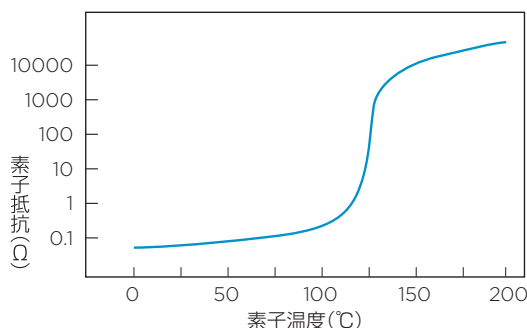


ポリスイッチの概要と選定方法

Fundamentals of PolySwitch Overcurrent and Overtemperature Devices

■ポリスイッチとは

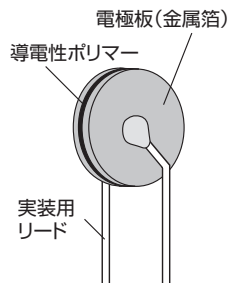
ポリスイッチはポリマー系のPTCサーミスタ(PTC:Positive Temperature Coefficient=正の温度係数を持つサーミスタ)で、素子温度がある温度より上昇すると、急激に抵抗値が変化するデバイスであり、その抵抗値変化は10の4乗から6乗にも達します。



ポリスイッチは、過電流や過熱により熱せられると、素子内部の温度が上昇し、抵抗値が増大して、回路電流を微小に制限する過電流・過熱保護素子です。そして電源をオフにすることにより、素子温度が下がり、元の抵抗値に戻るため、ヒューズのように交換する必要がありません。

■ポリスイッチの基本構造

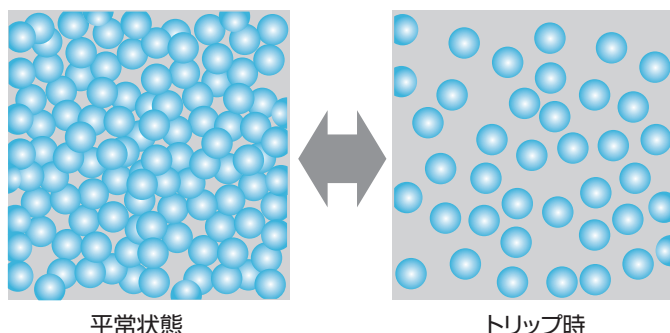
ポリスイッチは、2枚の金属電極箔で導電性ポリマーのシートを挟み込んだ構造をしています。また、使用用途に応じて電極部分にはんだ付、溶接等を利用し、実装用のリードが接合されています。



■ポリスイッチの動作原理

ポリスイッチは、絶縁体であるポリマーと導電体であるカーボンとの特殊な配合からなる抵抗体素子で、適度な導電性と正の温度特性を有しています。

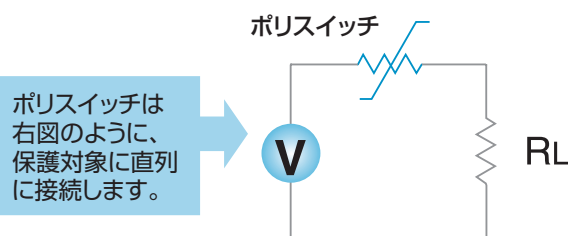
その基本原理は次のとおりです。



平常状態では、ポリマー中に分散したカーボンが、無数の導電パスを形成し、低い抵抗値を示します。その値は、ポリマーおよび添加物の種類と量により決まりますが、電気回路の保護素子としての機能を考え、低抵抗かつ、素子の電力損失を低く抑えるよう設計されます。

常温から徐々に温度が上昇すると、ポリマーの熱膨張により、カーボンの導電パスが切断されていき、ゆるやかなPTC特性を示します。そして、80°Cを過ぎたあたりから10の4乗から6乗にも達する急激なPTC効果が見られます。BaTiO₃系セラミックPTCの抵抗変化がキュリー点に基づくのに対して、PTCポリマーの場合はポリマーの融点に依存します。つまり、ポリマーの融点での大きな体積変化が導電パスを次々に切断し、ポリスイッチの抵抗値を数桁上昇させるのです。

■ポリスイッチの基本的な接続方法



■ポリスイッチの適用範囲

ポリスイッチの動作速度は適度に遅いため、ヒューズのように突入電流で誤動作することがありません。このため、ポリスイッチは、比較的大きな突入電流が繰り返し加わるような用途、たとえば、モータ、スイッチング電源、バックライト・インバータなどの保護に適しています。また、自己復帰することから、ユーザや工事業者が誤配線することが考えられる用途、たとえば、衛星放送受信機、工業用制御装置、火災報知器などに有効です。

また、高密度実装に伴う製造工程内での短絡によるヒューズの誤動作の事例も増加しており、こうした対策にもポリスイッチは適しています。

さらに、最近では、ポリスイッチの温度と抵抗の関係を利用して温度ヒューズの代わりに使用する例も増加しています。

■プラグ&プレイ環境とポリスイッチ

近年のパーソナルコンピュータのトレンドとして、プラグ&プレイへの対応は必須条件となりつつあります。プラグ&プレイとは、新しいハードウェアを検出し、自動的にマウントすること、また、電源を入れたまま、ハードウェアの追加や削除ができるホットプラグングを意味します。ホットプラグすると、過渡的に大きな電流が流れ、ヒューズが誤動作するといった問題が生じますが、ポリスイッチを使用することにより、これらの問題を解決することができます。ポリスイッチの動作速度が適度に遅いために、ホットプラグ時の突入電流で誤動作することなく、外部ショートなどの異常時のみに動作するからです。

SCSIインタフェースのターミネータパワーの保護に多くの採用実績を誇り、世界的標準となっていることから、ポリスイッチの動作特性が、この種の保護に最適であることを物語っています。

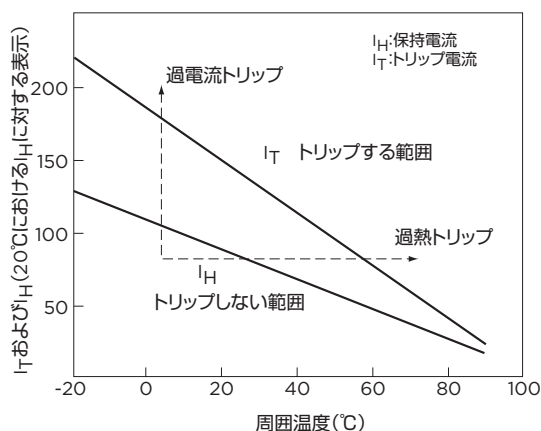
また、コンピュータの標準インタフェースとなるUSB、IEEE 1394などの最新プラグ&プレイ対応インタフェースの保護にも、ポリスイッチは最適です。

■ポリスイッチのトリップ現象

ポリスイッチが高抵抗状態になることを“トリップ”と呼びます。トリップ現象は、過電流か過熱によって発生します。平常状態ではごく低い抵抗値で安定していますが、過電流が流れたり過熱が起これると、高抵抗になり、回路に流れる電流を制限して、高抵抗での平衡状態となります。この状態変化がトリップ現象です。

一度トリップ状態になると、ポリスイッチは高温平衡点でバランスするため、電源がオンの状態では、トリップの原因となった回路異常を取り除いても自己復帰しません(ラッチング特性)。復帰させるには、電圧を十分に下げるか、電源を切って素子が冷えるのを待つ(10~20秒)必要があります。

次の図は、ポリスイッチの周囲温度特性を示すもので、2本のカーブは、周囲温度に対する保持電流(I_H)とトリップ電流(I_T)の関係を表しています。保持電流とトリップ電流は、それぞれ周囲温度が高くなるにつれて低くなります。I_HとI_Tにはさまれた領域は、素子のバラツキおよび熱履歴等によって、素子がトリップするかどうかわからない領域です。



素子に過電流が流れると、縦軸方向に移動して、I_Tの電流値以上で素子はトリップします。また、周囲温度が上昇して素子が過熱されると横軸方向に移動して、I_Tの電流が流れた時に相当する温度に達した時、トリップします。

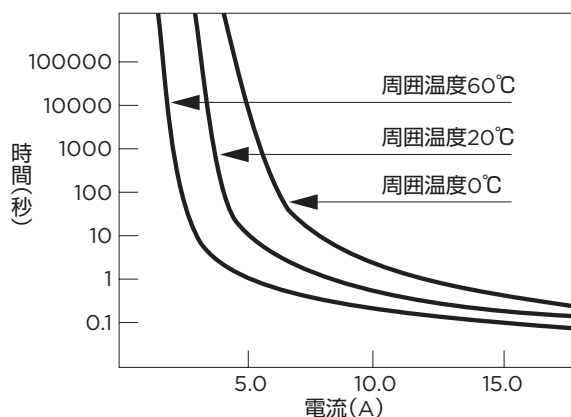
各周囲温度ごとに素子にどれ位電流が流せるか、また、過電流がどれ位流れると素子がトリップするかの2点が、素子選定の重要な要素です。

■トリップ時間

回路に過電流が流れた場合、トリップして電流を遮断するまでの時間は、機器を安全に保護するための重要な要素です。ポリスイッチは、熱の発生により抵抗が増大するという特性から、低速遮断特性を有します。そのトリップ時間は、素子抵抗、電流、周囲温度、形状、熱容量、リードの材質等に依存します。

次の図のように、ポリスイッチは、トリップするまでにある程度の時間が必要なため、サージ電流や電源オン時の突入電流等では、トリップしません。

つまり、一般的にヒューズを選定する時のように、サージ電流を考慮して素子を選択する必要はありません。



また、パルス電流の場合には実効値で計算します。

■トリップ時の抵抗値

トリップ時の抵抗値(参考値)は原則的に次の式から、求めることができます。

$$V^2/P_d$$

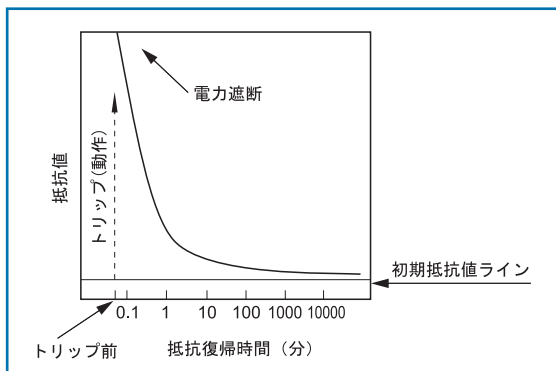
■リセットの条件

ポリスイッチは理論的には次の条件でリセットします。

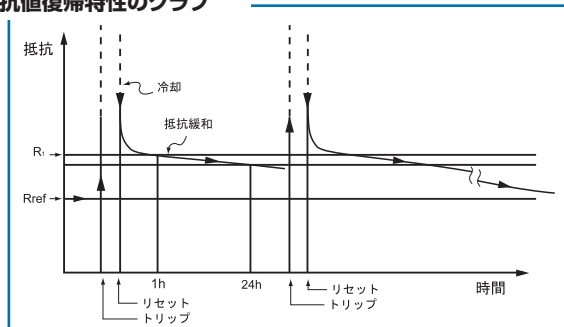
$$V^2/4R_L < P_d$$

■トリップと抵抗値復帰

次の図は、ポリスイッチが基準抵抗値(R_{ref})から一度トリップし、冷却によって低抵抗に復帰する過程を示したものです。ポリスイッチは、ポリマー物性により、ある値まで回復した後、ゆるやかに基準抵抗値まで復帰します。この特性は、2回目以降のトリップに対しては、同じカーブを描いて復帰します。このため、トリップ1時間後の抵抗値(R_{1max})の最大値が規定され、電気的特性もこの抵抗緩和を考慮した値となっています。



●抵抗値復帰特性のグラフ



■カタログ中の用語の定義

V max. 最大定格電圧

ポリスイッチがトリップ状態の時、素子の両端にかかる電圧の最大値。この値を超えた電圧が加わると、ポリスイッチが破壊される可能性があります。

I max. 最大定格電流

素子が安全に遮断することが出来る電流の最大値。この値を超えた電流が流れると、ポリスイッチが破壊される可能性があります。

IH 保持電流

20℃静止空気中で、ポリスイッチがトリップせずに流すことが出来る電流の最大値。(一部の製品は25℃)

IT トリップ電流

20℃静止空気中で、ポリスイッチが動作(トリップ)する電流の最小値。(一部の製品は25℃)

R min. 最小抵抗値

20℃静止空気中での抵抗値の最小値。
(一部の製品は25℃)

R max. 最大抵抗値

20℃静止空気中での抵抗値の最大値。
(一部の製品は25℃)

R1 max. 緩和抵抗値

ポリスイッチを一度トリップさせた後、20℃の環境に1時間放置した後の最大抵抗値。表面実装部品の場合は、はんだリフロー後20℃の環境に1時間放置した後の最大抵抗値。(一部の製品は25℃)

Pd 消費電力

20℃静止空気中でのトリップ時の消費電力。
(一部の製品は25℃)

■ポリスイッチの基本的な選定方法

適切なポリスイッチを選定するためには、次の4つの使用条件が必要です。

- ・回路の電源電圧
- ・平常時の電流値
- ・周囲温度
- ・異常時の電流値

設定例

使用条件が

回路電圧：DC48V
平常時の電流：1A
周囲温度：40℃
異常時の電流：5A

の用途の場合

- ①回路電圧が素子の定格電圧を上回らないシリーズを選びます。
→RXEFシリーズ(定格60V/72V)
 - ②RXEFシリーズの周囲温度特性グラフから、40℃における保持電流値の割合を調べます。
→約80%
 - ③40℃の周囲温度条件下で、保持電流値が1Aを下回らない部品を選びます。次のように計算します。
→ $1A \div 0.8 = 1.25A$ (=IHが1.25A以上の部品)
又は、各周囲温度におけるIHの表から選んで下さい。
 - ④RXEFシリーズの中で1.25A以上の保持電流を持ちかつ、一番電流容量の小さい部品を選びます。
→RXEF135
 - ⑤トリップ時間のグラフと異常時の電流から、選定した素子のトリップ時間を確認します。
- 必要な各種法規制・安全規格・標準がはっきりしている場合は、②～④をとばし、各製品グループ内の「保護箇所別ポリスイッチ早見テーブル」より適切な部品をお選び下さい。

使用上の注意

- 最大定格を上回る条件で使用すると、素子が損傷したり、アーク放電や炎が起きる可能性があります。
- ポリスイッチは、過電流・過熱保護用の素子であり連続的あるいは日常的にトリップさせる用途には適していません。
- 最大定格を超えたトリップをさせた場合や、素子が高温時に圧力を加えるなどして変形が生じた場合には、素子は本カタログに記述の仕様を満足しなくなります。

ポリスイッチの信頼性

Reliability of PolySwitch Overcurrent and Overtemperature Devices

■フェイルセーフな安全規格認定品

最大定格電圧・電流内で使用した場合には、ポリスイッチの故障モードは高抵抗またはオープンモードであり、機器を安全に保護します。

また、機械的な接点を持たないため、高い信頼性が得られます。

さらに、ポリスイッチは、UL、CSA、TÜVの認定品であり、所定のポリスイッチを使用することにより、UL 1950、IEC950(事務機器に関する安全規格)の有限電源として認められることから、その信頼性の高さが証明されています。

■各種信頼性データ

導電性ポリマーからなるポリスイッチは、高温(85℃、一部製品は125℃以上)の環境下において劣化モードとなり、長時間さらされると、次第に抵抗が増大する変化が見られます。この抵抗変化は、温度が高くなるとさらに促進されます。

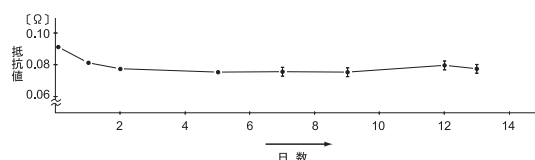
特性(抵抗値およびR-Tカーブ)の劣化による変化は、常に抵抗値が増大する変化です。

下記のような各種条件下で、抵抗の変化を調べることで、素子の変化(劣化)を把握することができます。

ポリスイッチの抵抗が増大すると、平常状態で流せる電流値が小さくなり、かつ、通常より小さい電流でトリップし、高抵抗となります。

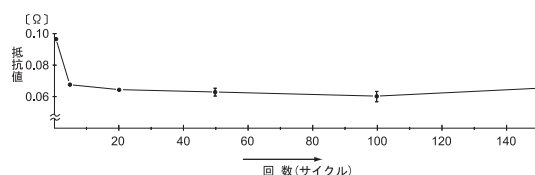
●高温保存試験

65℃、90～98%の試験(MIL-STD-202 Method 106)において、13日間経過後も、素子抵抗の増大は見られない。



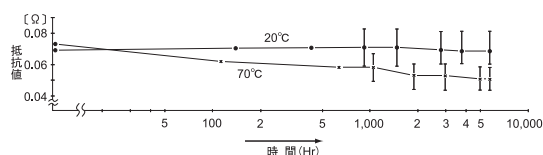
●温度サイクル試験

-40℃～80℃、150サイクル実施後も、素子抵抗の増大は見られない。



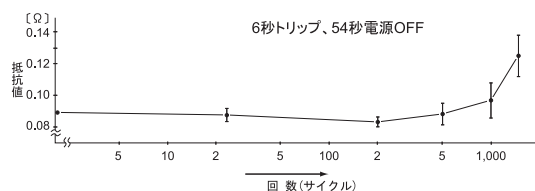
●常温・高温保存試験

20℃、70℃、いずれの温度でも、5,000時間経過後も素子抵抗の増大は見られない。



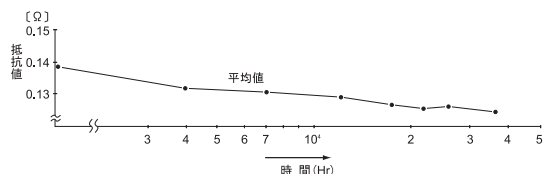
●トリップサイクル試験

18V_{DC}、50Aのサイクル試験では、500サイクル後、素子抵抗の増大が見られる。



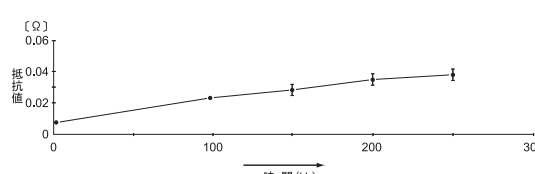
●長期常温保存試験

室温で36,000時間経過後も、素子抵抗の増大は見られない。



●トリップ耐久試験

18V_{DC}印加でトリップさせ続けると、抵抗値は200時間で初期値の3倍程度に増大する。



ポリスイッチ 選定ガイド

表1 ポリスイッチ要覧

ポリスイッチ 製品群	V _{MAX} 動作電圧 (V _{DC})	V _{MAX} 遮断電圧 (V _{RMS})	I _H	温度範囲	形状	認証機関仕様	アプリケー ション
LVR	120V/240V	135V/265V	0.05~2A	-20~85℃	ラジアル型	UL, CSA, TÜV	商用電圧
LVB	240V	265V	1.25A	-40~85℃	ラジアル型	UL	商用電圧
RGEF	16V	-	2.5~14.0A	-40~85℃	ラジアル型	UL, CSA, TÜV	汎用電子機器
RHEF	16~30V	-	0.5~15A	-40~125℃	ラジアル型	UL, CSA, TÜV	汎用電子機器
RUEF	30V	-	0.9~9.0A	-40~85℃	ラジアル型	UL, CSA, TÜV	汎用電子機器
RKEF	60V	-	0.50~5A	-40~85℃	ラジアル型	UL, CSA, TÜV	汎用電子機器
RXEF	60~72V	-	0.05~3.75A	-40~85℃	ラジアル型	UL, CSA, TÜV	汎用電子機器
RUSBF	6~16V	-	0.75~2.5A	-40~85℃	ラジアル型	UL, CSA, TÜV	コンピューター/汎用電子機器
femtoSMDC	6~15V	-	0.05~0.35A	-40~85℃	表面実装	UL, CSA, TÜV	コンピューター/汎用電子機器
microSMD	6~30V	-	0.05~2.0A	-40~85℃	表面実装	UL, CSA, TÜV	コンピューター/汎用電子機器
midSMD	6~60V	-	0.3~2.0A	-40~85℃	表面実装	UL, CSA, TÜV	コンピューター/汎用電子機器
miniSMDC	6~60V	-	0.10~3A	-40~85℃	表面実装	UL, CSA, TÜV	コンピューター/汎用電子機器
nanoSMDC	6~48V	-	0.12~2.0A	-40~85℃	表面実装	UL, CSA, TÜV	コンピューター/汎用電子機器
picoSMDC	6~15V	-	0.10~1.1A	-40~85℃	表面実装	UL, CSA, TÜV	コンピューター/汎用電子機器
SMD	6~60V	-	0.3~3.0A	-40~85℃	表面実装	UL, CSA, TÜV	コンピューター/汎用電子機器
SMD2	15~33V	-	1.5~2.5A	-40~85℃	表面実装	UL, CSA, TÜV	コンピューター/汎用電子機器
BD	14V	-	8~21A	-40~125℃	プラグイン型	-	車載用
AGRF	16V	-	4.0~14.0A	-40~85℃	ラジアル型	-	車載用
AHRF	16~30V	-	0.50~15A	-40~125℃	ラジアル型	-	車載用
AHS	16V	-	0.80~3.0A	-40~125℃	表面実装	-	車載用
ASMD	16~60V	-	0.23~1.97A	-40~85℃	表面実装	-	車載用
AHEF	32V	-	0.50~10A	-40~125℃	ラジアル型	-	車載用
nanoASMD	16~48V	-	0.12~0.35A	-40~85℃	表面実装	-	車載用
microASMD	30V	-	0.05~0.1A	-40~85℃	表面実装	-	車載用
miniASMD	16~60V	-	0.1~2.6A	-40~85℃	表面実装	-	車載用
TCF	60V	250V	0.10~0.18A	-40~85℃	チップ型	-	通信・ネットワーク機器用
TRF250	60~100V	250V	0.055~0.184A	-40~85℃	ラジアル型	UL, CSA, TÜV	通信・ネットワーク機器用
TRF600	60~250V	600V	0.15~0.40A	-40~85℃	ラジアル型	UL, CSA, TÜV	通信・ネットワーク機器用
TS250/TSV250	60V	250V	0.13A	-40~85℃	表面実装	UL, CSA, TÜV	通信・ネットワーク機器用
TSL250	80V	250V	0.08A	-40~85℃	表面実装	UL, CSA, TÜV	通信・ネットワーク機器用
TS600/TSM600	60~250V	600V	0.17~0.40A	-40~85℃	表面実装	UL, CSA, TÜV	通信・ネットワーク機器用
MXP	6V	-	1.9~3.7A	-40~85℃	アキシャルリード型	UL, CSA, TÜV	電池
LR4	15~20V	-	1.9~13.0A	-40~85℃	アキシャルリード型	UL, CSA, TÜV	電池
SRP	15~30V	-	1.2~4.2A	-40~85℃	アキシャルリード型	UL, CSA, TÜV	電池
VLP	16V	-	1.2~2.7A	-40~85℃	アキシャルリード型	UL, CSA, TÜV	電池
VLR	12V	-	1.7~2.3A	-40~85℃	アキシャルリード型	UL, CSA, TÜV	電池
VTP	16V	-	1.1~2.1A	-40~85℃	アキシャルリード型	UL, CSA, TÜV	電池
低抵抗SMD	6V	-	1.75~5.0A	-40~85℃	表面実装	UL, CSA, TÜV	電池

表2 周囲温度特性

ボリスイッチ 製品群	-40℃	-20℃	0℃	20℃	25℃	30℃	40℃	50℃	60℃	70℃	85℃	125℃
LVR005-055	-	1.48	1.24	1.00	0.99	0.93	0.82	0.72	0.60	0.51	0.35	-
LVR075-200	-	1.69	1.34	1.00	0.99	0.95	0.88	0.80	0.73	0.66	0.55	-
LVB	1.67	1.45	1.22	1.00	0.95	0.88	0.79	0.69	0.59	0.48	0.33	-
RGEF	1.54	1.37	1.21	1.04	1.00	0.96	0.88	0.79	0.71	0.63	0.50	-
RHEF	1.50	1.35	1.19	1.04	1.00	0.96	0.88	0.81	0.73	0.65	0.54	0.23
RUEF	1.48	1.32	1.16	1.00	0.96	0.92	0.84	0.76	0.68	0.60	0.48	-
RKEF	1.45	1.30	1.15	1.00	0.97	0.92	0.83	0.77	0.68	0.61	0.52	-
RXEF	1.56	1.37	1.19	1.00	0.95	0.91	0.82	0.72	0.63	0.54	0.40	-
RUSBF	1.41	1.27	1.14	1.00	0.97	0.93	0.87	0.80	0.73	0.66	0.56	-
femtoSMDC	1.59	1.39	1.18	1.05	1.00	0.86	0.78	0.66	0.61	0.47	0.41	-
microSMD	1.45	1.30	1.15	1.00	0.96	0.93	0.85	0.78	0.70	0.63	0.51	-
midSMD	1.41	1.27	1.14	1.00	0.97	0.93	0.87	0.80	0.73	0.66	0.56	-
miniSMD	1.45	1.30	1.15	1.00	0.96	0.93	0.85	0.78	0.70	0.63	0.51	-
nanoSMD	1.56	1.39	1.15	1.04	1.00	0.96	0.87	0.79	0.70	0.61	0.49	-
picoSMD	1.45	1.30	1.15	1.00	0.96	0.93	0.85	0.78	0.70	0.63	0.51	-
SMD	1.45	1.30	1.15	1.00	0.96	0.93	0.85	0.78	0.70	0.63	0.51	-
BD	1.50	1.35	1.19	1.04	1.00	0.96	0.88	0.81	0.73	0.65	0.54	0.23
AGRF	1.54	1.37	1.21	1.04	1.00	0.96	0.88	0.79	0.71	0.63	0.50	-
AHRF	1.50	1.35	1.19	1.04	1.00	0.96	0.88	0.81	0.73	0.65	0.54	0.23
AHS	1.41	1.28	1.16	1.03	1.00	0.97	0.91	0.84	0.78	0.72	0.62	0.37
ASMD	1.59	1.41	1.23	1.05	1.00	0.95	0.86	0.77	0.68	0.59	0.45	-
AHEF	1.36	1.25	1.14	1.03	1.00	0.96	0.89	0.81	0.74	0.66	0.55	0.20
nanoASMD	1.56	1.39	1.15	1.04	1.00	0.96	0.87	0.79	0.70	0.61	0.49	-
microASMD	1.45	1.30	1.15	1.00	0.96	0.93	0.85	0.78	0.70	0.63	0.51	-
miniASMD	1.45	1.30	1.15	1.00	0.96	0.93	0.85	0.78	0.70	0.63	0.51	-
TCF	1.54	1.36	1.18	1.00	0.96	0.91	0.82	0.73	0.64	0.55	0.42	-
TRF	1.54	1.36	1.18	1.00	0.96	0.91	0.82	0.73	0.64	0.55	0.42	-
TS	1.54	1.36	1.18	1.00	0.96	0.91	0.82	0.73	0.64	0.55	0.42	-
MXP	1.99	1.68	1.37	1.07	1.00	0.91	0.76	0.61	0.45	0.30	0.07	-
LR4	1.41	1.27	1.14	1.00	0.97	0.93	0.87	0.80	0.73	0.66	0.56	-
SRP	1.47	1.31	1.16	1.00	0.96	0.92	0.85	0.77	0.69	0.61	0.50	-
VLP	1.88	1.67	1.43	1.05	1.00	0.95	0.76	0.62	0.48	0.33	0.04	-
VLR	2.05	1.70	1.41	1.08	1.00	0.92	0.74	0.59	0.41	0.18	-	-
VTP	1.88	1.67	1.43	1.05	1.00	0.95	0.76	0.62	0.48	0.33	0.04	-
低抵抗SMD	5.80	5.20	4.60	4.00	3.90	3.40	3.10	2.82	2.52	2.23	2.10	-