



Consumer and Electronics

MEMS用シリコンセレクションガイド

MEMSの設計に革新をもたらすシリコーン

MEMS(微小電気機械システム)センサーとアクチュエーターは民生用、自動車用、通信用など、今日の多くの電子機器のバックボーンとなっており、その市場は急速に拡大しています。

シリコンベースのMEMS技術は、スマートフォン、タブレット、スマートウォッチ、家電製品など、さまざまなデバイスの性能を向上させ、より安全で信頼性の高いデバイスを提供します。

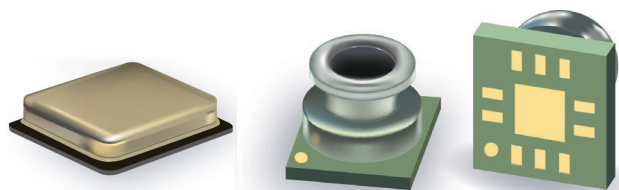
また、一連のMEMSセンサーとアクチュエーターは、自動車の電子制御装置の性能を向上させ、運用コストの削減と安全性の向上に貢献します。これらのシリコンベースのデバイスは、比較的 low コストで実現できます。

シリコーンを用いることにより様々な電子機器の性能要件を満たすことが可能になり、MEMS設計のイノベーションを促進します。

センサー																
動作			環境					光学								
加速度	ジャイロ	磁気	圧力	音波、超音波	ガス	湿度	パーティクル	温度	赤外線	指紋	サーモパイル	赤外放射&ハイパースペクトル	照度、RGB	マイクロボロメーター	ビジョンセンサー	3Dセンサー
アクチュエーター																
光学			マイクロ流体			RF			微細構造			マイクロスピーカー	超音波指紋認証システム			
マイクロミラー	オートフォーカス	光学ベンチ	インクジェット	ドラッグデリバリー	バイオチップ	スイッチ	フィルター	レゾネーター	微小ニードル	プローブ	時計部品					

ダウ・パフォーマンス・シリコーンは、70年以上にわたり、シリコーンベースの技術で世界をリードしてきました。

米国ミシガン州に本社を置くダウは、世界の主要な地域に製造拠点、販売・顧客サービス拠点、研究開発研究所を有しており、お客様のプロセスやアプリケーション開発のニーズに迅速かつ信頼性の高いサポートを提供します。当社はお客様のイノベーションやプロセスの効率化を支援します。



独自の製品技術

DOWSIL™とSILASTIC™のブランド名で、7,000以上のシリコーン製品とサービス、他社にはない幅広さと性能を備えたポートフォリオを提供しています。

豊富なノウハウ

当社は深い知識と経験、そして世界中に広がるネットワークによって、製品の価値を高めています。

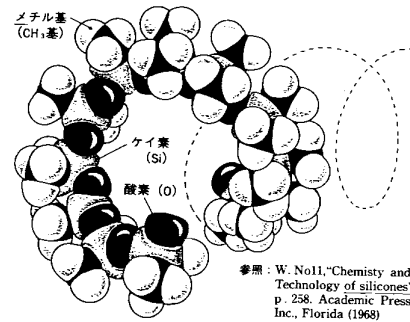
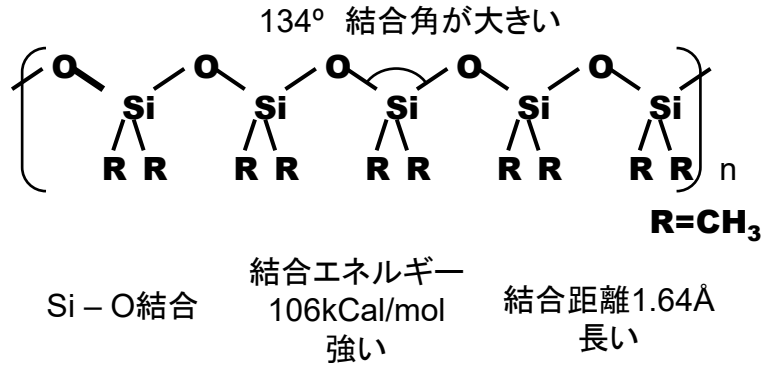
協力的な文化

お客様の新製品開発のあらゆる段階で、時間とコストを削減するために、お客様と密接に協力します。

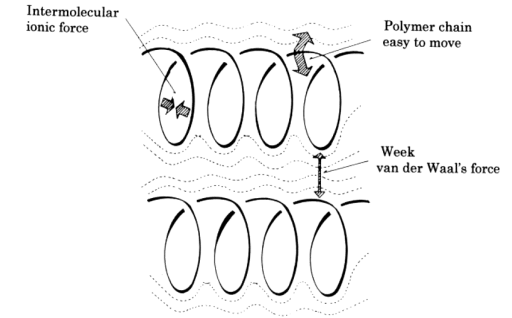
安定性

当社は70年以上にわたりグローバルリーダーとして製造と品質に投資してきました。効果的なシリコーン製品を安定的に供給することで、お客様のイノベーションに貢献してきました。

シリコーンの化学的特徴と物性



分子の外側はメチル基



⇒ 分子間の相互作用が小さい

エポキシ等の有機材料との比較

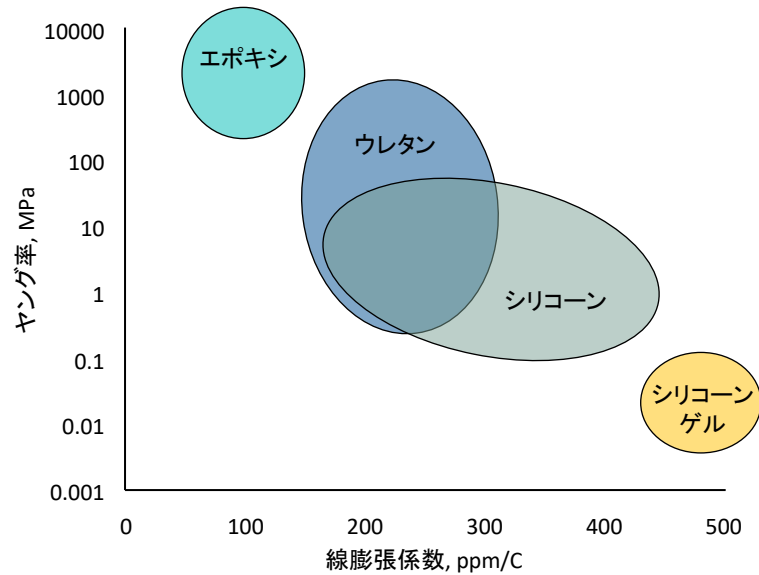
分子構造の特徴	効果	物性への影響
Si-O結合距離が長く角度が大きい	分子がフレキシブル	柔らかい
Si-O結合エネルギーが大きい	分子の安定性が高い	耐熱・難燃性
分子間の相互作用が小さい	結晶化しにくい	耐寒性
	分子間空隙が大きい	気体透過性
分子がメチル基に覆われている	低極性・疎水性	低吸湿性

他素材との比較

	シリコーン	エポキシ	ウレタン	アクリル
応力緩和性	○	×	△	△
強度(高モジュラス)	×	○	△	△
耐寒性(モジュラスの温度特性)	○	△	×	×
耐熱・耐候安定性	○	△	×	×
気体透過性	高	低	低	低
吸湿性	低	高	中	中

柔軟性(応力緩和)、温度特性(≒耐寒性)、化学的安定性(信頼性)が
求められる用途に適している

シリコーンと有機材料の熱応力特性比較



- シリコーンは他の有機材料と比較して熱膨張係数が数倍大きいですが、ヤング率が1～数ケタ違いで小さいため、かけ合わせた熱応力ははるかに小さい

$$\sigma_{th} = E \alpha \Delta T$$

熱応力=ヤング率×熱膨張係数×温度差

ヤング率:

$$E_{\text{シリコーン}} = 0.1 \sim 0.001 \times E_{\text{エポキシ}}$$

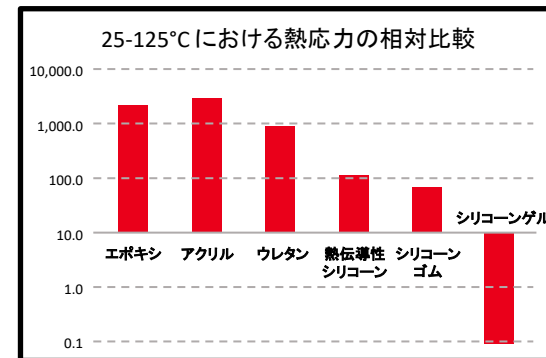
熱膨張係数:

$$\alpha_{\text{シリコーン}} = 3 \sim 10 \times \alpha_{\text{エポキシ}}$$

熱応力:

$$\sigma_{\text{エポキシ}} = 1 \sim 100 \times \sigma_{\text{シリコーン}}$$

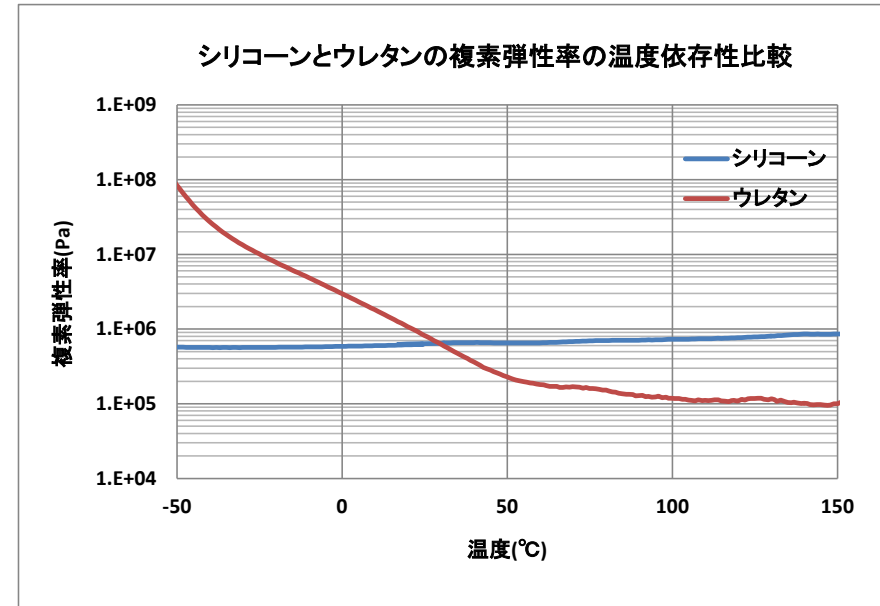
- シリコーンゲルではさらに熱応力は小さい



モジュラスの温度安定性・・・耐寒性・高温時の強度

-50から>200℃まで弾性率ほぼ一定

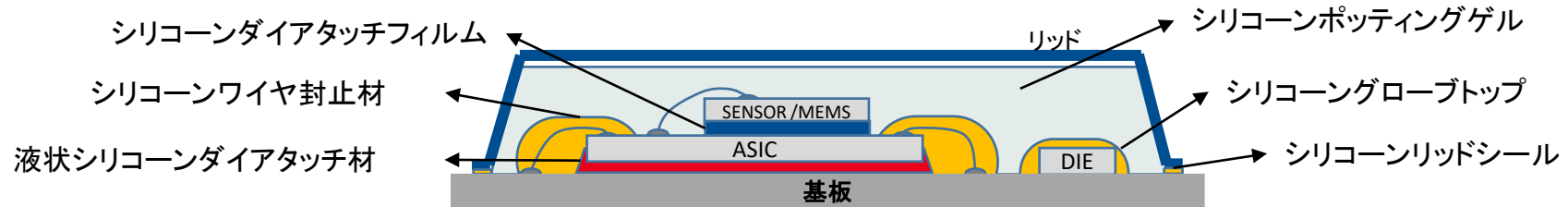
- 温度サイクル試験での信頼性向上
(特に低温サイドで樹脂が硬くなることによる剥離・クラックのリスク低減)
- 高温時にも常温と同レベルの接着強度を維持
- 圧力センサーなどの温度特性に寄与



MEMSセンサー用樹脂に求められる特性

お客様のニーズ	ダウのMEMS用シリコン製品の特長
応力緩和特性	低モジュラス特性 (0.1~100MPa)
良好な温度特性	幅広い温度で安定なモジュラス特性 (-40 ~ +260°C)
保護性能	良好な絶縁性と物理特性
高信頼性	優れた耐熱・耐候性、 熱応力特性、ブリード低減品
微細化	ジェットディスペンス用製品
生産性向上	塗布厚管理を容易にする レオロジー特性の最適化

MEMSセンサーにおけるシリコーンの用途



ダイアタッチ材・封止材・グローブトップ

- 硬化前粘度、硬化後モジュラスの幅広いラインナップ
- 広い温度範囲でのモジュラス安定性(-40 to +260 °C)
- 良好な接着性能で信頼性に寄与
- アウトガス低減グレード
- ブリード低減グレード
- ジェット微細塗布用グレード

シリコーンダイアタッチフィルム

- 柔らかいDAF
- ブリードレス
- 傾き/ズレ制御

ポッティングゲル

- 耐薬品性フロロシリコーン

接着剤(ダイアタッチ材、導電接着剤)

製品名	製品の特長	粘度 [mPa.s]	弾性率[MPa]	硬さ	せん断接着 強さ(Si) [MPa]
ME-2010	高硬度 高透明	23,000	-	D 57	8.2
ME-1190	ジェット塗布性 高硬度	3,500	370	D 59	7.4
ME-1180	ジェット塗布性 応力緩和	5,600	23.4	A 81	5.5
ME-1070	高チクソ 高接着強度	37,000	12.2	A 74	11
7920-LV	ジェット塗布性 高接着強度	22,000	7.2	A 68	9.0
ME-1140	ジェット塗布性 優れた応力緩和	5,400	2.1	A 39	3.8
ME-1030	優れた応力緩和 アウトガス低減	14,000	1.7	A 28	0.8
ME-1800	導電性 放熱性	150,000	370	A 81	3.9
EC-6601	導電性、高伸び 室温硬化	-	-	A 80	1.7

記載されております全ての製品はDOWSIL™となります。



保護材料(ポッティング、グローブトップ、ワイヤ封止)

ポッティング用ゲル	製品名	製品の特長	外観・色	粘度[mPa.s]	弾性率[MPa]	硬さ
	ME-4200	耐寒性 (-60°C以下でも弾性率維持)	Clear	3,700	-	(Gel)
	ME-4201	耐寒性 (-60°C以下でも弾性率維持)	Clear	4,400	0.07	(Gel)
	ME-44xx	耐油・耐溶剤性 高流動性	Clear Black	1,100	-	(Gel)
	X3-6211	UV硬化	Clear	900	-	(Gel)
	3-6371	UV + 湿気硬化	Clear	900	-	(Gel)
グローブトップ、ワイヤー封止用エラストマー	製品名	製品の特長	外観・色	粘度[mPa.s]	弾性率[MPa]	硬さ
	ME-4120	ジェット塗布性	Clear Black	3,400	0.9	A 17
	ME-4139	高チクソ (グローブトップに好適)	Black	45,000	-	A 28
	ME-4320	耐寒性 (-60°C以下でも弾性率維持)	Clear	7,700	0.8	A 22
	ME-6820	高接着強度	Black	6,000	1.6	A 50
	ME-1140	ジェット塗布性	Clear Black	5,400	2.1	A 39
	7920-LV	ジェット塗布性 高接着強度	Black	22,000	7.2	A 68
ME-1180	ジェット塗布性	Clear Black	5,600	23.4	A 81	

記載されております全ての製品はDOWSIL™となります。



ジェットディスペンス用シリコーン

一般的にシリコーンはジェット塗布に不向き

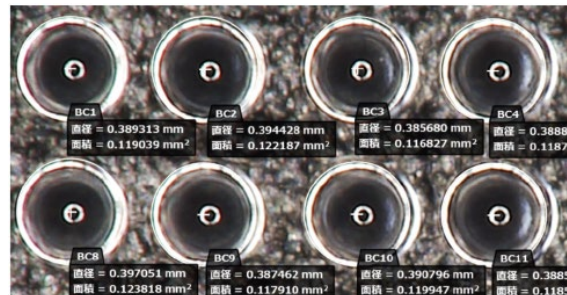
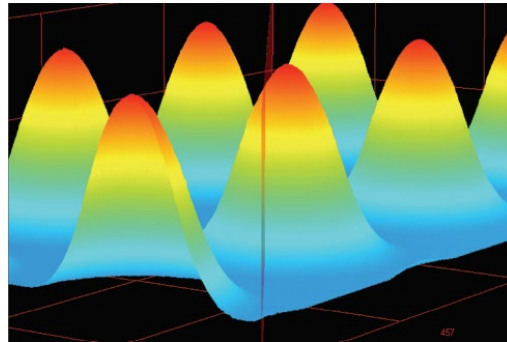
- 高粘度品 → 糸引き、詰まり
- 低粘度品 → 塗布後に広がり微細塗布不可



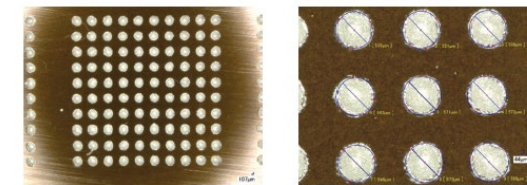
DOWSIL™ ME-11xx シリーズ:

- 良好なジェット塗布性
- 微細塗布可能(塗布後広がり過ぎない)

Diameter: 290 μ m; height: 40 μ m



Jettable electrically conductive adhesive (ECA) (2E-4 ohm.cm):
Consecutive 4000 dot w/o failure

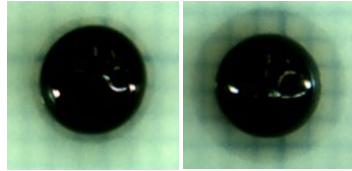


導電性接着剤でも良好なジェット塗布性

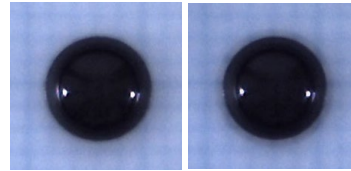
➤ 約300~400 μ 径、高アスペクト比での安定した塗布が可能

ダイボンド剤のブリードレス化 (開発品)

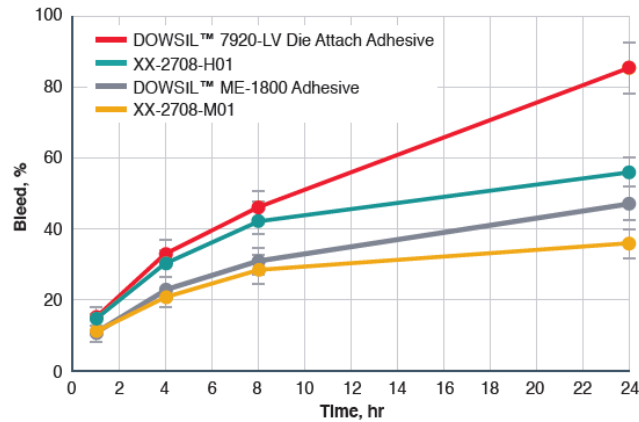
従来品



開発品



すりガラス上にディスペンスし経時でのブリードを比較 (方眼1mm)

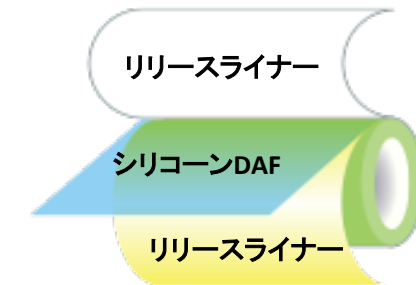


項目	XX-2704-02	XX-2708-M01	XX-2708-H01
保管条件	-25°C ~ -15°C		
粘度 (10s-1), Pa-s	48.5	147	102
チクソ指数 (1s-1/10s-1)	2.1	1.8	2.8
標準硬化条件	150°C/1時間		
硬さ	A52	D45	D59
伸び, %	295	55	15
引張強さ, MPa	4.6	5.6	6.9
ダイシエア接着強さ (Al/GL), MPa	5.2	6.7	6.5

➤ 従来品と比較して大幅なブリード低減を達成

シリコンダイアタッチフィルム (開発品)

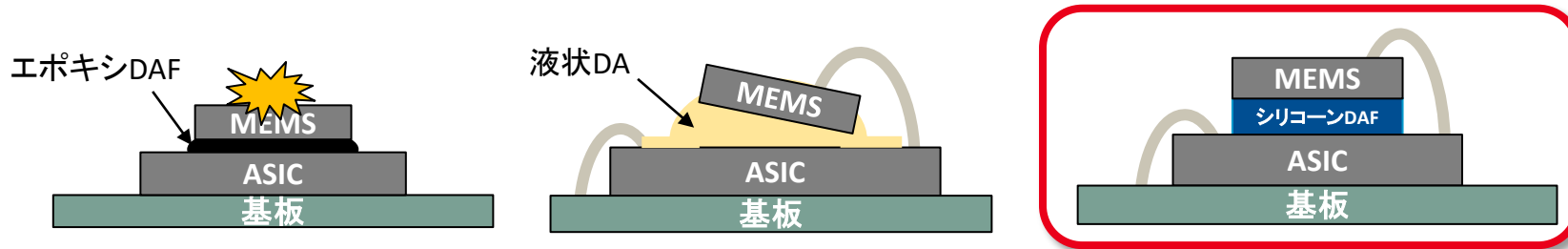
- シリコンDAFはDow独自のユニークな技術
 - 製品の性状は硬化済みシリコンエラストマー
 - Bステージやホットメルトなどではないゴムシート状
 - 表面に接着反応性を有している
 - 速硬化性
 - 120-180°C/1-5 秒/0.1-1.0MPa (熱プレス)で速やかな初期接着反応
 - ポストキュア推奨 (例: 150°C/1時間)
 - 極めて優れた膜厚安定性
 - 軟化・溶解しないので凹凸面のギャップフィルは不得手
 - ウェハバックサイドラミネーション (ダイシング前)に対応



Dow独自のシリコンDAFを用いると・・・

- 優れた膜厚均一性(約2-10um)と高BLT(25-300um)を両立可能
- エポキシDAFには不可能な応力緩和性能: (ヤング率: 1-30MPa @ -40 ~ +200°C)
- 化学反応由来の不可逆で信頼性の高い接着性 (感圧接着性ではない)
- フィレットなし、ブリードなし→ワイヤパッドを近傍に設置可能→設計の自由度向上

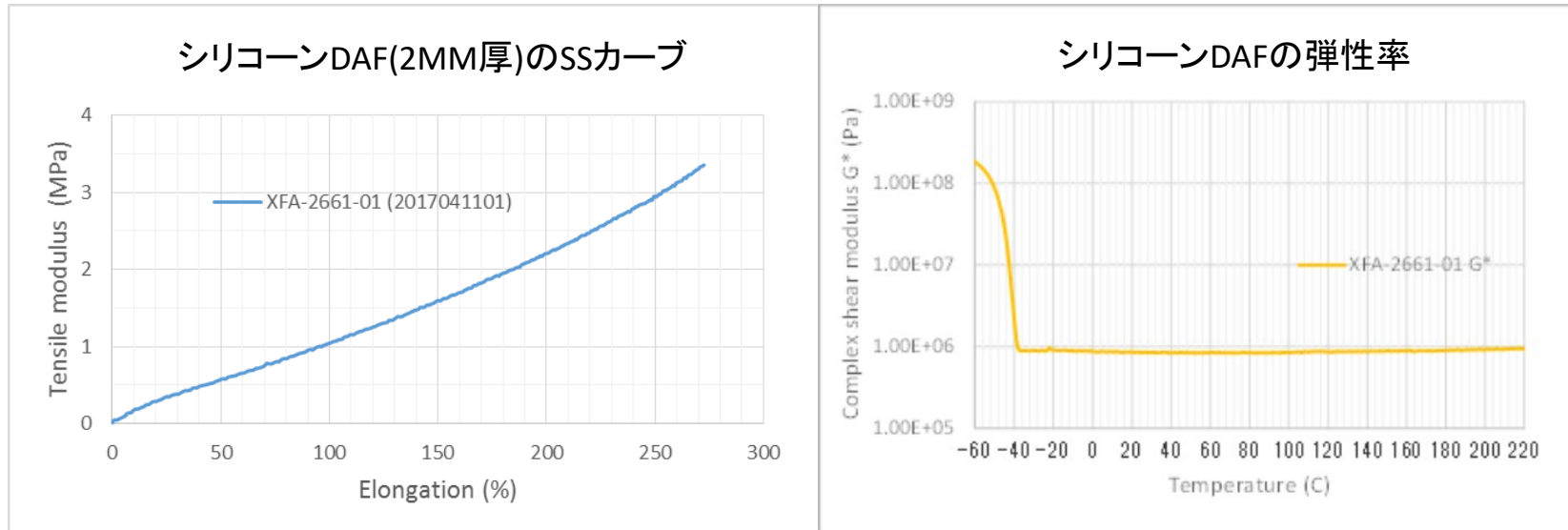
シリコーンDAFのメリット(エポキシDAF、液状シリコーン接着剤との比較)



	フィレット 制御	ブリード 制御	高BLT化	応力緩和	傾き・ズレ 制御	プロセス の容易さ
エポキシ DAF	○	○	△	×	○	◎
液状シリ コーン DA	×	×	×	◎	×	△
シリコーン DAF	◎	◎	◎	◎	◎	○

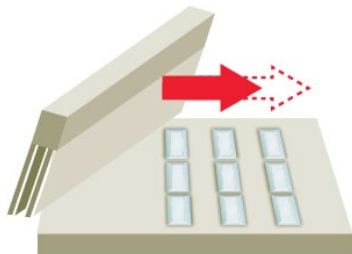
➤ シリコーンの応力緩和性とDAFのデザイン・プロセス面での優位性を併せ持つユニークな材料

シリコーンDAF(開発品)のS-Sカーブ及び弾性率



➤ 物性は一般的なシリコーンエラストマーと全く同じ

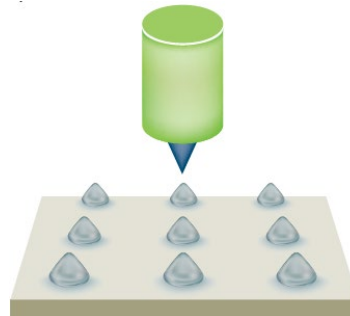
印刷



求められる特性

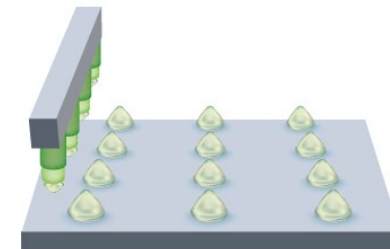
- 高粘度
- 適度なチクソ性
- 開口部の面積比を考慮
- ライフ(印刷可能時間)

ニードルディスペンス ジェットディスペンス



- 中程度の粘度
- 高チクソ
(塗布後形状維持)
- 粘着力の安定性

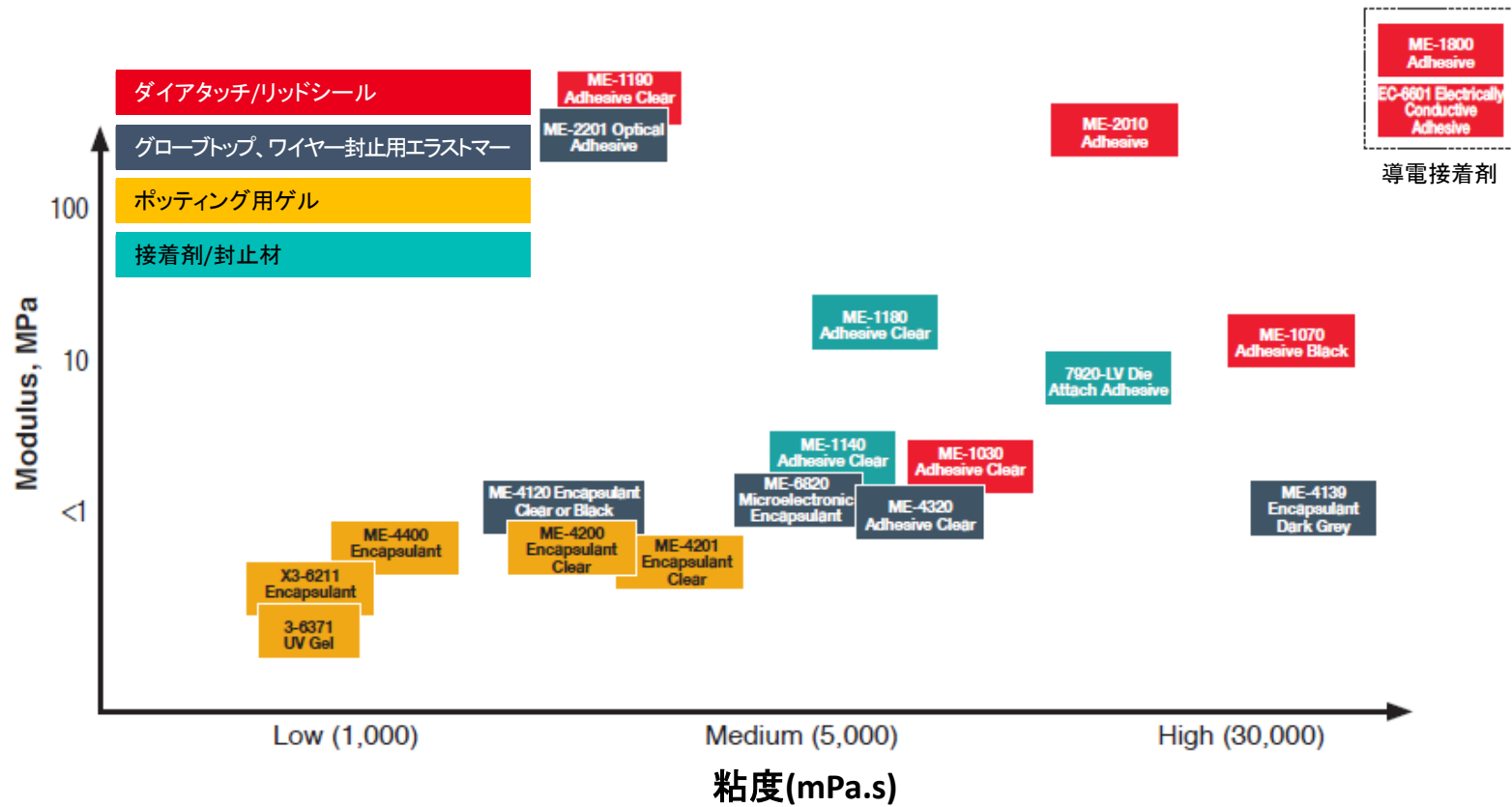
スタンピング



- 低粘度
- 高チクソ
(塗布後形状維持)
- 粘着力の安定性

DOWSIL™ラインナップから様々なプロセスに合わせて適切な製品を選択頂くことが可能

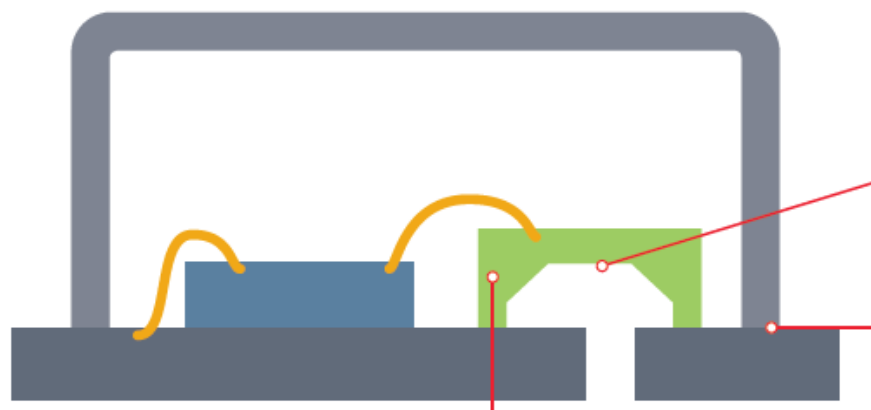
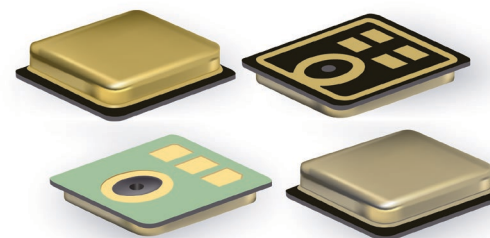
硬化前粘度と硬化後弾性率による製品選定



マイクロフォン

MEMSマイクロフォンは従来のECM(エレクトレットコンデンサマイクロホン)に代わるものとして、小型化やプロセス面の利点があります。

MEMSチップへの応力緩和が求められるため、近傍の接着剤やコーティング材にシリコンのニーズがあります。
また、EMIシールドのために金属キャップの接着剤として導電性接着剤が使われるケースがあります。



MEMSダイアタッチ
DOWSIL™ ME-1070 Adhesive Black,
DOWSIL™ 7920-LV Die Attach Adhesive

応力緩和、高接着

ダイコーティング材
DOWSIL™ ME-6820 Microelectronic Encapsulant,
DOWSIL™ 7920-LV Die Attach Adhesive

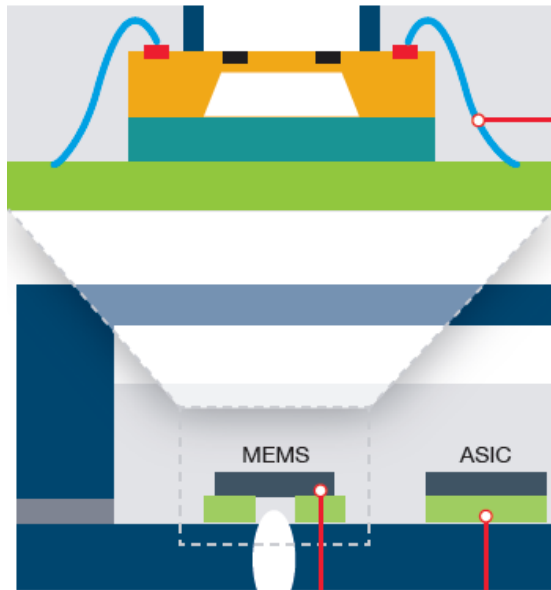
応力緩和、高接着

キャップ接着剤
(EMIシールド)
DOWSIL™ ME-1070 Adhesive Black,
DOWSIL™ ME-1800 Adhesive

導電

圧力センサー

Side by side



MEMSダイアタッチ

DOWSIL™ ME-1070 Adhesive Black,
DOWSIL™ 7920-LV Die Attach Adhesive

DOWSIL™ ME-1800 Adhesive,
DOWSIL™ ME-1030 Adhesive Clear

応力緩和、高接着

MEMS圧力センサーは、圧力によるシリコンの薄い膜のたわみを電圧の変化として読み取ります。

センサーダイの保護兼圧力を伝達するゲル層として、優れた温度特性と耐薬品性を併せ持つフッロシリコーンゲルが用いられます。

応力緩和

ワイヤ封止材

DOWSIL™ ME-4120 Encapsulant Clear or Black,
DOWSIL™ ME-4132 Encapsulant Black

ポッティングゲル

FLUOROGEL™ Q3-6679
Dielectric Gel, DOWSIL™
ME-4039 Protective Coating,
DOWSIL™ X3-6211
Encapsulant

耐薬品ゲル、
高流動性

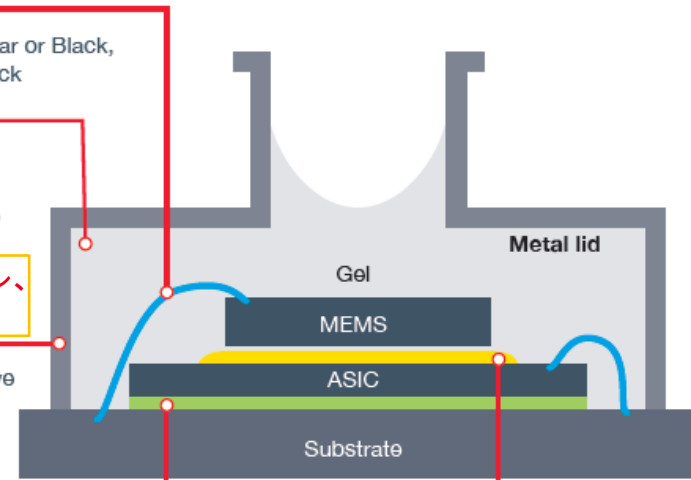
リッドシール

DOWSIL™ ME-1070 Adhesive
Black, DOWSIL™ ME-1800
Adhesive

導電

ASICダイアタッチ

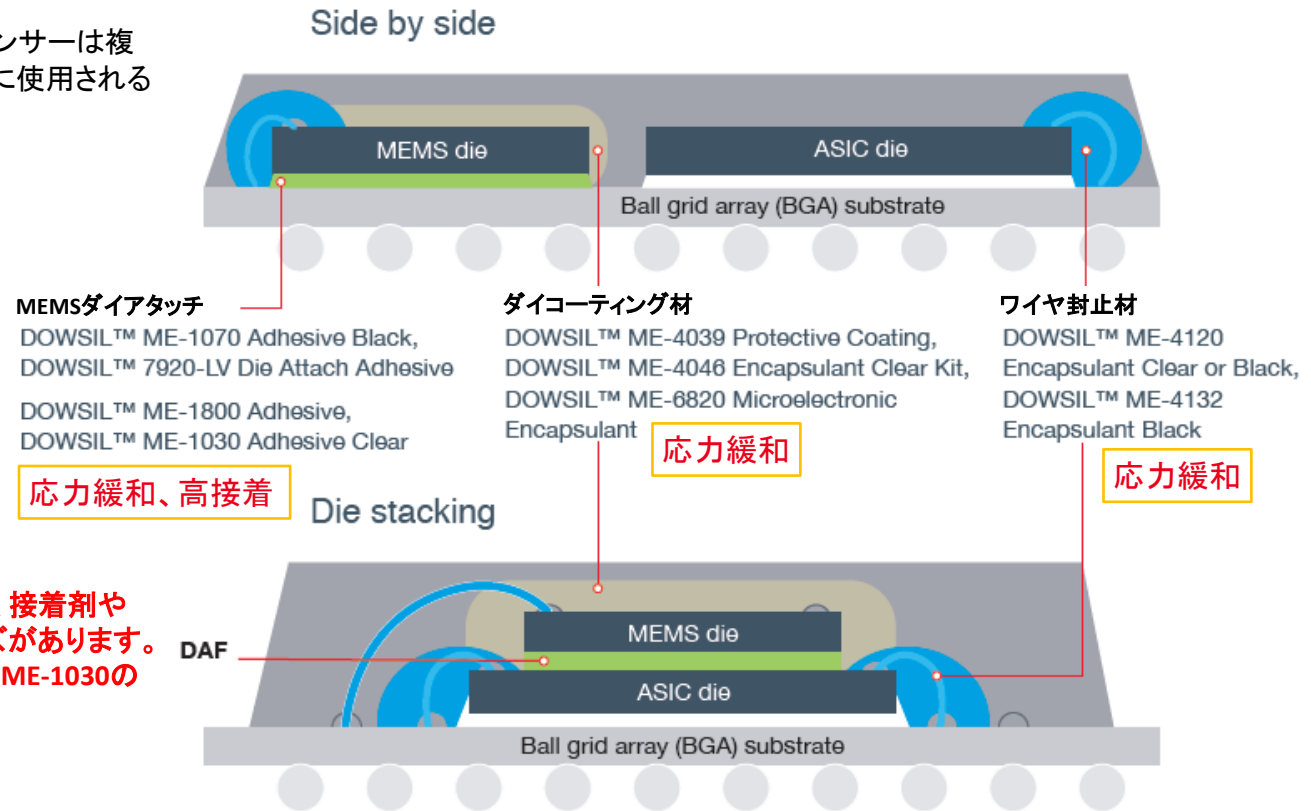
Die stacking



DAF

慣性センサー

MEMS慣性計測ユニット(IMU)やセンサーは複雑なモーションキャプチャーや処理に使用されるものです。

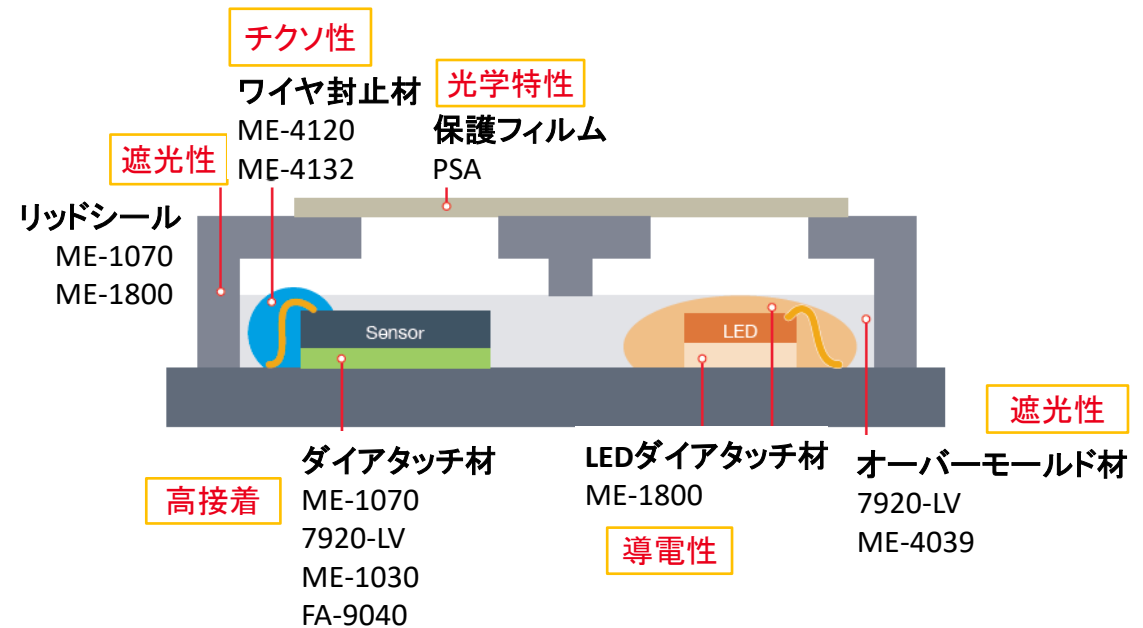


同様に応力緩和が求められるため、接着剤やコーティング材にシリコンのニーズがあります。特に高真空パッケージについては、ME-1030のような低Volatile品が推奨されます。

光学センサー

MEMS光学センサーは、光を電気信号に変換し、材料の表面状態、振動や動き、機械的な力、音響、電界などを測定することができます。

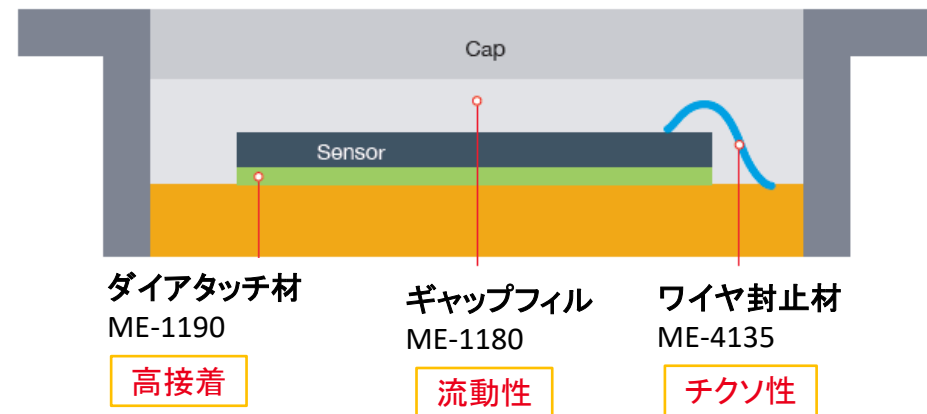
光学材料としても高い信頼性を持つシリコーンは、光路部分以外にも近傍の保護材料や高い遮光性が求められる接着剤などのニーズがあります。



指紋認証センサー

MEMS指紋認証センサーでは、通常
圧力差を利用して指先の凹凸を識別します。

構造、メカニズムによって適切な応力緩和性、流動性
を持つ材料が求められ、
それらを比較的自由に制御できるシリコン材料が
広く用いられています。





Seek

Together™



DOW

®

THANK YOU

Images: dow_69916375720, dow_68807226429, AdobeStock_241276653, dow_61379150743, dow_40680914981, AdobeStock_247506534, dow_67481907883, dow_67481908347

免責事項：使用条件や適用法令は場所によって異なり、また、時の経過により変更される場合がありますので、お客様におかれましては、本書記載の製品及び情報がお客様の使用（用途）に適しているかどうかを判断し、お客様の作業現場及び廃棄について、適用法令の遵守を確実にする責任があります。また、当社又はその他の者が所有する特許権の侵害がないことを表明・保証するものではありません。本書記載の製品は、ダウが事業展開する特定の地域で販売あるいは使用できない場合があります。紹介された内容に関しては、特定の国での使用（用途）が承認されていない場合があります。「ダウ」又は「当社」への言及は、特に明記しない限り、お客様に製品を販売するダウの法人を意味します。商品適格性又は特定目的のための適合性についての黙示的保証はすべて明示的に除外され、保証するものではありません。

®™：ザ・ダウ・ケミカル・カンパニーまたはその関連会社の商標

© 2022 The Dow Chemical Company. All rights reserved.

2000015925

Form No. 11-4258-42-0122 S2D