スイッチングレギュレータシリーズ

降圧コンバータに使用する積層セラミックコンデンサの留意点

積層セラミックコンデンサ（以降 MLCC）の大容量化により、電源の平滑コンデンサとして使用できるようになりました。しかし MLCC は、電解コンデンサなど他のコンデンサに対して、周波数特性や温度特性、直流電圧印加特性に違いがあります。適合しない MLCC を使用すると電源回路として目標の特性が得られなかったり、異常動作を引き起こしたりする可能性があります。このアプリケーションノートでは、MLCC の留意点について説明します。

積層セラミックコンデンサ（MLCC）の種類

MLCC は、温度補償用と高誘電率系に大きく 2 種類に分けられます。温度補償用は常誘電体に酸化チタン（TiO2）やジルコン酸カルシウム（CaZrO3）を主原料としているため、比誘電率が 20～300 程度と小さく、静電容量が大きなコンデンサは実現できません。しかし、比誘電率が温度に対してほぼ直線的に変化するため、誘電体材料の組成を調整することにより温度係数を+100～-4700ppm/°C の範囲で制御できます。温度補償用のコンデンサは電源回路では、スナバ回路やソフトスタートなどの時定数回路に使用します。

高誘電率系は常誘電体に強誘電体であるチタン酸バリウム（BaTiO3）を主原料としているため、比誘電率が 1000～20000 と大きく、小型で大容量のコンデンサを実現できます。しかし、この材料は比誘電率が温度によって大きく変化しますので、時定数回路には使用する場合は注意が必要です。

これ以降は、電源回路の入出力コンデンサに使用する、高誘電率系コンデンサに焦点をしぼって説明します。

周波数特性

MLCC は電解コンデンサなど他のコンデンサに比べて ESR（等価直列抵抗）が大変小さくなっています。Figure1 に主なコンデンサの周波数特性を示します。電源回路では出力段に MLCC を使用することにより、出力のリップル電圧が小さくなることを期待できます。しかし古い設計の電源 IC では、超低 ESR の MLCC を使用することが想定されていないため、帰還回路の位相が高周波域で回転しすぎて電源回路の動作が不安定になり、最悪では発振を引き起こします。どうしても MLCC を使用したい場合は、MLCC に直列に 10mΩ以上の低抵抗を接続して、周波数特性を悪くする必要があります。

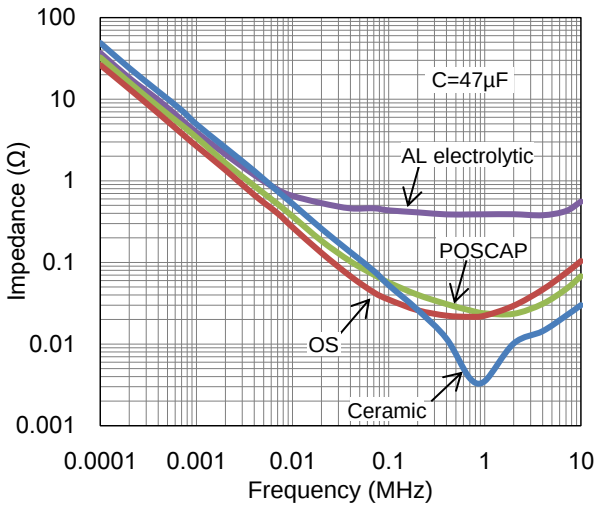

Figure 1．主なコンデンサの周波数特性

項目	温度補償用	高誘電率系
常誘電体	酸化チタン（TiO_2） ジルコン酸カルシウム（$CaZrO_3$）	チタン酸バリウム（$BaTiO_3$）
比誘電率	20～300	1000～20000
温度特性	+100～-4700ppm/°C	+30～-82%
容量	≤ 0.1μF	≥ 68pF
電圧印加による容量変化	ほとんどない	あり
経時変化	ほとんどない	あり
主な用途	スナバ、時定数 高周波回路、オーディオ	電源の平滑、デカップリング

Table 1．積層セラミックコンデンサの特徴

© 2013, 2020 ROHM Co., Ltd.

温度特性

大容量の高誘電率系 MLCC には様々な温度特性を持った製品があります。Table 2 と Figure 2 に代表的な温度特性を示します。特性カーブは製品毎に許容範囲内で様々な変化をします。温度特性は規格化されているため、コンデンサの型名を見ると温度特性が判断できます。

電源回路で使用する温度特性は、B、X5R、R、X7R、X8R 特性のように容量変化率が小さい（±15%）製品を推奨します。X7U、F、Y5V、Z5U、Z5V 特性は安価ですが、容量変化率が大きい（-82%）ため室温でしか動作しない電源になります。このような特性のコンデンサはトラブルの原因になりますので、電源回路には絶対使用しないでください。

使用する機器の動作温度範囲から判断して、B、X5R、R、X7R 特性の中から選択することを推奨します。

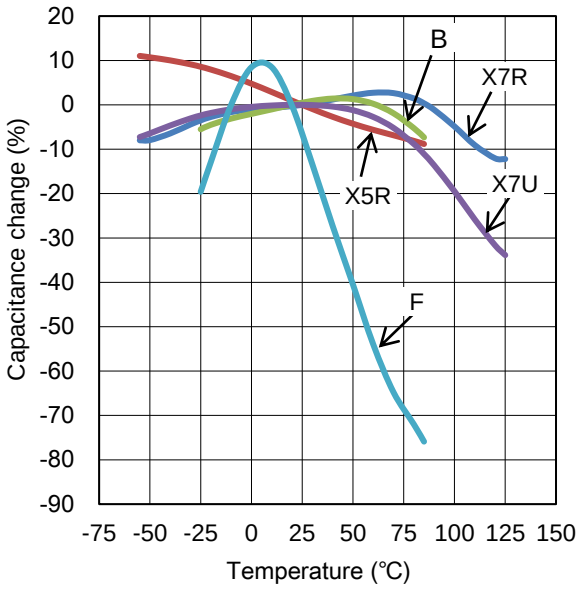

Figure 2. 高誘電率系 MLCC の主な温度特性

規格	特性	基準温度	温度範囲	静電容量変化率
JIS	B	20°C	-25～+85°C	±10%
EIA	X5R	25°C	-55～+85°C	±15%
	X5S			±22%
	X5T			+22%, -33%
	X6S		-55～+105°C	±22%
	X6T			+22%, -33%
JIS	R	20°C	-55～+125°C	±15%
EIA	X7R	25°C	-55～+125°C	±15%
	X7S			±22%
	X7T			+22%, -33%
	X7U			+22%, -56%
	X8R		-55～+150°C	±15%
JIS	F	20°C	-25～+85°C	+30%, -80%
EIA	Y5V	25°C	-30～+85°C	+22%, -82%
	Z5U		+10～+85°C	+22%, -56%
	Z5V			+22%, -82%

Table 2. 高誘電率系 MLCC の主な温度特性

© 2013, 2020 ROHM Co., Ltd.

直流電圧印加特性

高誘電率系 MLCC に直流電圧を印加すると静電容量が変化します。これはこのコンデンサ特有のもので、電解コンデンサや温度補償用 MLCC など他のコンデンサでは起こりません。

村田製作所製の MLCC を例に直流電圧印加特性を見て行きます。Figure 3 は 10μF/10V（B 特性）で、寸法(L×W)が違うコンデンサの特性を示します。厚みは共に 0.95mm の製品です。寸法が小さい程、直流印加電圧による容量減少が大きくなる傾向が見られます。1608 サイズのコンデンサでは、耐圧が 10V あっても実際には 1V 程度でしか使えないことが判ります。実装面積を削減するために、サイズが小さなコンデンサに変更する場合は特性の変化に注意してください。

Figure 4 は 10μF/10V(B 特性)で、厚み T が違うコンデンサの特性を示します。寸法(L×W)は近い物を選択しています。厚み T が厚い程（体積が大きい程）、直流印加電圧による容量減少が小さい傾向が見られます。使用する機器の高さ制限で、コンデンサの厚みを薄くする場合は、特性の変化に注意してください。

Figure5 は耐圧が異なるコンデンサの特性を示します。コンデンサは共に 10μF(B 特性)、3216(1216)サイズ、厚み 1.80mm です。耐圧 16V の製品よりも耐圧 50V の製品の方は容量減少が大きくなっています。

このように、耐圧が高いコンデンサが必ずしも性能が高いとは限らない場合があります。MLCC を選ぶときは、安易に容量と耐圧の仕様だけを見て部品を選択すると、電源回路の特性が悪化する場合がありますので、必ずメーカーから詳細データを取り寄せてください。

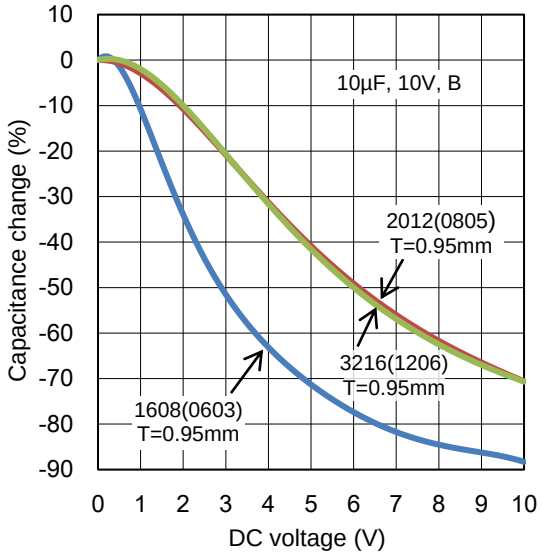

Figure 3. 直流電圧印加特性
寸法(L×W)による違い

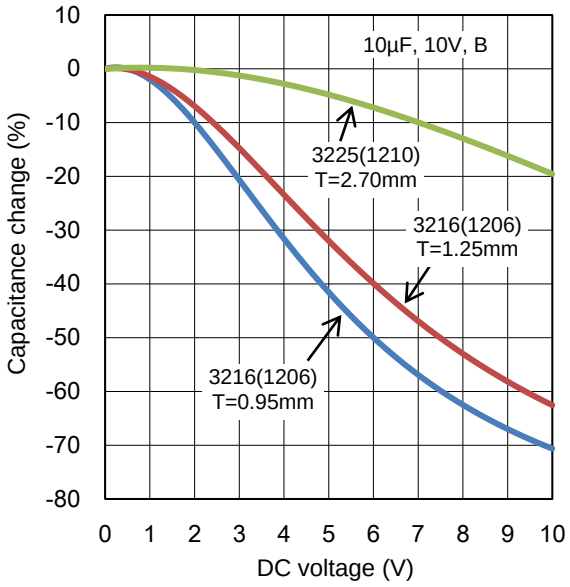

Figure 4. 直流電圧印加特性
厚み T による違い

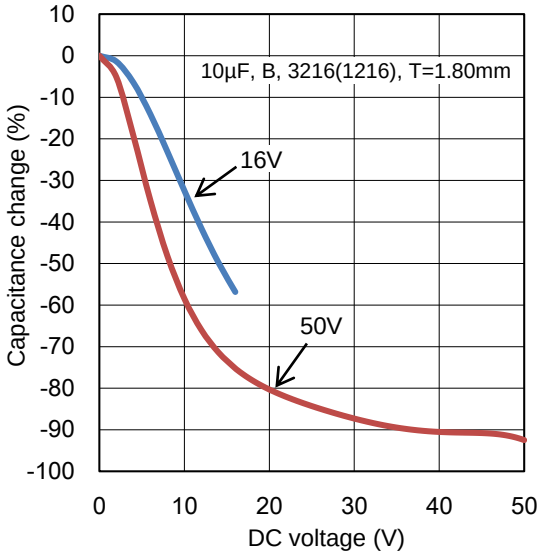

Figure 5. 直流電圧印加特性
耐圧の違い

村田製作所の MLCC は、ホームページから SimSurfing という設計支援ツールで簡単に各種特性を確認することができます（2020 年 1 月現在）。

© 2013, 2020 ROHM Co., Ltd.

経時変化

高誘電体系 MLCC は静電容量が時間と共に低下する性質を持っています。Figure 6 に経時変化の例を示します。半田付け後 24 時間経過した時点をゼロとして静電容量の変化を表しています。時間軸を対数表示した場合、静電容量は直線的に低下します。温度補償用 MCLL ではこのような経時変化はありません。
経時変化により静電容量が小さくなったコンデンサは、半田付け等でキュリー温度（約 125°C）以上に過熱されると、静電容量は回復します。そして、そのコンデンサがキュリー温度以下に冷えた時点から再び経時変化が始まります。

産業機器などの長期稼働機器では経時変化を見込んだ容量設計が必要になります。

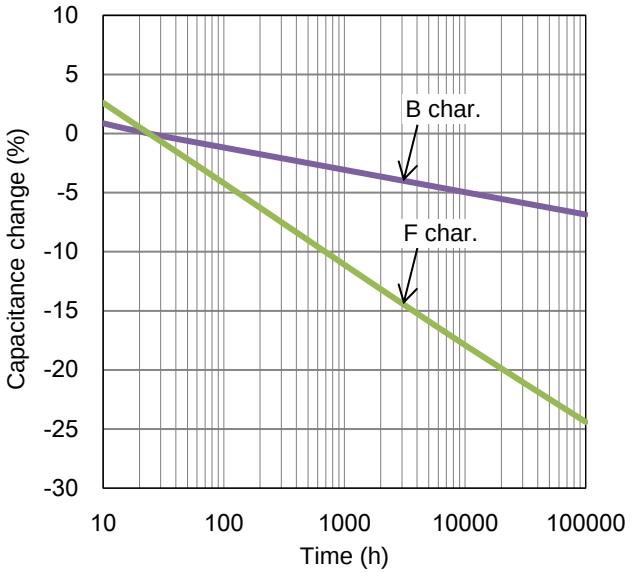

Figure 6. 高誘電体系 MLCC の経時変化例

発熱特性

コンデンサにリップル電流（交流電流）が流れると抵抗成分により熱が発生しコンデンサ自体が温度上昇しますが、MLCC は ESR（等価直列抵抗）が非常に小さいため、発熱量が小さく耐リップル性能に優れたコンデンサと言えます。多くの MLCC メーカーは表面温度の上昇を 20°C 以下で使用する事を推奨しています。

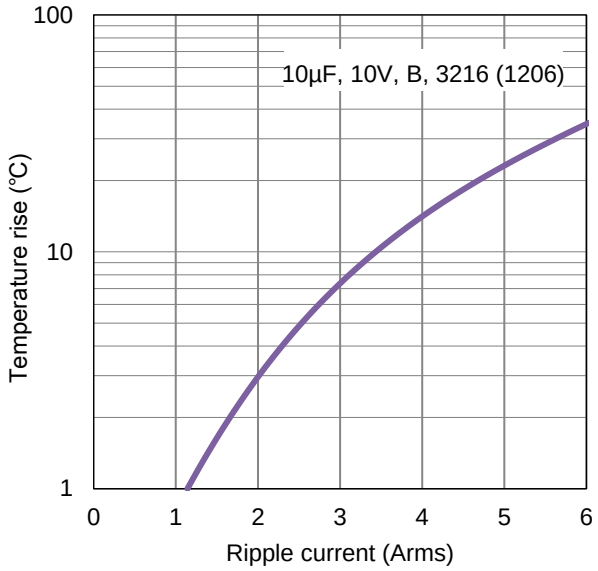

Figure 7. 高誘電体系 MLCC の自己発熱例

© 2013, 2020 ROHM Co., Ltd.

ご 注 意

1) 本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。

2) 本資料に記載されている内容は製品のご紹介資料です。ご使用に際しては、別途最新の仕様書を必ずご請求のうえ、ご確認ください。

3) ロームは常に品質・信頼性の向上に取り組んでおりますが、半導体製品は種々の要因で故障・誤作動する可能性があります。
万が一、本製品が故障・誤作動した場合であっても、その影響により人身事故、火災損害等が起こらないようご使用機器でのディレーティング、冗長設計、延焼防止、バックアップ、フェイルセーフ等の安全確保をお願いします。定格を超えたご使用や使用上の注意書が守られていない場合、いかなる責任もロームは負うものではありません。

4) 本資料に記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。
したがいまして、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。

5) 本資料に記載されております技術情報は、製品の代表的動作および応用回路例などを示したものであり、ロームまたは他社の知的財産権その他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を許諾するものではありません。上記技術情報の使用に起因して紛争が発生した場合、ロームはその責任を負うものではありません。

6) 本資料に掲載されております製品は、耐放射線設計はなされておりません。

7) 本製品を下記のような特に高い信頼性が要求される機器等に使用される際には、ロームへ必ずご連絡の上、承諾を得てください。
・輸送機器（車載、船舶、鉄道など）、幹線用通信機器、交通信号機器、防災・防犯装置、安全確保のための装置、医療機器、サーバー、太陽電池、送電システム

8) 本製品を極めて高い信頼性を要求される下記のような機器等には、使用しないでください。
・航空宇宙機器、原子力制御機器、海底中継機器

9) 本資料の記載に従わないために生じたいかなる事故、損害もロームはその責任を負うものではありません。

10) 本資料に記載されております情報は、正確を期すため慎重に作成したものですが、万が一、当該情報の誤り・誤植に起因する損害がお客様に生じた場合においても、ロームはその責任を負うものではありません。

11) 本製品のご使用に際しては、RoHS 指令など適用される環境関連法令を遵守の上ご使用ください。
お客様がかかる法令を順守しないことにより生じた損害に関して、ロームは一切の責任を負いません。
本製品の RoHS 適合性などの詳細につきましては、セールス･オフィスまでお問合せください。

12) 本製品および本資料に記載の技術を輸出又は国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続を行ってください。

13) 本資料の一部または全部をロームの許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。

ローム製品のご検討ありがとうございます。
より詳しい資料やカタログなどご用意しておりますので、お問合せください。

ROHM Customer Support System

http://www.rohm.co.jp/contact/

© 2016 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.