

◆販売協力店

巴工業株式会社 機能材料部
〒141-0001 東京都品川区北品川5-5-15 大崎ブライトコア
TEL: (03) 3442-5142 / FAX: (03) 3442-5175

◆国内総代理店
(輸入元)

NTKインターナショナル株式会社 名古屋支店
〒450-0003 名古屋市中村区名駅南3-7-15 NTKビル

◆製造元
(Made in USA)

Starfire Systems, Inc.
8 Sarnowski Drive, Glenville, New York 12302

Company Overview

◆ 会社概要

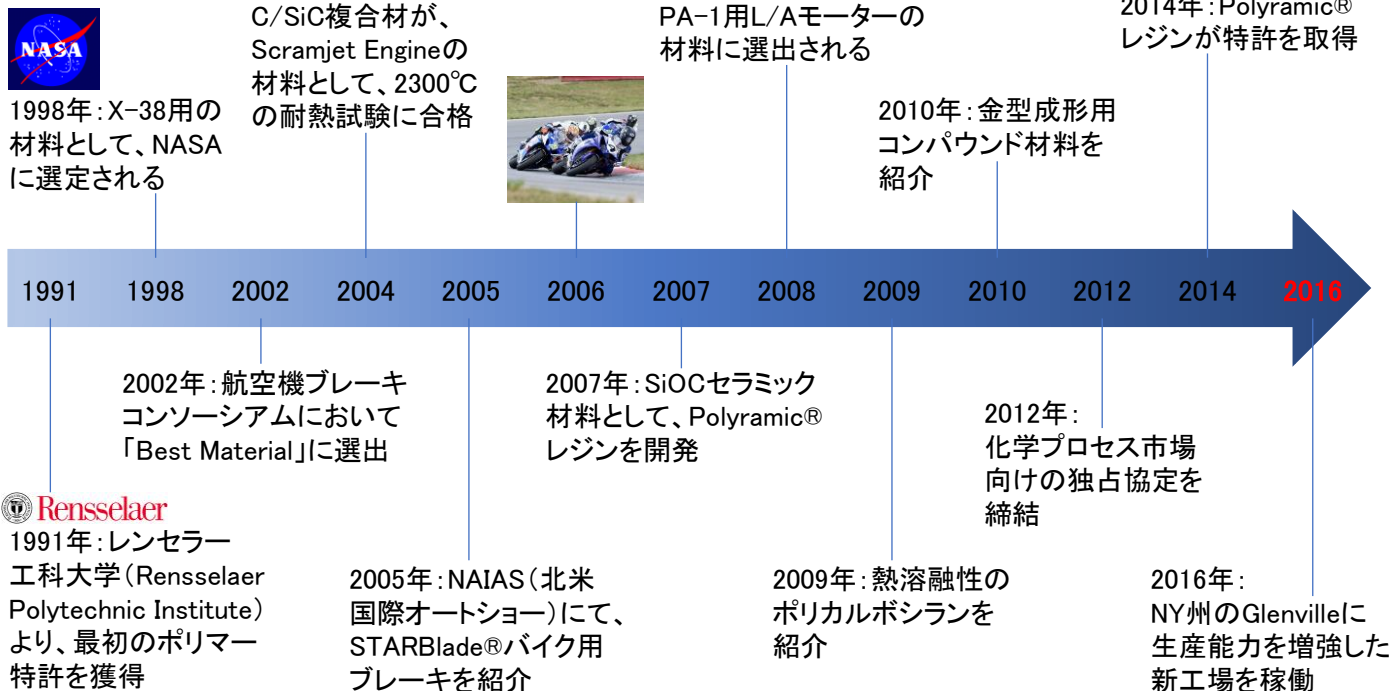
Starfire Systems社は、米国ニューヨーク州Glenvilleに立地する、ポリマー由来セラミックスと「Polymer-to-Ceramic™」技術に特化した特殊素材メーカーです。



Starfire Systems社は、高分子マトリックス複合材 (PMC) や、セラミックス基複合材 (CMC) の成形に適した、シリコンベースのプレセラミックポリマーおよびゾル・ゲル由来の酸化物成形材料の合成を基幹事業としています。

Starfire Systems社の素材は、耐久性と軽量性、高耐熱性が必要とされる用途に広くお使いいただけます。また、Starfire Systems社は、半導体向けのCVD前駆体や薬剤合成のための高純度中間物といった、さまざまな特殊シラン化合物を開発しています。

◆ 沿革



◆ Starfire製品の応用分野 (エレクトロニクス・半導体分野を中心とした事例)

市場	用途	Starfire製品の利点
エレクトロニクス	<ul style="list-style-type: none"> ■ プリント基板 ■ ラミネート ■ LED 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 耐熱・耐火性 ■ 設計・サイズの柔軟性 ■ 誘電性の改善
半導体	<ul style="list-style-type: none"> ■ CVD前駆体 ■ スピンコート材料 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 低誘電率 (Low k) コーティング ■ SiC または SiOCコーティング
摺動材	<ul style="list-style-type: none"> ■ ブレーキ・システム (自転車、バイク、自動車、電車 etc.) ■ クラッチ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 耐熱性、耐食性 ■ 強度と靱性の組合せ
一般産業	<ul style="list-style-type: none"> ■ エンジンブロック、排気フィルター ■ 高圧ポンプシステム、保護用遮蔽材 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 耐熱性 ■ 耐食性

◆ SiC前駆体ポリマー(ポリカルボシラン) / StarPCS™

- 200~400°Cの硬化処理により高強度のグリーン体を形成し、850°C以上の高温焼成でナノスケールの結晶粒度を持ったSiC(熱分解生成SiC)を形成
- 焼成後マトリックスの耐熱上限は2200°C ※成形条件や使用環境により異なります。

代表製品 : SMP-10 / AHPCS (AllylHydridoPolyCarboSilane)

>> 主な特長 <<

- 溶剤を含まない一液性ポリマー(琥珀透明~暗褐色の液体)
- 粘度は室温で40~100 cP
- 焼成時の収率は72~78 wt%(1000°Cまで)
- Cl原子を含まないため、腐食性のある副生成物を発生しない
※熱分解の過程で、主に水素(H₂)とメタン(CH₄)が発生します。
- **ほぼ化学量論比のSiCマトリックス(Si:C=1:1)を形成**
- 熱処理の温度に依存して結晶構造と密度が変化
☞ 850°C(Amorphous SiC) → 1400~1600°C(β-SiC) → 1800~2000°C(α-SiC)



>> 主な用途 <<

- ポリマー含浸焼成(PIP)法による繊維強化セラミックス基複合材(CMC)の製作
- **SiC微粒子を充填してスラリー状にすることで、コーティング剤、接着剤に応用することも可能**

接着剤グレード : AD-478 / High Temperature Polycarbosilane Adhesive

>> 主な特長 <<

- SMP-10にフィラー(SiC微粒子)を充填したスラリー製品
- フィラー充填率は30 vol%未満
- 粘度は400~500 cP程度
- 850~1100°Cの高温焼成により、高密度なSiCを形成



>> 主な用途 <<

- **カーボン/黒鉛、セラミックス※の接着**

※基材の状態(気孔率、表面処理、表面粗度、形状、熱膨張率等)によっては、接着できない場合もあります。

基材の開気孔に毛細管力によってスラリーを含浸した後、硬化・焼成することでアンカー効果を得るイメージであり、SiCと熱膨張率が近く、セミポーラス(開気孔率5~15%)なセラミックス基材の接着に適します。

気孔のない(少ない)基材の場合、表面をブラストすることで接着できる可能性もありますが、条件出しが必要となります。

>> 一般的な接着手順 <<

- ① 基材の接着面を、トルエン、THF、ヘキサンといったオイルフリーの溶剤で洗浄します。
その後、洗剤洗浄を経て、脱イオン水で洗浄してください。
- ② 洗浄した基材を乾燥炉の中で、最低2時間、250°Cで乾燥してください。
- ③ スラリーの容器を開封し、(スムーズペースト状になるまで)十分に接着剤をかき混ぜます。
混和中、接着剤に空気が取り込まれないよう、注意してください。
- ④ スラリーを基材の各接着面に均一に塗布し、接着面を貼りあわせてから5~15分ほど保持します。
- ⑤ 接着層に気泡がないことを確認した上で、接着面を慎重に加圧します。
その際、気泡除去の補助手段として、わずかに基材をスライドまたはツイストすることも有効です。
- ⑥ 可能であれば、後工程(硬化・焼成プロセス)の間、基材をクランプまたは加圧して、
基材が接着した状態を保持してください。圧力は少なくとも0.1 MPa以上が推奨されます。

◆ SiOC前駆体ポリマー(ポリシロキサン) / Polyamic® Resin

- Si-O結合を主鎖とし、側鎖に有機官能基を持つポリマー
- 200~300°Cの硬化処理によりプラスチックライクなグリーン体を形成し、600°C以上の焼成でシリコンオキシカーバイド(SiOC)を形成する
- 焼成後マトリックスの耐熱上限は1100°C ※成形条件や使用環境により異なります。



代表製品 SPR-684 : Methylphenylvinylpolysiloxane

>> 主な特長 <<

- 分子中に有機官能基を多く含む
- 粘度は1000~8000 cP(無色透明~やや不透明の液体)
- 焼成時の収率は62~70 wt%
- 硬化後マトリックスは耐火性に優れる(難燃規格UL-94 V-0に適合)



>> 主な用途 <<

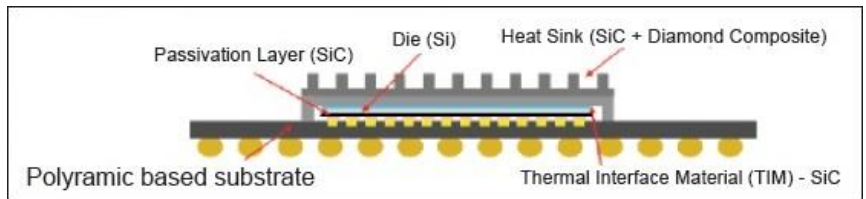
- セラミックス基複合材の一次成形(グリーン体の製作)
- 各種強化繊維(炭素繊維、ガラス繊維、アルミナ繊維)との複合化 ☞ 電子基板への応用事例あり

Polyamic® Resinの応用事例 / 電子基板 (Electronic Laminates)

Starfire Systems社は、セラミックの性能利点と有機ポリマーの使いやすさを組み合わせた電子基板用途のレジンを開発しました。「SPR-684」を用いて製造した基板は低損失、高弾性であり、熱膨張率の厳密な制御を可能とします。これらの基材は、次世代モバイル機器に求められる、最高強度のパッケージング要求を満足するよう、設計されています。

Polyamic® Resinは、異なる物理的・電気的・熱的特性を持ったさまざまな基材を製作できるよう、操作・調整が可能です。SPR-684を用いることで、さまざまな繊維や添加物を使ったパッケージング・システムの基板製作が可能となります。

- 低熱膨張率、高弾性率の材料
- 従来のラミネート工法が利用可能
- RoHS指令に準拠
- 鉛フリーはんだの使用が可能
- 難燃規格 UL-94 V-0に適合
- ハロゲンフリーの工業要求に適合



ラミネート基材の物性・特性 ※Tailorable

強化繊維の種類	1080 E-glass	
レジン含有量	40 - 55 %	
誘電率 (@ 1.5 GHz)	2.9 - 4.2	
誘電損率 (@ 1.5 GHz)	0.0015 - 0.01	
熱伝導率	0.29 W/m-K	
熱膨張率 (x, y)	5 - 10 ppm	
熱膨張率 (z)	50 - 200 ppm	
燃焼性評価	UL-94: V-0	
環境性能	ハロゲンフリー(IPC); RoHS指令に適合	
T-288試験	> 60 min	
処理温度	曲げ強度	曲げ弾性率
220°C	320 - 420 MPa	30 - 34 GPa
※成分中のレジン含有量とフィラー有無によって物性・特性が変わる可能性があります		

◆ CVD-SiC前駆体 / Starfire® CVD

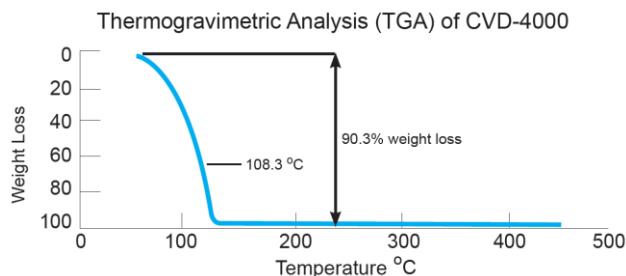
- 化学蒸着法 (CVD: Chemical Vapor Deposition)を用いて、SiCを蒸着させるための前駆体
- 析出後マトリックスの耐熱上限は1800°Cが目安 ※析出条件や使用環境により異なります。

代表製品 CVD-4000 : 環状シラン

>> 主な特長 <<

- [SiH₂-CH₂]_n結合を有し、ほぼ化学量論比のSiCマトリックス (Si:C=1:1)を形成

- 付属的反応物を必要としない一液性の材料
- 常圧100°C、減圧(10 torr)40°Cから気化が進行
- 600°Cで析出が可能(700~900°Cでの析出が効果的)
- 3.5μmまでの薄膜コーティングが可能
(析出条件次第で、より厚膜のコーティングも可能)



- 反応によって放出されるのは水素のみ※であり、塩化水素のような有毒ガスを発生しない

※析出が不十分な場合、微量のシランが発生する場合があります。

☞ 人体や設備、環境への負荷が小さいため、CVD装置の高維持費やダウンタイムに起因する隠れたコストの大幅な削減に繋がります。

>> 主な用途 <<

- CVD-SiCコーティング
- 化学気相浸透 (CVI) 法によるセラミックス基複合材の製作

☛ Starfire Systems社のCVD前駆体には、合成の過程で使用する試薬由来の微量金属が含まれますが、ご要望に応じて、蒸留による高純度化を行ってご提供することも可能です。詳しくは、お問合せください。

CVD-4000の利点: MTS(メチルトリクロロシラン)およびシランとの比較

材料	CVD-4000	MTS	シラン
前駆体	CVD-4000のみ	MTS + 水素	シラン + メタン(CH ₄)
危険性	引火性(引火点=9°C) 水分との反応: 140°C	腐食性、毒性、 引火性(引火点=3°C) 水分との反応: 20°C	自然発火性
SiC含有率	91% SiC (9% 水素)	27% SiC (71% 塩素、2% 水素)	シラン: 87% SiC (13% 水素) シラン + メタン: 83% SiC (17% 水素)
副生成物	水素	塩化水素(腐食性が高い)、 水素、シラン	水素
皮膜組成	1 : 1 ± 0.5%	1 : 1 ± 1.2% (+ 塩素、微量金属)	1 : 1
析出温度	600~900°C	1,000~1,400°C	200~500°C

◆ Specialty Organo-silane Chemistry

Starfire Systems社は、お客様の用途に応えるため、10年以上に渡って有機シラン化学の研究に特化してきました。カルボシラン、カルボシロキサン、そして関連化合物に関する豊富な研究を通して、SiCの薄膜を形成するCVD前駆体や薬剤合成用の高純度中間体、有機発光ダイオード(OLED)、触媒、シリコンや他の化学合成用の架橋剤・カップリング剤など、さまざまな種類のシラン化合物を開発しました。

その中でも特に、Starfire Systems社は、シラシクロブタンやペンタン、ヘキサンを含む複素環シランを製造するための、高効率の合成ルートを創出してきました。下記は一部の製品リストですが、ご要望により、この技術に基づいたさらなる化合物やより先進的な中間体を製造することも可能です。

Allyldimethylsilane	[3937-30-2]	Diallyldimethylsilane	[1113-12-8]
Allyltrimethylsilane	[762-72-1]	Diallyldiphenylsilane	[10519-88-7]
Alloxytrimethylsilane	[18146-00-4]	1,3-Diallyltetramethyldisiloxane	[17955-81-6]
Benzyltrimethylsilane	[1613-70-5]	1,1-Dichloro-1-silacyclobutane	[2351-33-9]
Benzyltrimethylsilane	[770-09-2]	1,1-Dichloro-1-silacyclopentane	[2406-33-9]
Bis(chloromethyl)tetramethyl-1,3-disiloxane	[2362-10-9]	1,1-Dichloro-1-silacyclohexane	[2406-34-0]
1,4-Bis(dimethylsilyl)benzene	[2488-01-9]	1,3-Diethoxy-1,3-dimethyl-1,3-disilacyclobutane	[1967-90-4]
1,4-Bis(trimethylsilyl)benzene	[13183-70-5]	1,3-Dimethyl-1,3-diphenyl-1,3-disilacyclobutane	[1628-03-1]
Bis(trimethylsilyl)methane	[2117-28-4]	1,1-Dimethyl-1-silacyclobutane	[2295-12-7]
t-Butyldimethylchlorosilane	[18162-48-6]	1,1-Dimethyl-1-silacyclopentane	[1072-54-4]
t-Butyldimethylsilane	[29681-57-0]	1,1-Dimethyl-1-silacyclohexane	[4040-74-8]
t-Butylmethylchlorosilane	[18147-18-7]	1,1-Dimethoxy-1-silacyclobutane	[33446-84-3]
Chloromethyltrimethylchlorosilane	[1719-57-9]	Dimethylisopropylsilane	[18209-61-5]
Chloromethyltrimethylethoxysilane	[13508-53-7]	Diethylmethylsilane	[760-32-7]
Chloromethyltrimethylmethoxysilane	[18143-33-4]	Diphenylsilane	[775-12-2]
Chloromethyltrimethylisopropoxysilane	[18171-11-4]	1-Methyl-1-silacyclobutane	[765-33-3]
Chloromethyltrimethylsilane	[3144-74-9]	1-Methyl-1-silacyclohexane	[765-62-8]
Chloromethyltrimethylphenylsilane	[1833-51-8]	1-Methyl-1-silacyclopentane	[765-41-3]
1-Chloro-1-methyl-1-silacyclobutane	[2351-34-0]	1-Methyl-1-vinyl-1-silacyclobutane	[3514-67-8]
1-Chloro-1-methyl-1-silacyclopentane	[2406-31-7]	1-Methyl-1-vinyl-1-silacyclohexane	[19495-14-6]
1-Chloro-1-methyl-1-silacyclohexane	[18148-37-3]	1-Methyl-1-vinyl-1-silacyclopentane	[3944-18-1]
Chloromethylmethyldichlorosilane	[1558-33-4]	Phenyldimethylsilane	[766-77-8]
Chloromethyl(methyl)dimethoxysilane	[2212-11-5]	Phenylsilane	[694-53-1]
Chloromethylmethyldiethoxysilane	[2212-10-4]	Phenyltrimethylsilane	[768-32-1]
Chloromethylmethyldiisopropoxysilane	[2212-08-0]	1-Silacyclopentane	[288-06-2]
Chloromethyltrichlorosilane	[1558-25-4]	1-Silacyclohexane	[6576-79-0]
Chloromethyltrimethoxysilane	[5926-26-1]	1,1,3,3-tetrachloro-1,3-disilacyclobutane	[2146-97-6]
Chloromethyltriethoxysilane	[15267-95-5]	1,1,3,3-tetraethoxy-1,3-disilacyclobutane	[63238-93-7]
Chloromethyltriisopropoxysilane	[18162-82-8]	1,1,3,3-tetramethyl-1,3-disilacyclobutane	[1627-98-1]
Chloromethyltrimethylsilane	[2344-80-1]	2-(Trimethylsilyl)ethanol	[2916-68-9]
Chlorodiisopropylsilane	[2227-29-4]	Vinyltrimethylsilane	[754-05-2]
Diallylmethylsilane	[2043-08-5]		
(Dichloromethyl)methyldichlorosilane	[1558-31-2]		

本誌に掲載した以外にも、熱溶融性のポリカルボシランやスピコート用のポリカルボシラン、低粘度で含浸に適したポリシロキサン、ポリイミドとポリシロキサンのハイブリッドポリマーなど、複数の製品ラインナップがございます。

また、環状構造および線形構造のCVD-SiC前駆体をはじめ、SiOCの皮膜を形成するCVD前駆体や、上図にも記載の「**1,1,3,3-tetrachloro-1,3-disilacyclobutane**」のようなALD前駆体の用意もございます。

さらに、金型成形用のDry Molding Compound(ポリシロキサン/ポリカルボシランと耐熱微粒子を混合したドライパウダー)や、Bulk Molding Compound(ポリシロキサン/ポリカルボシランと耐熱微粒子、不連続の炭素繊維を混合したバルク成形化合物)等の取り扱いもあります。

詳しくは、お気軽にお問合せください。