

低ESL機能性高分子アルミ電解コンデンサ (SP-Cap) の開発

Development of Low-ESL Type Specialty Polymer Aluminum Capacitor (SP-Cap)

川 人 一 雄*
Kazuo Kawahito

CPU (Central Processing Unit) などの電源ラインの安定化や輻射 (ふくしゃ) ノイズ低減に使用される機能性高分子アルミ電解コンデンサ (SP-Cap) において、さらなるノイズ低減が可能となる低ESL (Equivalent Series Inductance : 等価直列インダクタンス) 品を開発した。端子形状および内部構造の変更により、従来比約50 %の低ESLを実現した。本稿では、その設計手法および効果検証について解説する。

Specialty Polymer Aluminum Capacitors are widely used to stabilize power lines and to reduce radiation noise. We have developed a low Equivalent Series Inductance (ESL) model that enables further noise reduction. ESL has been reduced approximately 50 % by changes to the terminal shapes and internal structure. This paper will describe the design method and verification of the effect for SP-Cap.

1. コンデンサへの要求事項

デジタル機器の高機能化に伴ってCPUやGPU (Graphics Processing Unit) が高速化しており、発生するノイズ量も増大している。この電源ラインにノイズ抑制効果の高いコンデンサが求められている。

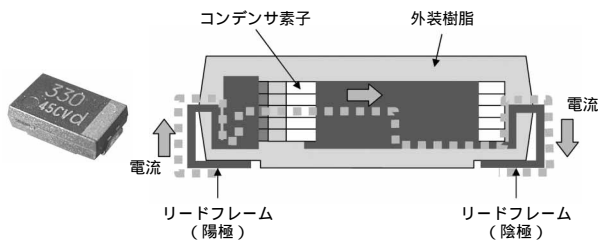
これらの機器においては、主に機能性巻回形電解コンデンサ (以下、機能性巻回形と記す) が用いられてきた。昨今はより高いノイズ抑制が求められるため、高周波域でのインピーダンスの低い機能性高分子アルミ電解コンデンサ (以下、SP-Capと記す) を用いることが多くなっている。

高周波域でのインピーダンスが低いことはコイル成分であるESLが小さいことを表し、機能性巻回形で2500 pH、既存のSP-Capで1200 pH程度である。本開発においては、既存品の半減となる500 pHを目標とした。

2. 既存SP-Cap構造

既存のSP-Capは、曲げ加工を施したリードフレーム上にコンデンサ素子を積層し、トランスファーモールド成型により外装を形成した後、曲げ加工により外部端子を作成している (第1図)。

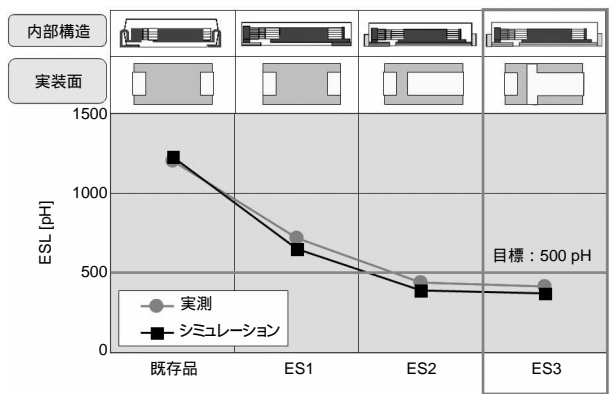
コイル成分であるESLは内部を流れる電流から発生する磁束により決まるため、ESLは電流経路の長さに比例する。低ESL化には電流経路の短縮が効果的であるが、現状の構造では製品内を複雑に電流が流れるため電流経路が長く、ESLという点では不利な構造である。



第1図 既存SP-Cap構造
Fig. 1 Structure of conventional SP-Cap

3. SP-Capの低ESL化

電流経路の最小化を目的として、外部端子が製品下部から直接露出する下面電極構造を基本とし、陽極 - 陰極間の距離および形状を変化させた端子形状について電磁界解析ソフトによるシミュレーションを行った (第2図)。その結果、陽極 - 陰極間の距離の短縮が最もESL低減に効果的であることを見いだした。



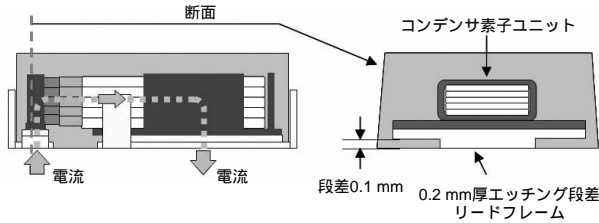
第2図 端子形状とESLの関係
Fig. 2 Relationship between terminal shape and ESL

* パナソニック エレクトロニクスデバイス (株) キャパシタビジネスユニット
Capacitor Business Unit, Panasonic Electronic Devices Co., Ltd.

端子間距離が小さいほどESLは小さくなるが、実装時のショートなどが懸念されることから、端子間距離は極力広いことが望ましい。また、ユーザーによっては使用環境下での端子腐食への懸念から、1.0 mm以下の端子間距離の製品についてはウイスカ発生抑制のために端子めっきの追加処理を求められる場合がある。そのため、端子間距離を1.1 mmとしたうえで、500 pFを満足できる2種類をシミュレーションにより選定し、実際に試作による検証を行った（第2図，ES2，ES3）。

試作においては厚さ0.2 mmのリードフレームを用い、リードフレームの成型体からの剥離（はくり）強度を確保するために、エッチングによって0.1 mmの段差を形成したものをを用いた。既存SP-Capと比較して大幅に電流経路が縮小していることが確認できる（第3図）。

試作での検証より、シミュレーションと試作結果がほぼ一致することを確認し、第2図のように端子間の距離が狭く、端子の対向幅が最も広いES3が最もESLが低く、目標である500 pFを達成できることを見いだした。



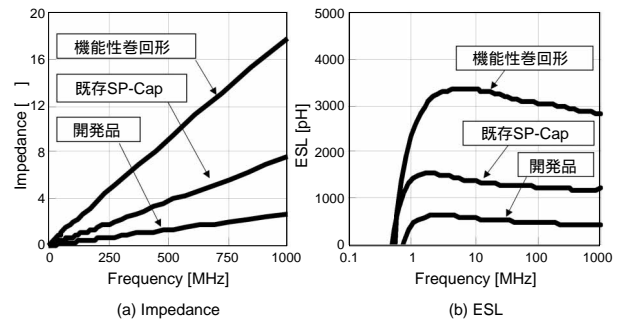
第3図 下面電極構造
Fig. 3 Structure of face down terminal

4. 電気特性およびノイズ除去効果

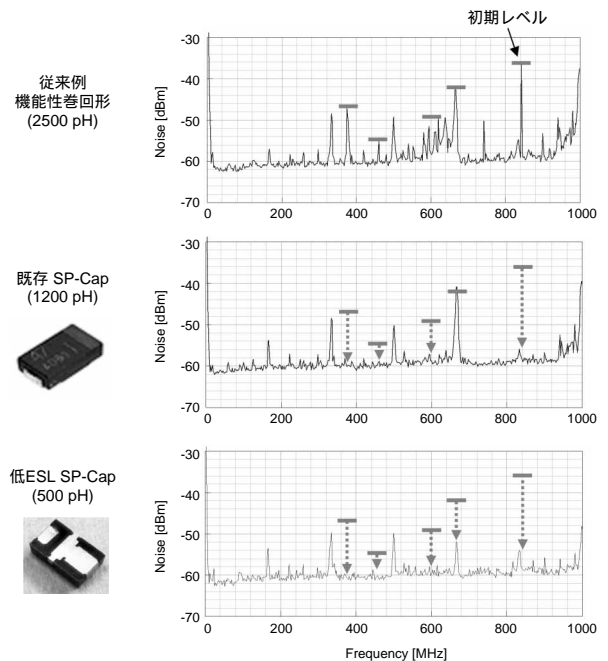
以上の検討により設計を行った製品について、電気特性の評価をネットワークアナライザにより行った。1 GHzのインピーダンス値，ESL値ともに，機能性巻回形と比較して1/5以下，既存品と比較しても1/2以下を達成した（第4図）。

また，ノイズ低減効果の確認として，デジタルTVの信号処理基板において，信号処理LSI直下のコンデンサを機能性巻回形から低ESL品に置き換え，スペクトラムアナライザを用いてノイズ発生状況の確認を行った（第5図）。

機能性巻回形から既存SP-Capへ置き換えることで，200 MHz以上とりわけ400 MHz付近から800 MHz付近に見られるノイズのピークが低減できている。さらに，低ESL品へ置き換えることで，700 MHz付近のクロックノイズも低減しており，低ESL品が高いノイズ低減効果を有することを立証した。



第4図 周波数特性比較 (6.3 V/47 μF)
Fig. 4 Comparison of frequency characteristics (6.3 V/47 μF)



第5図 デジタルTVにおけるノイズ除去効果
Fig. 5 Noise reduction effect at digital TV

5. 今後の展望

本開発品によるデジタルTVでのノイズ測定の結果，ノイズ低減効果が絶大であることが確認でき，今後のさらなる信号処理の高密度化，高速化に対応可能な高性能ノイズ対策デバイスであると確信する。今後，さらに低ESL化を行ったSP-Capの開発を行い，電解コンデンサによるノイズ対策の可能性を広げていく。