

機能性ポリマータンタルコンデンサ (NeoCapacitor)低ESR品開発

村山 祐司・石嶋 正弥・高田 大輔

要旨

NeoCapacitorは導電性高分子を使用したタンタルコンデンサです。NECトーキンではこれまでに、CPUの高速化・低消費電力化・低電圧駆動化に伴い、Vサイズにて9mΩまでの低ESR品を発売してきましたが、さらなる低ESR品の商品開発が求められています。今回これらの市場要求に応えるために、コンデンサ素子の構造と陰極層の一部改善を行うことにより、最先端の6mΩ品の開発に成功しました。

キーワード

●タンタルコンデンサ ●低ESR ●導電性高分子

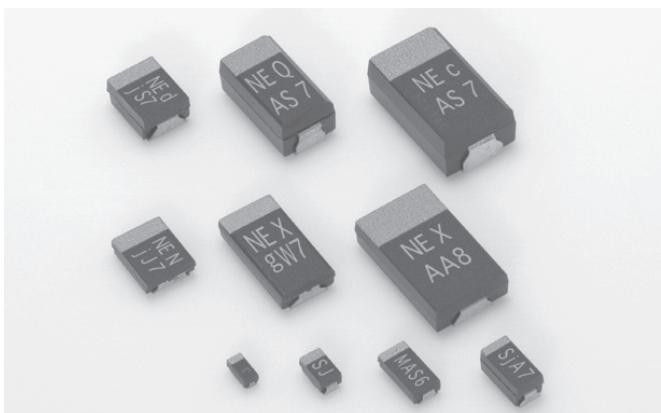
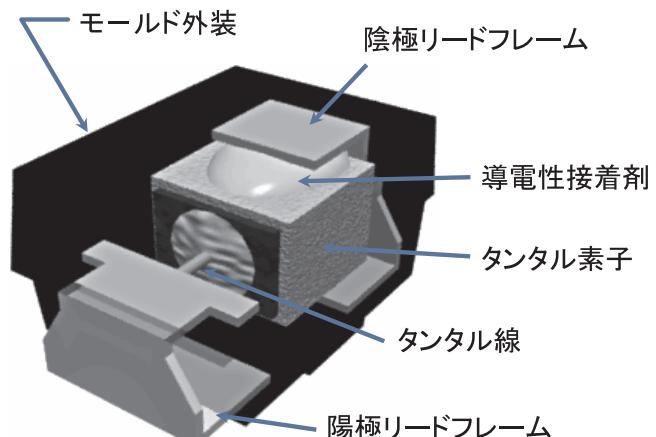
1. まえがき

昨今、CPUの高速化・低消費電力化・低電圧駆動化に伴い、デカップリングに用いられるコンデンサには低ESR化の要求が高まっています。NeoCapacitorは陰極層に導電性高分子を用いたタンタルコンデンサで、従来の二酸化マンガンより導電率の高い導電性高分子を用いることにより、等価直列抵抗(Equivalent Series Resistance: ESR)を大幅に低減し、この要求に応えています。NECトーキンでは、これまでに外形寸法L7.3mm×W4.3mm×H2.0mmMax(Vサイズ)では9mΩまでの低ESR品を開発してきましたが¹⁾、さらなる市場要求に応えるためコンデンサ素子の構造とその陰極層の一部を改善することにより、Vサイズにて最先端の6mΩ品を開発することに成功しました。本稿ではその成果について紹介します。

2. NeoCapacitor 製品概要

一般にタンタルコンデンサは、各種コンデンサ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、タンタルコンデンサの小型大容量技術を踏襲しながら、低ESR化を実現したコンデンサです。図1にNeoCapacitorの構造概略図、写真に製品の外観を示します。

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°C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皮膜(Ta_2O_5)を形成し、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コンデンサ素子を形成します。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し、NeoCapacitorができ上がります。

3. 開発アプローチ

ここでタンタルコンデンサにおけるESRについて説明します。タンタルコンデンサの場合、ESRは次の要素より構成されます。

- 1) R_f : タンタル酸化皮膜およ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孔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/リード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、等価直列抵抗ESRは次式のように表されます。

$$ESR = R_f + R_0 + R_{ex}$$

ESRを周波数の関数として書き直すと

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

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

となります。ここで C_f 、 $\tan \delta_f$ はそれぞれタンタル酸化皮膜の静電容量および誘電正接です。 $R_f(\omega)$ 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、高周波数領域では、周波数の平方根に反比例し減少します。また、 R_{ex} は周波数に依存せず一定の値を示します。ESRの周波数特性を模式的に表すと、図2のようになります。

次にNeoCapacitorの低ESR化を推進していくために、現状品の分析を実施しました。図3にVサイズにて定格電圧2.5V、定格静電容量 $330\mu F$ 、 $ESR < 9m\Omega$ 以下である既存製品のリフロー前後でのESR変化を示します。この結果から $6m\Omega$ というような超低ESR品を開発するためには、以下2点について取り組む必要があると考えました。

- 1) リフロー実施前の製品固有のESR低減
- 2) 製造工程中に実施するリフローによるESR変化の低減

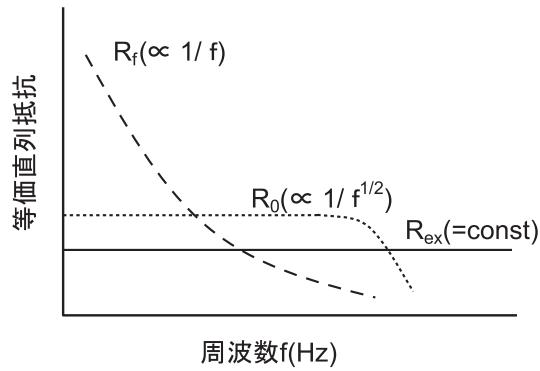


図2 ESRの周波数特性（模式図）

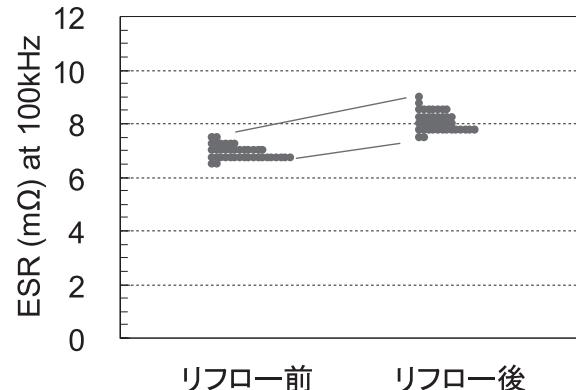


図3 既存品のリフロー前後でのESR変化

上記2つのアプローチにおいて、それぞれ、1)はNeoCapacitorの製品構造に起因する抵抗、2)は導電性高分子・グラファイト・銀より構成される陰極層に起因する抵抗が主要であることがすでに分かっています。これらは上記のESR構成要素のうち1)が R_{ex} 、2)が R_0 と R_{ex} に相当します。そこで今回はこの2点を中心に低ESR品開発を進めました。

4. 低ESR化のための構造検討

NeoCapacitorの製品構造に起因する抵抗を低減するために、タンタル素子から導出されたタンタル線に着目しました。図4はVサイズにおいてタンタル線径とその部位のESRの関係を示したものです。ESRはタンタル線の表面積にほぼ反比例の関係にあるため、ESR低減にはタンタル線径の拡大が有効です。

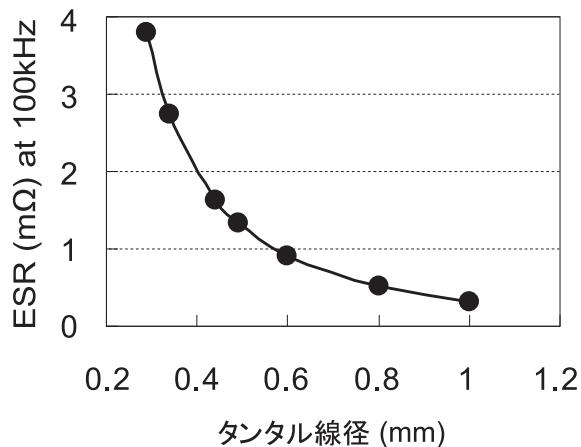


図4 タンタル線径とESRとの相関

従来のVサイズ9mΩ品においては直径0.49mmのタンタル線を使用していましたが、ESR6mΩ品開発のために直径0.8mmのタンタル線の使用を検討しました。しかしVサイズにおいてはタンタル素子厚みが0.84mmであるために0.8mmのタンタル線を直接埋め込むことが困難です。そこで直径0.8mmのタンタル線を厚さ0.35mm、幅1.4mmの扁平状に変形させてタンタル素子に埋め込みました。これによりVサイズのタンタル素子に埋め込むことが可能となり、タンタル線に起因するESRのうち0.9mΩを低減することができました。

またタンタル線を扁平状に変形することにより、タンタル線自身の持つESR以外に下記の2点において接触抵抗に起因するESRを低減することができる。

- 1) タンタル線と陽極リードフレーム間の接続面積が増加することによるESR低減 0.5mΩ
- 2) タンタル線とタンタル素子間の接続面積が増加することによるESR低減 0.4mΩ

この結果、タンタル線を直径0.49mmから0.8mmに変更することにより、製品固有のESRを1.8mΩ低減が可能となりました。

5. 陰極層のESR低減

次に陰極層に起因する抵抗を削減することにより、製造工程中に実施するリフローによるESR変化の低減に取り組みました。リフローを実施した際にESRが変化する理由としては、以下のような推論を立てました。

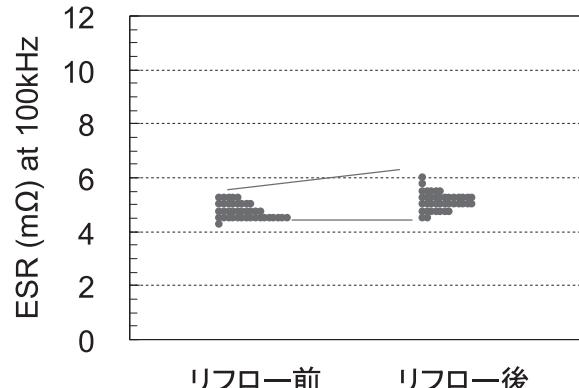


図5 開発した6mΩ品の製造工程中のESR変化

1) リフローによって、製品に240°C前後の高熱が付加されるために外装に使用するモールド樹脂にわずかなずれやゆがみなどの変形が生じる。

2) モールド樹脂の変形により陰極層に物理的なストレスがかかり、導電性高分子の層内や、導電性高分子層～グラファイト層間、タンタル酸化皮膜～導電性高分子層間などで剥離が発生する。

3) 剥離によって陰極層自身の抵抗や層間の接触抵抗が上昇する。

今回、このESR変化を低減するために陰極層の剥離を抑制することができると考えられる制御因子を選定し、品質工学に基づいて8因子L18にて実験計画を立てました。

実験の結果、制御因子として選定した8因子の中から、因子a：タンタル粉末種、因子b：導電性高分子形成工法、因子c：導電性高分子形成回数、因子d：グラファイトペースト塗布量の4因子が陰極層の剥離防止に効果があることが確認されました。図5には、前項で述べたように直径0.8mmのタンタル線を使用した焼結体に、上記4因子の変更を加えた場合の製造工程におけるESRの変化を示します。工程中リフローによる変化が図3に示した9mΩ品の場合は1.2mΩ程度であったのに対して、図5では0.4mΩ程度まで低減されているのが分かります。

上記の4因子を変更したことによるESR低減効果は以下のように考察されます。

因子a：タンタル粉末種を変更することにより焼結体表面の開口部を拡大して、酸化皮膜と導電性高分子層間にアンカー効果を持たせる。

因子b、c：導電性高分子の形成プロセスを変更することに

より焼結体表面の開口部内に効率良く形成し、酸化皮膜との密着性を高める。

因子d：グラファイトペーストを希釈することにより導電性高分子層内への浸透性を改善し、グラファイト層との密着性を高める。また付着量が減少するため、グラファイト膜が薄くなり、抵抗が低下する。

6. まとめ

以上に述べた、製品構造設計の変更による抵抗改善と陰極層の変更を実施した結果、Vサイズの定格電圧2.5V、定格静電容量330 μ FにてESR6m Ω 品を開発することができました。そのESR周波数特性を図6に示します。

今回開発した6m Ω 品により、9m Ω 以下の超低ESR品として発売しているPS/Gシリーズの製品系列を拡大することができました（表にPS/Gシリーズの製品系列を示します）。今後はさらに図7に示すようなESR5m Ω 以下の実現や、外形寸法L3.5mm×W2.8mm×H2.1mmMax(B2サイズ)といった小型品への展開を実施していきます。

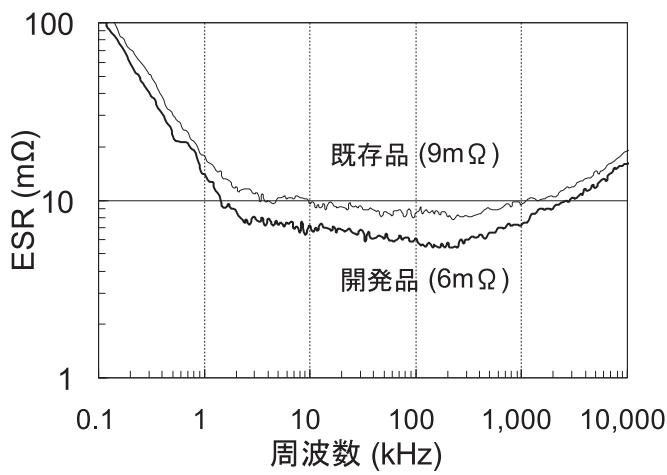
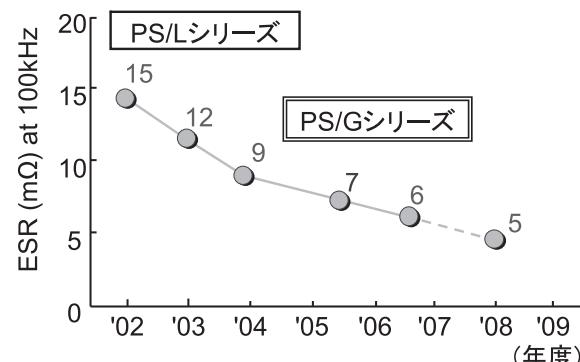


表 NeoCapacitor 超低ESR品 PS/Gシリーズ Vサイズの製品系列

Capacitance (μ F)	ESR (m Ω) at 100kHz		
	9	7	6
220	○	○	△
330	○	○	○
470	○	○	△

○:開発済み

△:開発中



参考文献

- 1) 加藤一幸、萱森孝博、上田勇人、木田文夫：「導電性高分子タンタルコンデンサの超低ESR品開発」NEC TOKIN Technical Review Vol. 32,2005,pp97-100

執筆者プロフィール

村山 祐司
NECトーキン
キャバシタ事業部製品技術部

石嶋 正弥
NECトーキン
キャバシタ事業部製品技術部
マネージャー

高田 大輔
NECトーキン
キャバシタ事業部製品技術部