

導電性高分子タンタルキャパシタ (NeoCapacitor) 小型・低ESR品開発

村山 祐司・石嶋 正弥・田口 和浩
田中 良樹・高崎 亮

要 旨

NeoCapacitorは導電性高分子を使用したタンタルキャパシタであり、大容量・低ESRが特徴です。NECトーキンでは、これまでにCPUの高速化・高機能化に伴い低ESR化を推進してきましたが、最近ではセットの薄型化・軽量化がいっそう進んでいることに伴い、キャパシタには小型化の要求も高まってきました。今回これらの市場要求に応えるために新規に開発した、小型・大容量・低ESR品を紹介します。

キーワード

●タンタルキャパシタ ●導電性高分子 ●小型品 ●大容量 ●低ESR

1. まえがき

ノートPCをはじめとしたデジタル情報機器では高速化、高機能化がますます進展し、それによりCPUにおいてはマルチコア化や低電圧駆動化がいっそう加速しています。それに伴い電圧を安定化させるデカップリング回路に用いられるキャパシタには等価直列抵抗 (Equivalent Series Resistance: ESR) を低減させることが要求されています。これに対応するためにNECトーキンでは、これまでにNeoCapacitorにおいて、Vサイズ (7.3×4.3×1.9mm) では4.5mΩ、B2サイズ (3.5×2.8×1.9mm) では15mΩまでの低ESR品を開発してきました。

しかし近年では高速化・高機能化に加えてミニノートPCに代表されるように薄型化・軽量化に重点を置いた機器も注目されており、キャパシタへも小型化の要求が加速しています。

このような技術動向に対応するために、NeoCapacitorにおいても小型・大容量化を図りながら、低ESR化を推進しており、B2サイズ及びAサイズ (3.2×1.6×1.6mm) で、それぞれ業界最高容量かつ低ESR品の開発に成功しました。本稿ではその成果について紹介します。

2. NeoCapacitor 製品概要

一般にタンタルキャパシタは、各種キャパシタの中でも体

積当たりの静電容量が高く、大容量の必要な小型・薄型機器に適しています。NeoCapacitorは陰極層に従来の二酸化マンガより導電率の高い導電性高分子を用いたタンタルキャパシタであり、タンタルキャパシタの小型大容量技術を踏襲しながら、ESRを大幅に低減したキャパシタです。図1にNeoCapacitorの構造概略図を、写真に製品外観を示します。

NeoCapacitorの製造工程の概略は以下のようになります。まず、サブミクロン程度の粒径を有するタンタル粉末をタンタル線とともにプレス成形した後、1,500℃前後の真空高温焼結を行い、焼結体 (陽極体) を形成します。得られた多孔質焼結体の表面に陽極酸化法により誘電体被膜 (Ta₂O₅) を形成

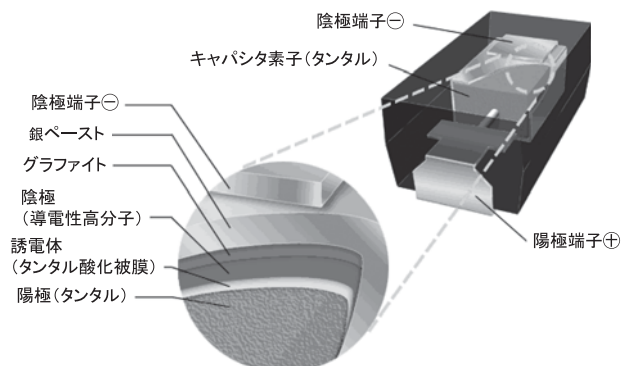


図1 NeoCapacitorの製品概略図

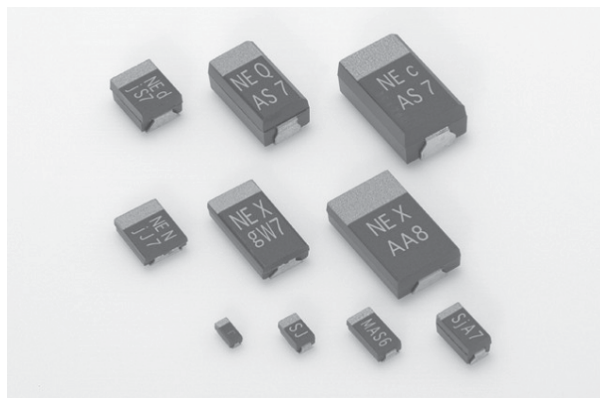


写真 NeoCapacitorの製品外観

し、導電性高分子を固体電解質として陽極体内・外部に形成した後、陰極引き出しにグラファイト、銀ペースト層を順次形成してキャパシタ素子を形成します。この素子に外部陽・陰極端子を取り付けた後、エポキシ系の樹脂でモールド外装を行い、エージング、電気的特性検査を実施することにより、NeoCapacitorが製造されます。

3. NeoCapacitorの小型・大容量化と粉末微細化

タンタルキャパシタの静電容量Cは (1) 式のように表されます。

$$C = \epsilon_s \epsilon_0 S / d \dots \dots \dots (1)$$

ここで ϵ_s は Ta_2O_5 の比誘電率 (約27)、 ϵ_0 は真空の誘電率 ($8.85 \times 10^{-12} F/m$)、Sは陽極体有効表面積、dは Ta_2O_5 の膜厚です。

小型化を図りながら大容量化を実現するためには、キャパシタ素子の単位体積当たりの有効表面積Sを可能な限り大きくする必要があります。このために、粒径を小さくし微細化されたタンタル粉末を使用することにより、有効表面積を拡大することにしました。

一般にタンタル粉末の微細度は、単位重量当たりの粉末を陽極酸化したときの、陽極酸化電圧と出現する容量の積であるCV値で表されます。図2に弊社におけるタンタル粉末の微細化ロードマップを示しますが、業界最高クラスの200,000 $\mu F \cdot V/g$ までの微細粉末をAサイズにおいて実用化することに成功しました。

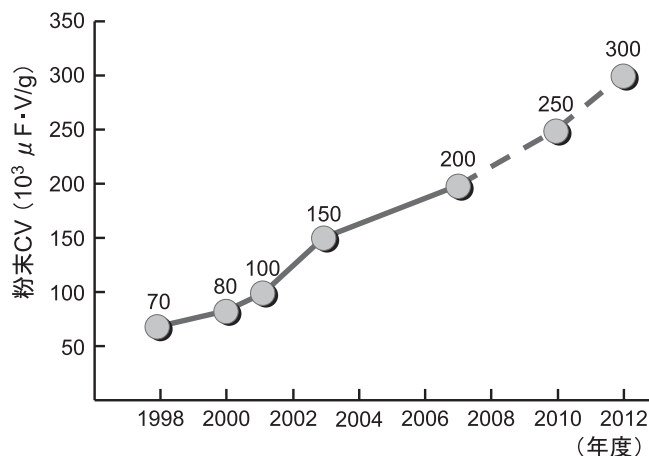


図2 タンタル粉末微細化ロードマップ

4. NeoCapacitor小型大容量品の低ESR化

4.1 タンタルキャパシタにおけるESRの周波数特性

ここでタンタルキャパシタにおけるESRについて説明します。タンタルキャパシタの場合、ESRは主に次の要素より構成されます。

- 1) R_f : タンタル酸化被膜及び界面吸着分子の仮想等価直列抵抗成分
- 2) R_0 : 分布定数抵抗に関するもので固体電解質の比抵抗や焼結体の空隙形状などによって変化する成分
- 3) R_{ex} : 外表面の固体電解質/グラファイト/銀ペースト/外部陽・陰極端子などの接触抵抗と各物質の固有抵抗

これらの成分から、ESRは (2) 式のように表されます。

$$ESR = R_f + R_0 + R_{ex} \dots \dots \dots (2)$$

ESRを周波数 ω の関数として書き直すと、(3) 式のようになります。

$$ESR(\omega) = R_f(\omega) + R_0(\omega) + R_{ex} \\ = \tan \delta_f / \omega C_f + R_0(\omega) + R_{ex} \dots \dots \dots (3)$$

C_f 、 $\tan \delta_f$ はそれぞれタンタル酸化被膜の静電容量及び誘電正接です。 $R_f(\omega)$ は周波数に反比例して減少します。一方 $R_0(\omega)$ は低周波数領域では一定値を示し、高周波数領域

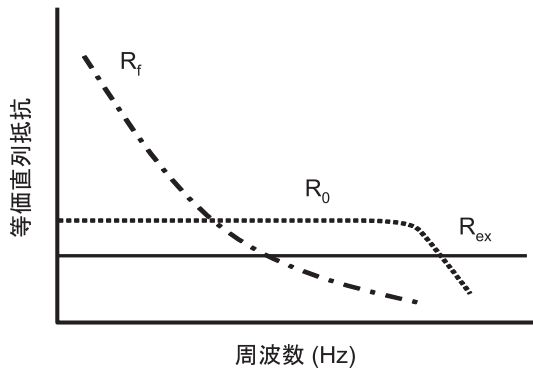


図3 タンタルキャパシタにおけるESRの周波数特性

では、減少し0になります。また、 R_{ex} は周波数に依存せず一定の値を示します。タンタルキャパシタにおけるESRの周波数特性を模式的に表すと、図3のようになります。

一般的に、 R_0 は粉末の微細化に伴って焼結体の空孔形状が小さくなるため増加する傾向にあり、 R_{ex} もまたケースサイズの小型化に伴って素子や構成部品の表面積が減少するため増加する傾向にあります。

4.2 粉末微細化と低ESR化

第3章で述べたように、小型大容量品を実現するためにはタンタル粉末の微細化が必須ですが、微細化に伴って多孔質焼結体の内部に存在する空孔部分は微細化してしまいます。また、焼結体の密度を大きくしてキャパシタ素子1個当たりを使用するタンタル粉末の重量を多くすることでも容量拡大を実現することが可能ですが、この場合も同様に空孔部分が減少します。一般にこのような大容量化の手法を用いる場合には空孔部分の減少により、タンタル粉末の粒子間の空隙が微細になります。

すると固体電解質である導電性高分子を形成する際に使用する液体の含浸性が低下し、焼結体の内部に形成することが困難になります。その結果、導電性高分子が誘電体被膜の表面を十分に被覆できなくなると静電容量が低下してしまい、第4章第1節における R_0 成分も増加します。したがって、小型大容量でかつ低ESR化を実現するためには、導電性高分子を多孔質焼結体の内部に形成する技術が重要となります。

今回、 $200,000 \mu\text{F}\cdot\text{V}/\text{g}$ クラスの微細タンタル粉末において

も焼結体内部に導電性高分子を形成させることが可能なプロセスを新たに開発することにより、従来クラスのタンタル粉末と同程度の被覆性とESRを実現することができました。

4.3 構造変更による低ESR化

更なる低ESR化を実現するためには、第4章第2節で述べた R_0 成分のほかに、 R_{ex} 成分の低減も重要です。このために R_{ex} 成分のうち、導電性高分子をはじめとした陰極層以外の構造に寄与する部分である陽・陰極端子に着目しました。

NeoCapacitorの陽・陰極端子には、母材に42-アロイを使用したものと銅を使用したものがあります。42-アロイは機械的に扱いやすい材料ですが、体積抵抗率が高い(約 $700\text{n}\Omega\cdot\text{m}$)という欠点を持ちます。一方、銅は体積抵抗率が低い材料(約 $17\text{n}\Omega\cdot\text{m}$)ですが、42-アロイに比較して加工が難しいという欠点があります。特に低ESR化のためにタンタル線の直径を拡大した場合には、タンタル線と陽極端子を抵抗溶接する工程において、溶接強度の低下や位置精度が低下するという問題があります。これまで、Vサイズ及びB2サイズでは銅母材の陽・陰極端子を実用化し低ESR化を実現してきましたが、Aサイズでは42-アロイのみを使用していました。

今回Aサイズにおいても低ESR化を推進するために、工法や製造設備の改善を行いました。その結果、42-アロイから銅に変更することで、約 $15\text{m}\Omega$ のESR低減を図ることができました。

5. 開発品の製品特性

以上に述べたような改善施策を実行することにより、Aサイズの定格電圧 2.5V 品にて静電容量 $220 \mu\text{F}$ 、ESR $35\text{m}\Omega$ を、B2サイズの定格電圧 2.5V 品にて静電容量 $330 \mu\text{F}$ 、ESR $9\text{m}\Omega$ を実現することができました。表に開発品の製品仕様を、図4にESRの周波数特性を示します。また図5にはNeoCapacitorにおける低ESR化のロードマップを示します。

表 NeoCapacitor開発品の製品仕様

型番	ケースサイズ	定格電圧 (V)	静電容量 (μF)	ESR ($\text{m}\Omega$)
PSLA0E227M35	A	2.5	220	35
PSGB20E337M9	B2	2.5	330	9

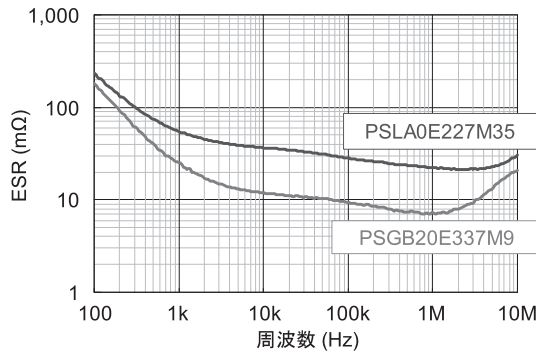


図4 開発品のESR周波数特性

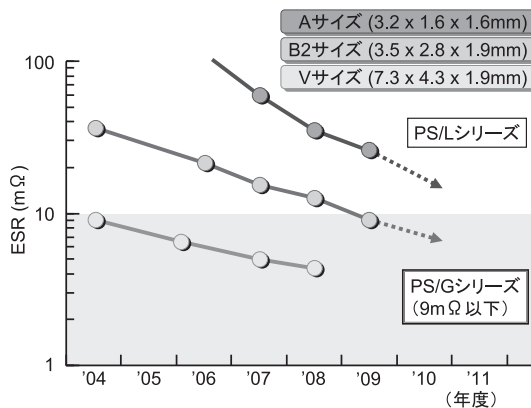


図5 NeoCapacitor低ESR化ロードマップ

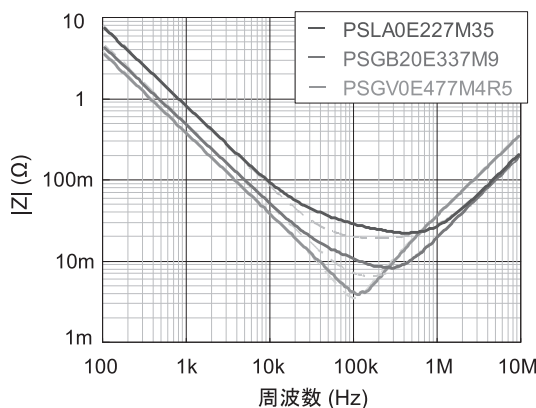


図6 開発品のインピーダンスの測定値（実線）と計算値（破線）

6. NeoCapacitorのインピーダンス特性と今後の展開

一般的にキャパシタは、静電容量CとESR、ESL（等価直列インダクタンス：Equivalent Series Inductance）を持つため、そのインピーダンスZは（4）式のようにになります。

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} \dots \dots \dots (4)$$

ここで、NeoCapacitorのV、B2、Aの各サイズにおける低ESR品についてインピーダンスの測定値と、（4）式から求められる計算値の比較を行うと図6のようにになります。すると10k～300kHzで測定値と計算値の間に差が生じますが、この差は主に第4章第2節におけるR₀を表すこととなります。すなわち、導電性高分子の被覆性を改善し、R₀を低減することができた場合には、計算値である破線までのインピーダンス低減が期待できます。

7. むすび

今回開発した新製品は、小型大容量、低ESRの要求が強い最近のミニノートPCなどに最適です。今後も更なる微細タンタル粉末の実用化や、導電性高分子形成技術の改良、製品構造の変更を図り、Aサイズの330μF、B2サイズの470μFなどの高容量化や、小型品の低ESR化を更に推進し、お客様の要求に合った製品をタイムリーに提供していきます。

執筆者プロフィール

村山 祐司
NECトーキン
キャパシタ事業部
製品技術部

石嶋 正弥
NECトーキン
キャパシタ事業部
製品技術部
マネージャー

田口 和浩
NECトーキン
キャパシタ事業部
製品技術部
主任

田中 良樹
NECトーキン
キャパシタ事業部
製品技術部

高崎 亮
NECトーキン
キャパシタ事業部
生産技術部
主任