

機能性ポリマータンタルコンデンサ (NeoCapacitor) 高圧品開発

高田 大輔・石嶋 正弥・村山 祐司

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、市場要求であるCPUの高速化・低消費電力化・低電圧駆動化などを設計コンセプトとして、定格電圧2.5V～16Vの製品化を進めてきましたが、さらに高機能、高信頼性を必要とするサーバ、LCDモジュール市場から商品開発を求められています。これらの市場に必要な定格電圧20Vや25Vをはじめとする高圧品の高耐圧化を達成するために、要素技術開発、素材開発、市場標準品の分析を行いました。同時に設計の最適化や後戻りの排除を目的に品質工学を用いることにより、目標とする破壊電圧50V以上の高圧品開発に成功しました。

キーワード

●タンタルコンデンサ ●高圧品開発 ●導電性高分子 ●品質工学

1. まえがき

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)を大幅に低減することが可能です。NECトーキンでは、市場要求であるCPUの高速化・低消費電力化・低電圧駆動化などを設計コンセプトとして製品化を進めてきましたが、これまでの製品は、定格電圧2.5V～16Vであるため、さらに高機能、高信頼性を必要とするサーバ、LCDモジュール市場向けに定格電圧20Vや25Vなどの高耐圧コンデンサ開発が必要となりました。当社では高圧品開発のアプローチとして、要素技術開発、素材開発と同時に、設計の最適化や後戻りの排除を目的に品質工学を用いることにより、市場要求を満たす高圧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. 開発アプローチ

現状の実力を把握するために、当社従来品の中でも比較的低い定格電圧2.5V～16Vの製品設計を踏襲して20V品と25V品を試作しました。図1に試作品の耐圧試験結果を示します。通常、定格電圧と破壊電圧との関係はゼロ点比例式の関係にありま

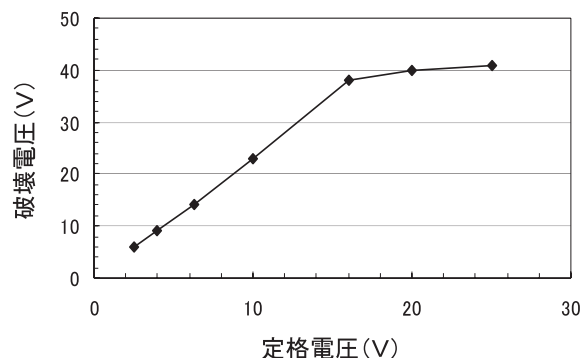


図1 現状設計による破壊電圧

す。それは定格電圧が陽極酸化皮膜の厚みに比例していることから判断できます。ところが、試作品の破壊電圧は定格電圧16Vを超えて横ばいの結果となっており、現状の製品設計を踏襲しただけでは20V品や25V品の実現ができないことが分かります。そこで、新たに高圧品に特化した要素開発を進め、そのアプローチの方法を以下に示すⅠ～Ⅲの3つに区分しました(図2)。

区分Ⅰは、当社要素技術開発です。導電性高分子の形成(以下、重合と称します)の途中段階において電解液中における試作品の電流-電圧特性(以下、Ⅳ特性と称します)を確認して耐圧低下の原因を追究しました。特性確認として定格電圧10V

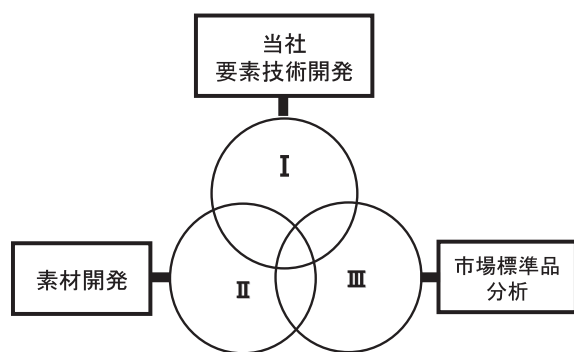


図2 開発アプローチ区分

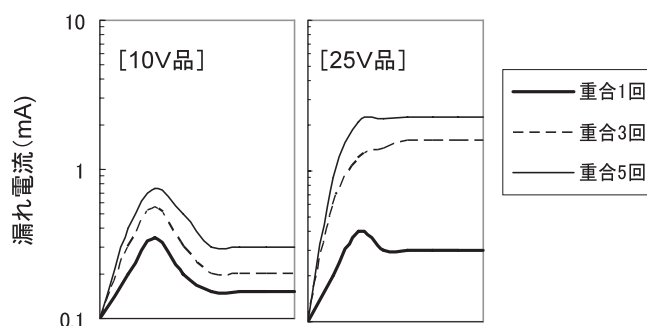


図3 IV特性

と25VのIV特性比較を図3に示します。10V品が重合回数によって電流推移に変化が小さいのに比べて、25V品は重合回数とともに電流値が大きくなり収束していないことがわかりました。この現象をもとに制御因子を選定し、品質工学に基づいてL18実験計画を立てました。さらに区分Iで実施したL18実験により得られた効果因子と、区分IIの素材開発によって開発された制御因子を含めて最適化実験を計画しました。

品質工学は、デバイスの開発や製造条件の最適化において、様々な要因が製品特性に影響を与える場合に大変有効な手法です。一例として、前述した区分IのL18実験計画では、A～Hまでの8因子に対し、品質工学によって定められた18種類のみ組み合わせによる実験を行うことで、8因子中どの因子が製品物性のバラツキや品質改善に効果があるかを見極めました。本稿では品質工学の手法を適用することにより、短期間でより効果的な物性改善と製造条件の最適化を達成しています。

区分IIは、素材メーカーとの共同開発による素材開発を示します。開発項目としては、①高耐圧粉末の開発、②高耐圧ポ

リマーの開発の2点です。

区分IIIは、市場標準品の分析です。ここでは、定格電圧25V市場で標準品となっている製品の解析を実施しました。分析項目は、a.ポリマー種、b.粉末種、c.ペレット設計、d.酸化皮膜厚、e.陽極構造、f.アンダーコートなどです。解析可能な情報において本稿開発品との設計差はほとんどないことがわかり、区分IとIIを中心に開発を進めました。

3. 要素技術開発(開発アプローチ区分I)

開発アプローチ区分Iとして、要素技術開発の結果について本章に示します。第2章で述べたように、素材開発以外の要素に関して制御因子を抽出し、8因子L18実験を実施しました。

制御因子8因子の中でA:焼結体設計、E:陽極酸化形成条件、H:重合プロセスの3因子の効果が確認され最適化を図りました。その結果、破壊電圧は約17%改善されました。3制御因子の各々の効果はA>E>Hの順で効果があり、それらの結果を図4、図5に示します。

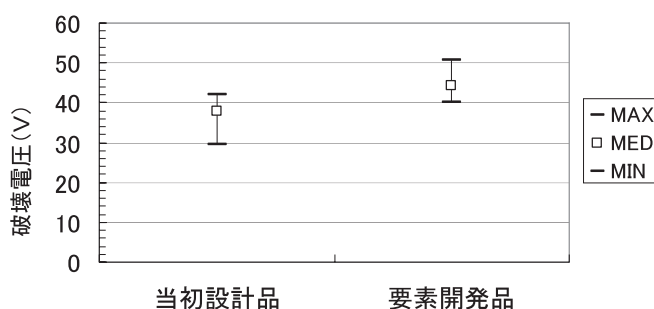


図4 要素技術開発による効果

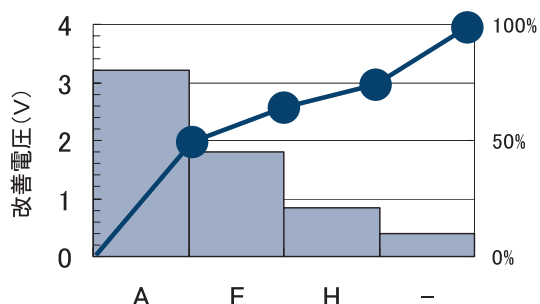


図5 因子別改善効果寄与

4. 素材開発(開発アプローチ区分II)

本章では、素材メーカーとの共同開発を中心に素材開発を実施しました。具体的にはNeoCapacitorの素材構成で高耐圧に最も重要と考える ①高耐圧粉末の開発、②高耐圧ポリマーの開発の2項目です。そして本章で得られた素材開発結果を制御因子として、第3章の効果因子と合わせて最適化を進めることが開発の最終段階です。

高耐圧粉末の開発として、粉末種の検討や粉末をコンデンサ素子として形成する焼結体形成条件などに関して最適条件を絞り込みました。効果因子は、B=粉末種、D=焼結温度でした。

以下に高耐圧粉末の開発に関する内容を述べます。開発に際して必要となるのは粉末強度の向上です。その目的は熱的や機械的応力に対するストレス抑制です。評価の基準となるのは酸化皮膜生成電圧(Vf)に対する漏れ電流特性です。漏れ電流は、Vfの軽減電圧(Vf×0.9)を印加電圧として測定しました。その結果を図6に示します。高耐圧用に開発された粉末は従来品に使用される粉末と異なり、酸化皮膜生成電圧(Vf)によって漏れ電流の変局点なしにフラットな漏れ電流特性を示しました。この結果は要求していた粉末接合強度が得られたことを示しており、開発された高耐圧用粉末での効果が確認できました。

ここで第3章の要素技術開発品と、本章による高耐圧用粉末を用いて破壊電圧を測定しました(図7)。第3章の要素技術開発品と比較すると約17%の改善が見込まれ、さらに当初設計比較で約36%の改善が得られました。

次に、高耐圧ポリマーの開発について述べます。ポリマー

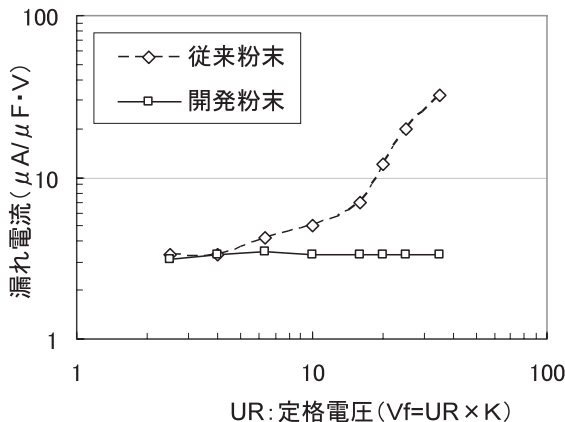


図6 Vfに対する漏れ電流特性

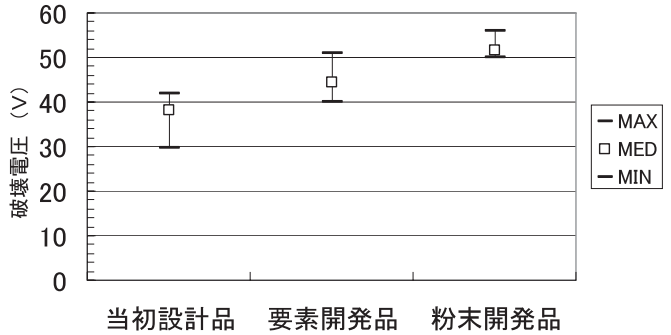


図7 粉末素材開発による効果

の開発については重合材料を始めとしてそれに伴う重合プロセスに関連する因子を抽出し、品質工学に基づいたL18実験を行いました。効果因子は、C=材料種、H=洗浄方法でした。開発に際して要求となるのはポリマー純度の向上です。その目的は酸化皮膜への耐圧劣化抑制です。

本章で評価の基準として、重合の途中段階における電解液中のIV特性を測定しました。開発ポリマーの純度とIV特性を図8、図9に示します。図8の純度はポリマー中の不純物イオン

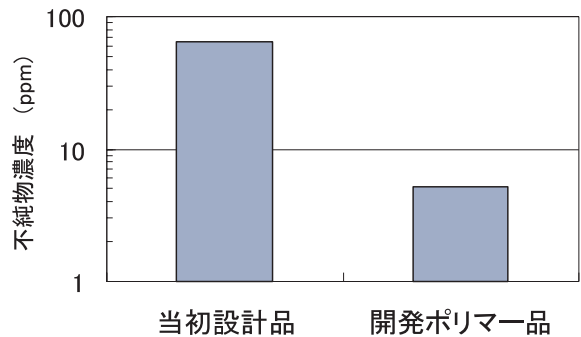


図8 ポリマー不純物濃度

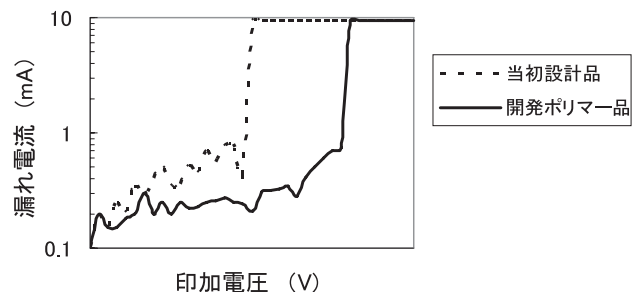


図9 電流電圧特性

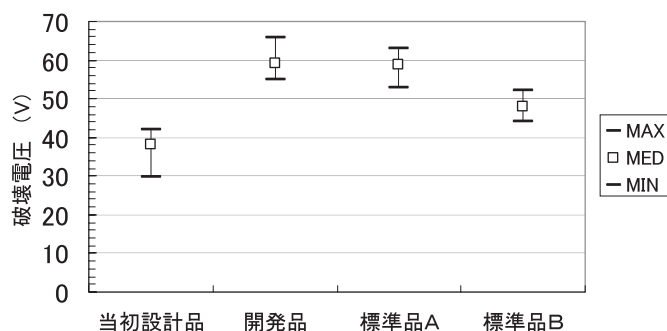


図10 等車開発品と市場標準品の破壊電圧比較

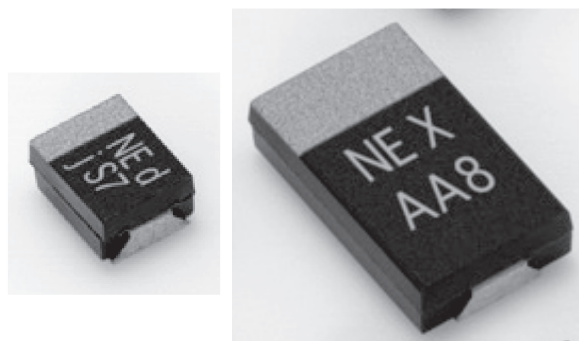
を示します。開発ポリマー品は当初設計品の1/10程度にまで低減されることが確認できました。また、図9より、当初設計品と比較して開発ポリマー品のIV特性は大幅な改善が確認されており、ポリマー設計による高耐圧化が期待されます。

これまでの要素技術開発や素材開発で得られた効果因子を総括して最適化し、市場標準品との破壊電圧を比較しました。比較する製品として、外形寸法L7.3mm×W4.3mm×H2.0mm MAX(当社Vサイズ)、定格電圧25V、定格静電容量22 μ F、ESR 95m Ω の当社開発品を使用し、比較対照の市場標準品も同等のものを使用しました。破壊電圧の結果を見ると(図10)当初設計に比べ1.6倍の改善が図られ、要素技術開発や素材開発(粉末およびポリマー)の最適水準によって十分な効果が得られることが分かります。市場標準品と比較すると、標準品Aとは同等以上の結果が得られ、標準品Bにおいては当社の定格電圧20Vの実力に相当しており、開発品が上回っていることが分かります。また、今回の開発品は、破壊電圧の目標である50V以上を満たしており、当初の目標をクリアしました。

5.まとめ

今回開発したPS/Lシリーズ高圧品(定格電圧20Vや25V)はVサイズを中心に開発しましたが、今後製品サイズの拡大、特に小型サイズへの高圧品製品系列拡大を実施していきます(写真に製品外観を示します)。

最後に、今回の高圧品開発を発展させて高圧品をPC電源、LCDモジュール、車載情報機器市場にデザインインを進めるとともに、NeoCapacitorの信頼性向上に向け、すべての定格電圧域へ要素展開を図っていく予定です。



【B2】

【V】

製品外形寸法

B2:L3.5 × W2.8 × H2.1MAX

V :L7.3 × W4.3 × H2.0MAX

写真 製品外観 (B2、V)

執筆者プロフィール

高田 大輔
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

村山 祐司
NECトーキン
キャパシタ事業部
製品技術部

●本論文に関する詳細は下記をご覧ください。

関連URL: <http://www.nec-tokin.com/product/cap/neocap/neocapm.html>
<http://www.nec-tokin.com/product/tantalumcondenser/index.html>