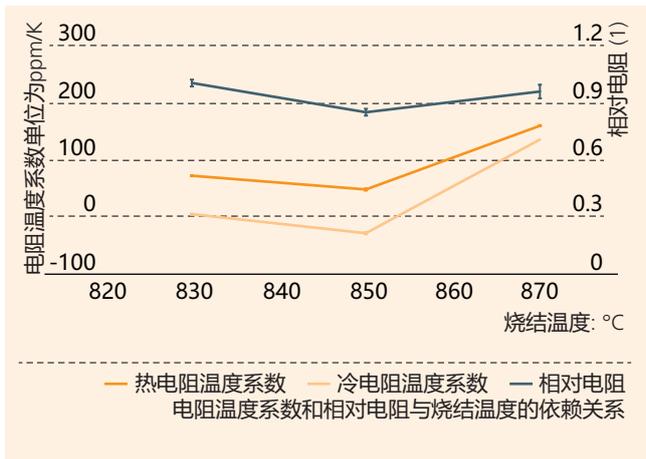
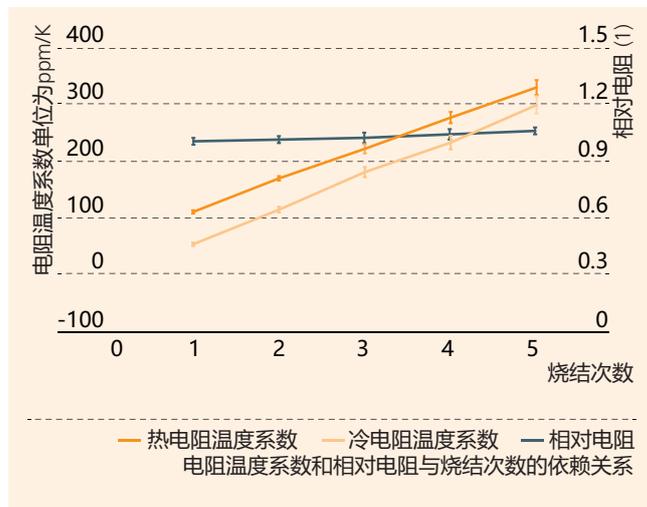
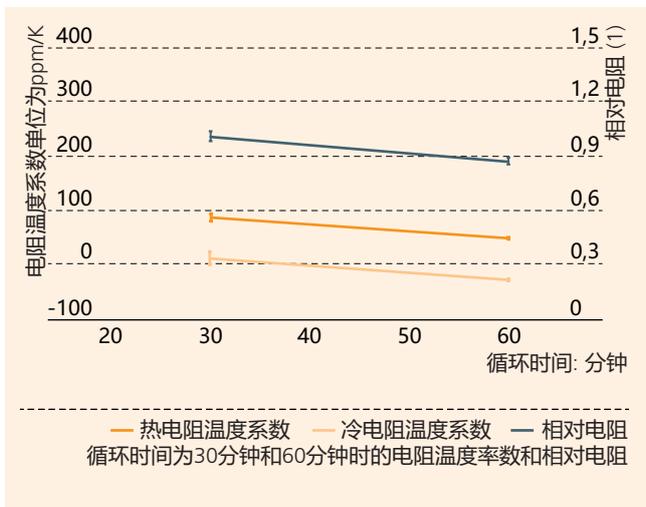
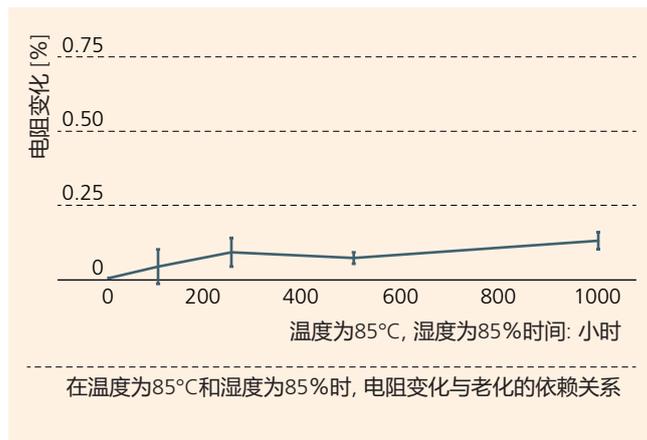
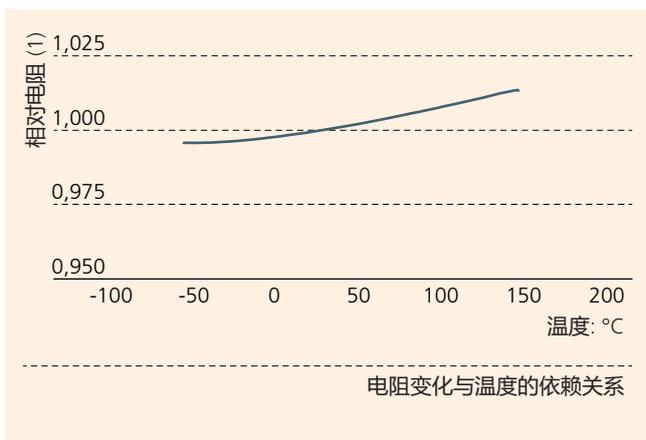
⁴ 热电阻温度系数测量值在25°C和150°C之间, 冷电阻温度系数测量值在-55°C和25°C之间。

⁵ 按建议的厚度用1克浆料能印刷出的计算面积。

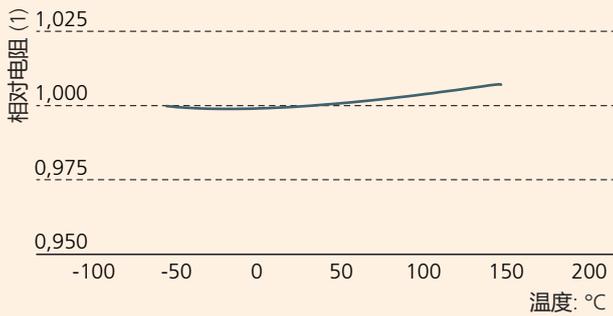
- 1 一种电阻浆料的R(T) 测量。
- 2 覆有银钯电阻的不同的电阻箱, 用以进行层特性表征的比较。

工艺参数对层特性的影响

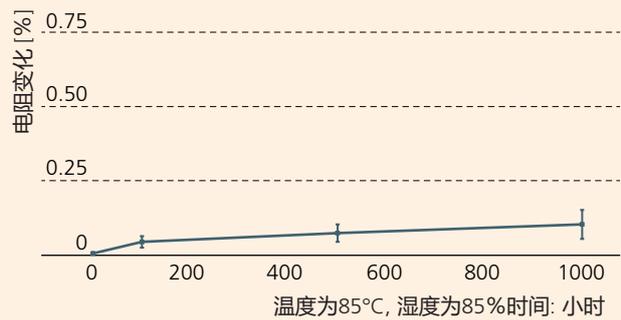
FK9611



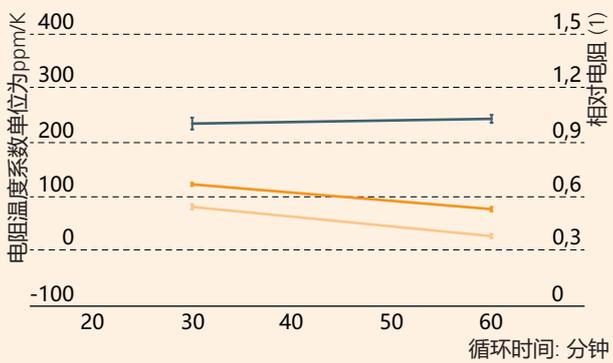
FK9615



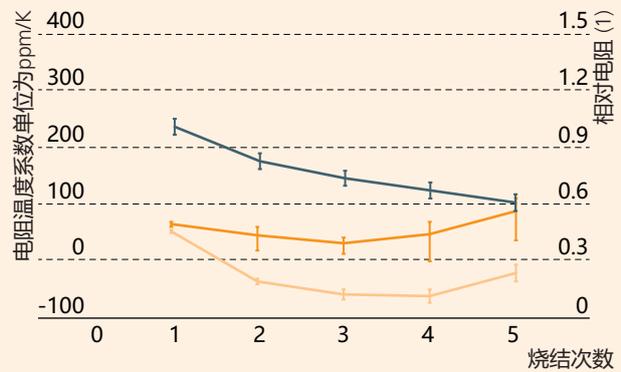
电阻变化与温度的依赖关系



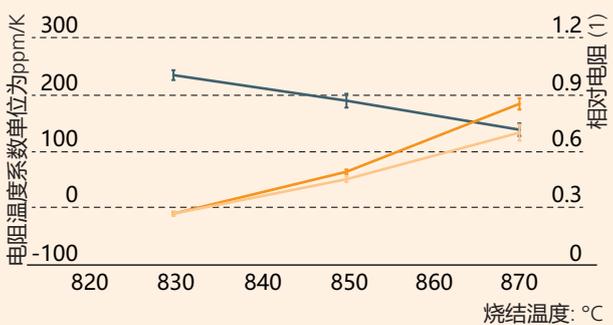
在温度为85°C和湿度为85%时, 电阻变化与老化的依赖关系



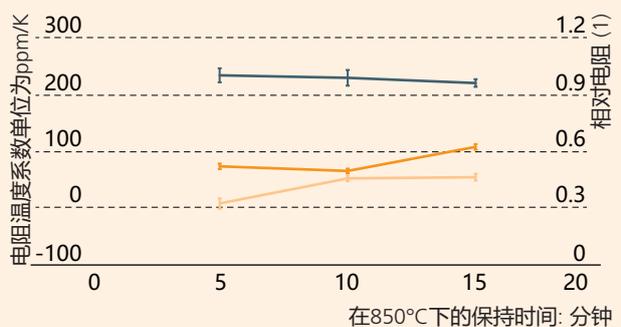
热电阻温度系数 冷电阻温度系数 相对电阻
循环时间为30分钟和60分钟时的电阻温度率数和相对电阻



热电阻温度系数 冷电阻温度系数 相对电阻
电阻温度系数和相对电阻与烧结次数的依赖关系

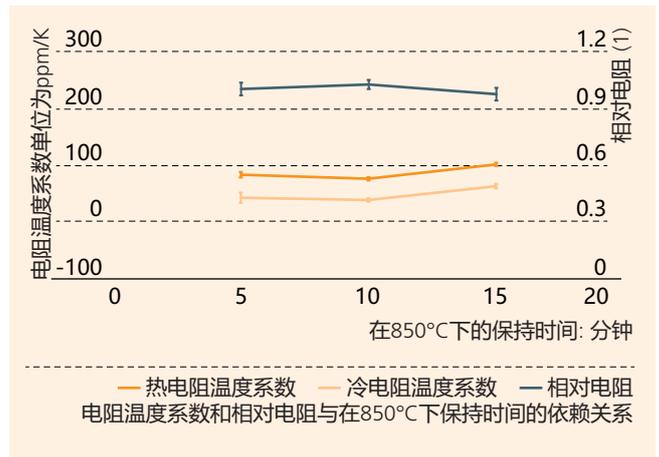
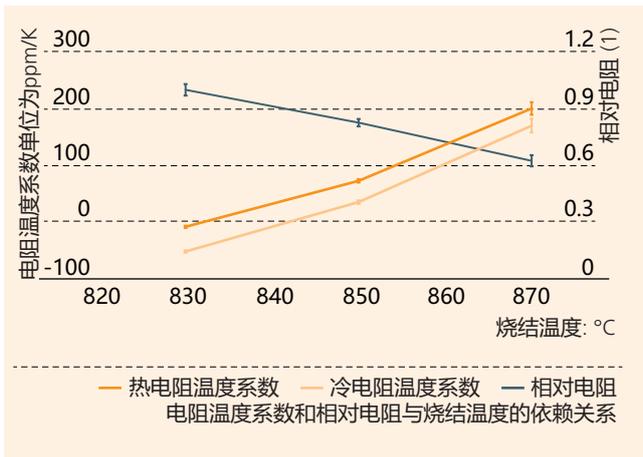
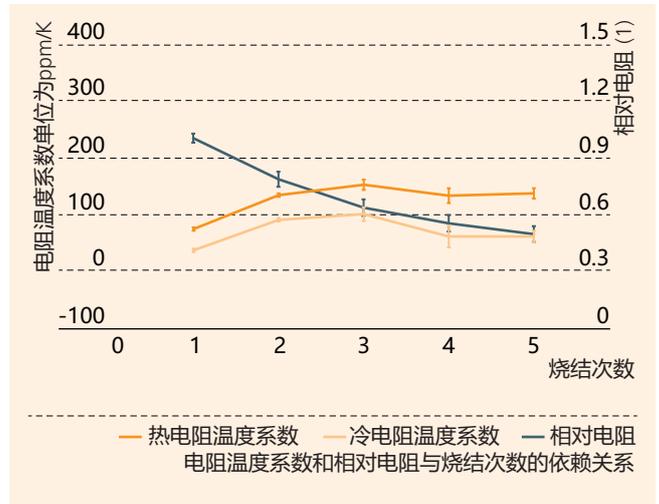
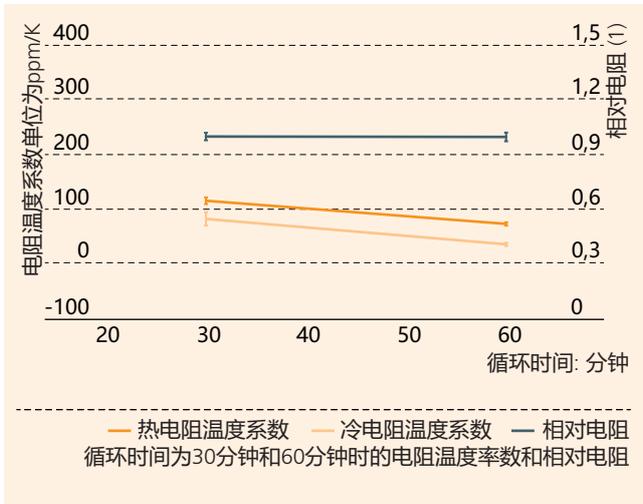
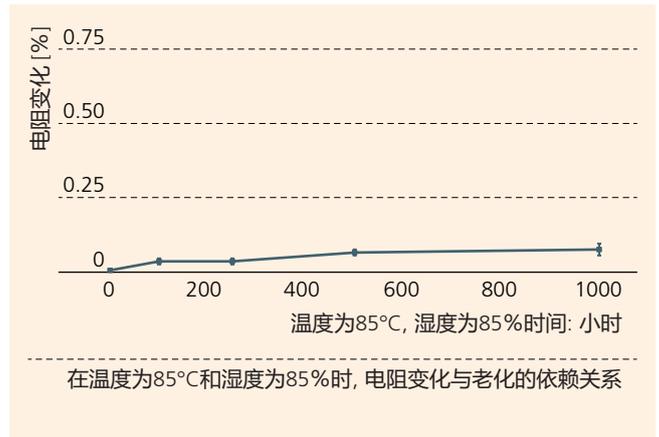
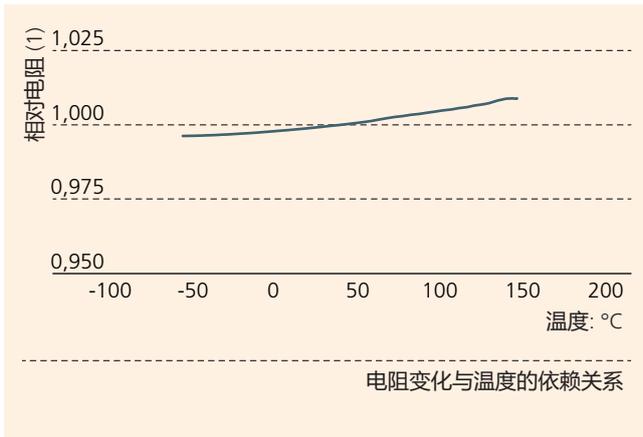


热电阻温度系数 冷电阻温度系数 相对电阻
电阻温度系数和相对电阻与烧结温度的依赖关系

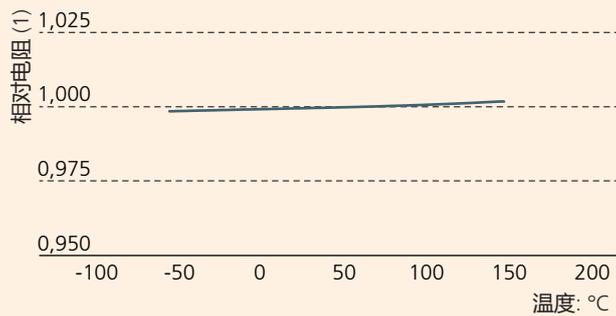


热电阻温度系数 冷电阻温度系数 相对电阻
电阻温度系数和相对电阻与在850°C下保持时间的依赖关系

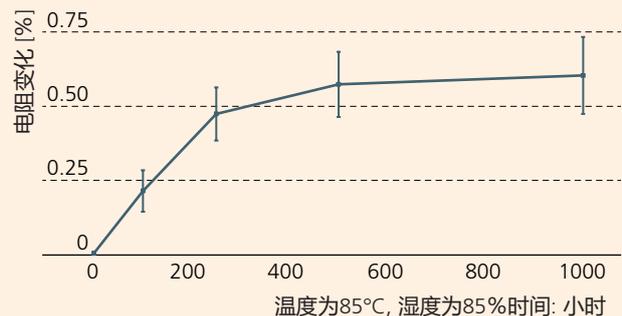
FK9621



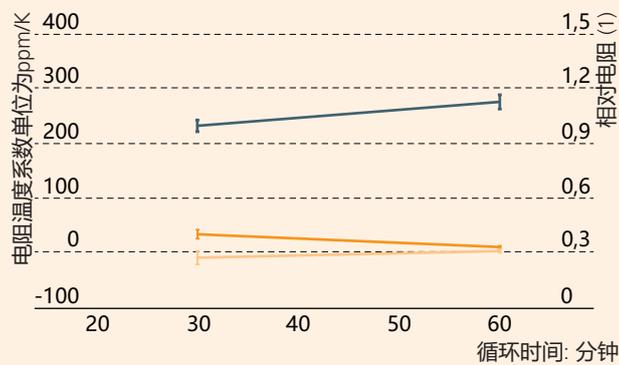
FK9631



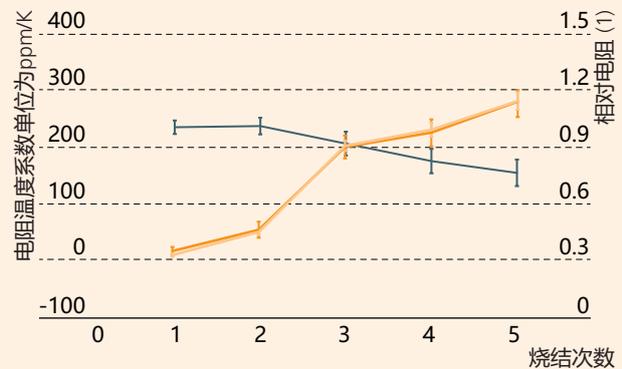
电阻变化与温度的依赖关系



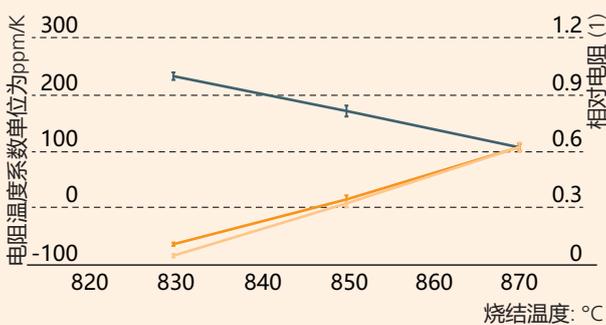
在温度为85°C和湿度为85%时, 电阻变化与老化的依赖关系



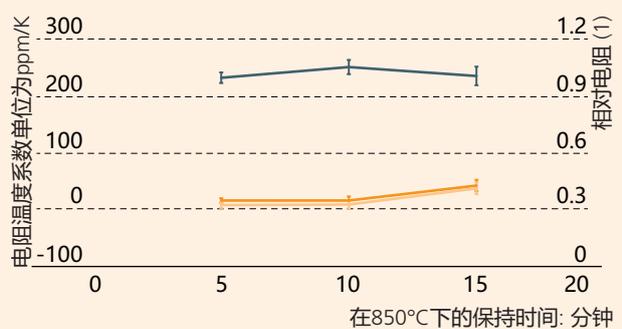
热电阻温度系数 冷电阻温度系数 相对电阻
循环时间为30分钟和60分钟时的电阻温度系数和相对电阻



热电阻温度系数 冷电阻温度系数 相对电阻
电阻温度系数和相对电阻与烧结次数的依赖关系

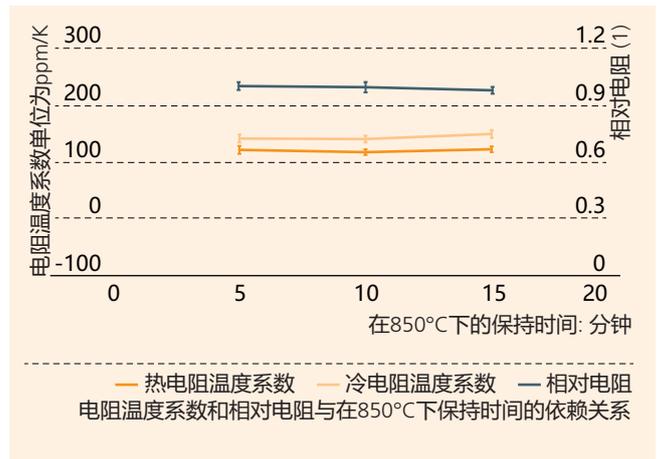
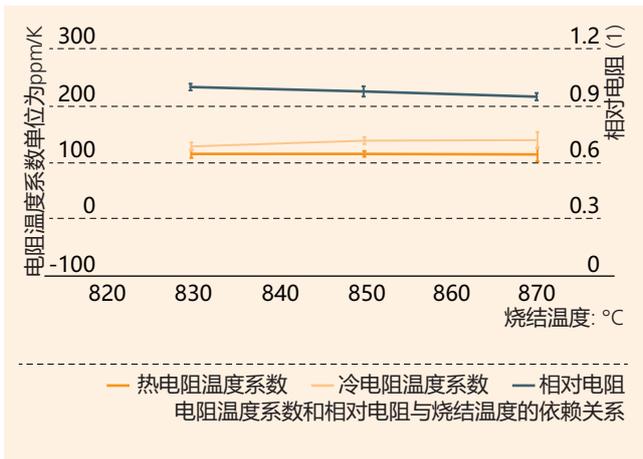
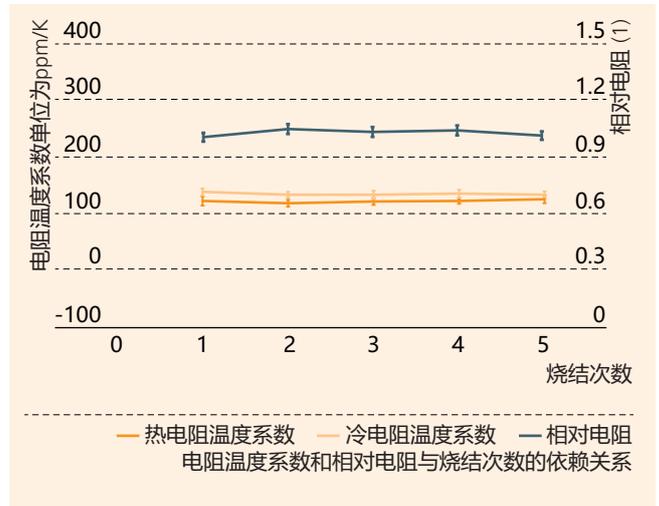
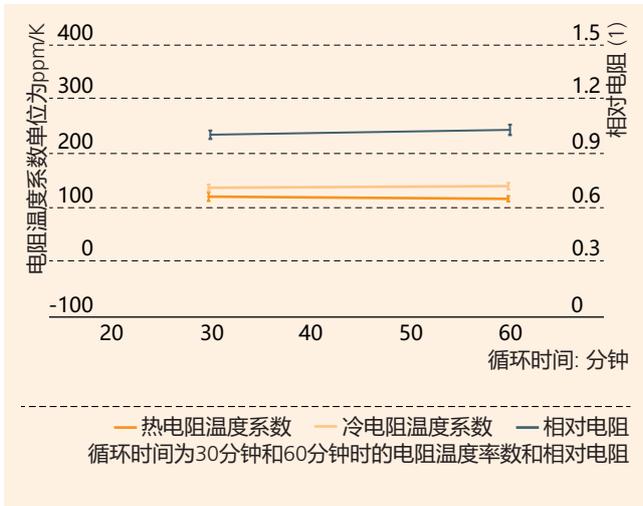
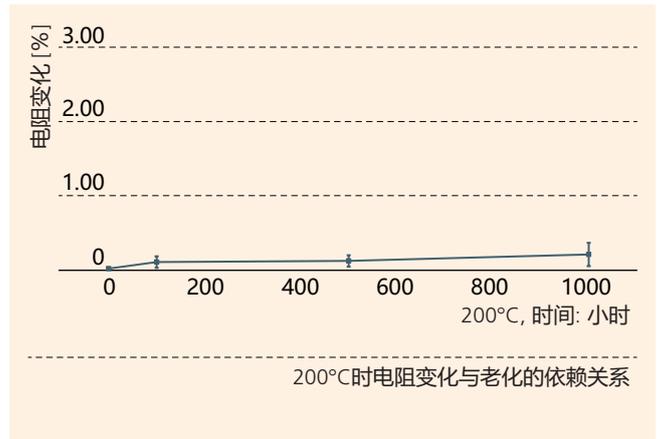
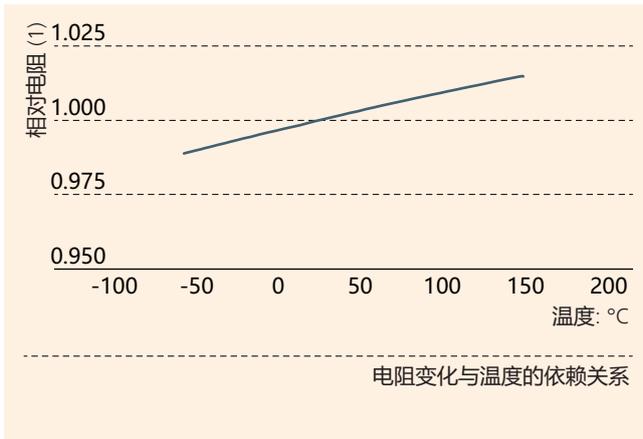


热电阻温度系数 冷电阻温度系数 相对电阻
电阻温度系数和相对电阻与烧结温度的依赖关系



热电阻温度系数 冷电阻温度系数 相对电阻
电阻温度系数和相对电阻与在850°C下保持时间的依赖关系

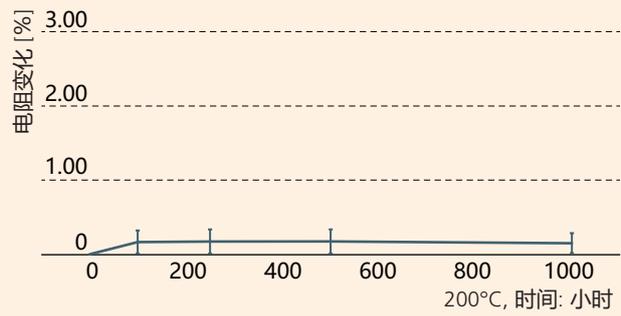
FK9921M



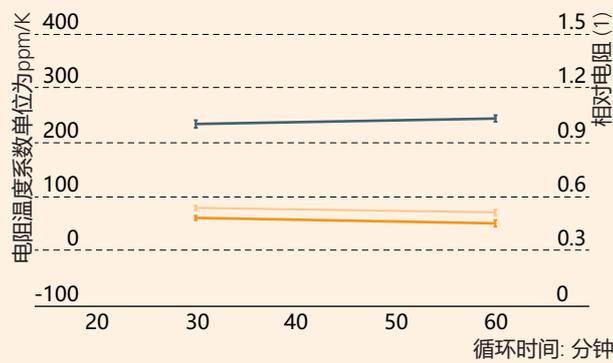
FK9931M



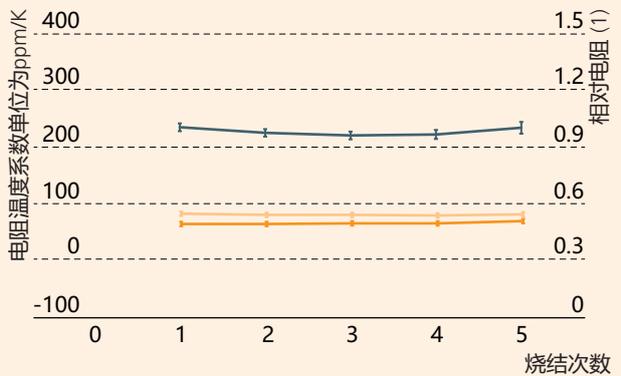
电阻变化与温度的依赖关系



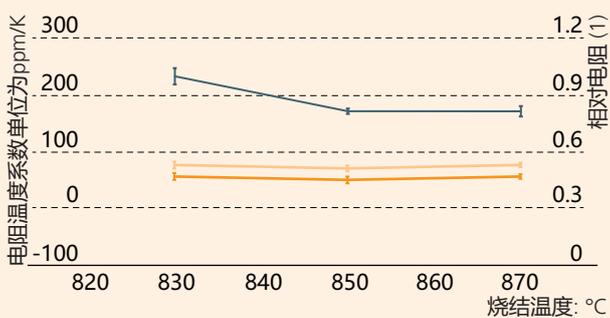
200°C时电阻变化与老化的依赖关系



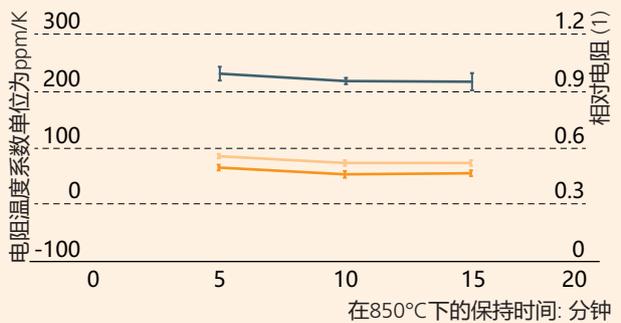
热电阻温度系数 冷电阻温度系数 相对电阻
循环时间为30分钟和60分钟时的电阻温度率数和相对电阻



热电阻温度系数 冷电阻温度系数 相对电阻
电阻温度系数和相对电阻与烧结次数的依赖关系

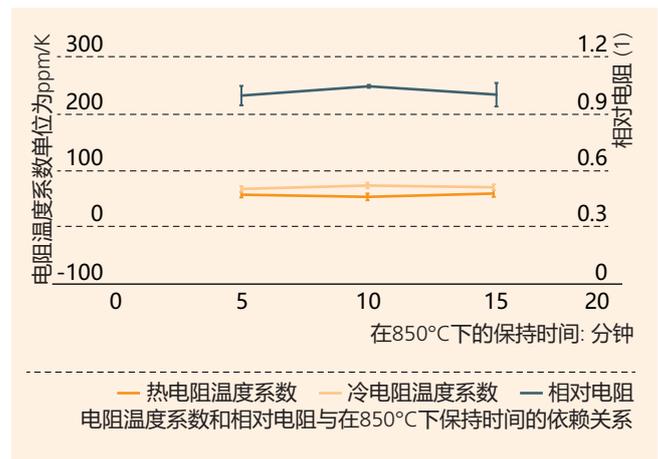
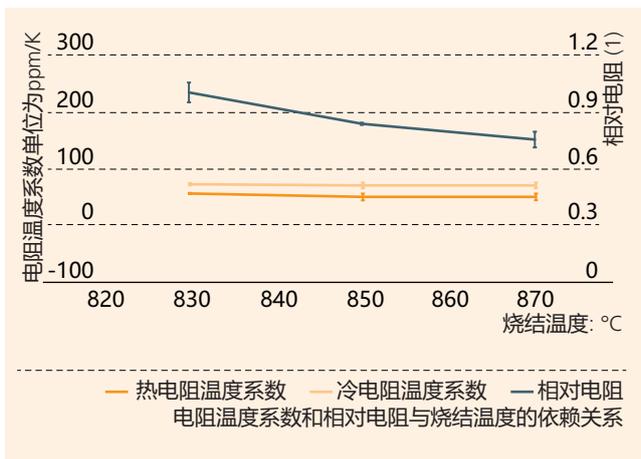
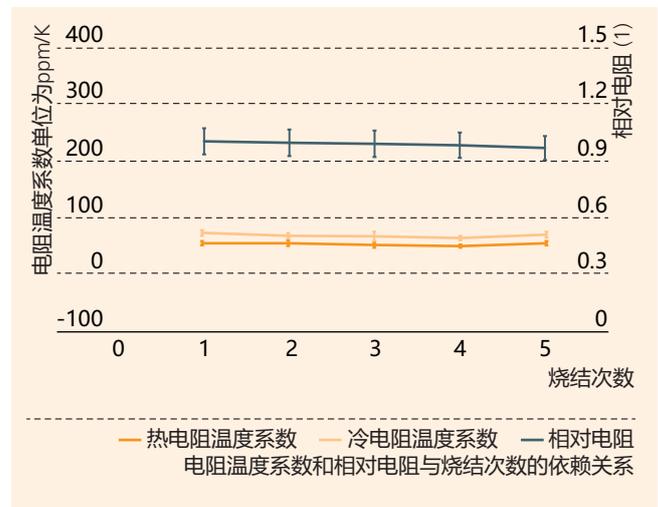
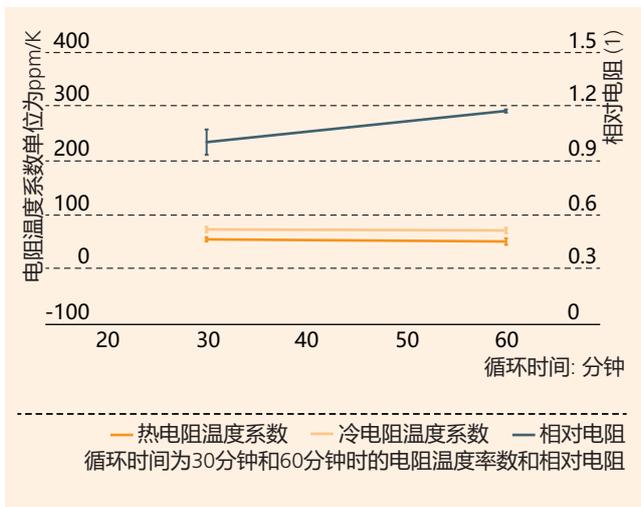
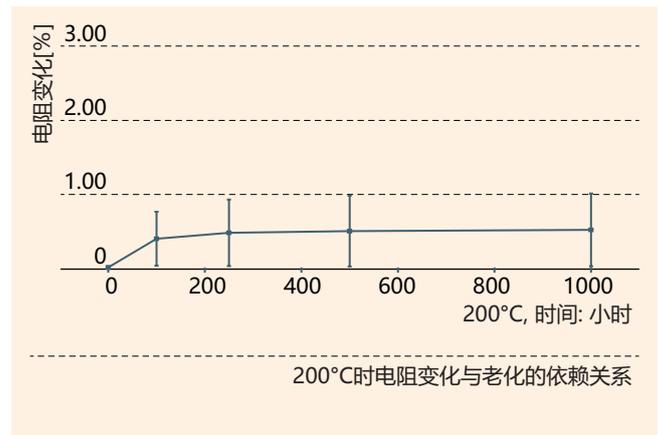
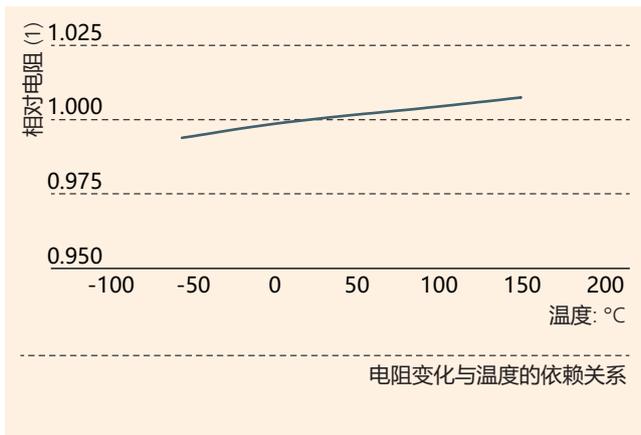


热电阻温度系数 冷电阻温度系数 相对电阻
电阻温度系数和相对电阻与烧结温度的依赖关系



热电阻温度系数 冷电阻温度系数 相对电阻
电阻温度系数和相对电阻与在850°C下保持时间的依赖关系

FK9941M





2

稀释剂

FK0xx0系列稀释剂与相应的浆料类型及其有机印刷介质相匹配。下表列出了与导体浆料，通孔填充浆料，标记浆料，包封浆料和电阻浆料兼容的稀释剂。

技术规格

浆料	稀释剂		
	FK0110	FK0120	FK0200
导体浆料			
FK1071		x	
FK1205		x	
FK1282		x	
FK1572	x		
FK1574	x		
FK1916		x	
FK1953		x	
FK3101		x	
FK3201		x	
通孔填充浆料			
FK1105	x		
包封浆料			
FK4027	x		
标记浆料			
FKM4000	x		
电阻浆料			
FK9600	x		
FK9900M			x

1 粉末为厚膜中的活性相。

FRAUNHOFER IKTS 简介

弗劳恩霍夫陶瓷技术与系统研究所IKTS从事于以应用为导向的高性能陶瓷研究,由位于德累斯顿(萨克森州)和赫尔姆斯多夫(图林根州)的三个研究分所组成,是欧洲最大的陶瓷研究所。

作为研究和技术服务提供商, Fraunhofer IKTS 开发先进的陶瓷高性能材料,与工业相关的制造工艺以及原型组件和到中试规模的完整生产线系统。此外,研究组合中还包括材料诊断和材料测试。声学,电磁学,光学和显微镜领域的测试方法为产品和系统的质量保证做出了重要贡献。

为了使陶瓷技术和组件以及无损测试方法在新行业,新产品理念和超越传统应用领域市场得以展示和取得资格, Fraunhofer IKTS 从事九个以市场为新导向的业务领域。这其中包括陶瓷材料与工艺,机械工程与车辆技术,电子与微系统,能源,环保与工艺工程,生物与医疗技术,无损检测与监控,水技术以及材料与工艺分析。



www.ikts.fraunhofer.de/en/tfc

联系方式

弗劳恩霍夫陶瓷技术和系统
研究所 IKTS

Winterbergstraße 28
01277 Dresden

Richard Schmidt
电话: +49 351 2553-7916
service-tfc-dd@
ikts.fraunhofer.de

Uwe Partsch 工学博士
电话: +49 351 2553-7696
service-tfc-dd@
ikts.fraunhofer.de