

## MLCC の信頼性を確保するための誘電材料設計と評価手法

### Dielectric material design and evaluation methods for securing reliability of MLCCs

太陽誘電 (株) , 森田 浩一郎, 志村 哲生, 阿部 紳一, 佐々木 信弘

TAIYO YUDEN CO., LTD., Koichiro Morita, Tetsuo Shimura, Shinichi Abe, Nobuhiro Sasaki

E-mail: kmorita@jty.yuden.co.jp

積層セラミックコンデンサ (MLCC) は、体積あたりの静電容量が大きく信頼性が高いため、家電、ネットワークサーバー、産業機械、自動車などに広く利用されている。高性能なスマートフォンでは既に 0402 形状 ( $0.4\text{ mm} \times 0.2\text{ mm} \times 0.2\text{ mm}$ ) の超小型 MLCC が使われている。さらに小さい 0201 形状品も既に量産化され普及が期待される。最先端の MLCC は  $0.5\text{ }\mu\text{m}$  未満の非常に薄い誘電体層を備えている。したがって高電界に長時間耐え得る信頼性の高いセラミック材料が必要である。MLCC 業界の材料開発者はこのセラミック誘電体材料の信頼性向上に絶えず取り組んできた。その結果、より薄い誘電体層を多数積み上げることが可能となり、MLCC の容量密度は過去 10 年間で 100 倍以上に拡大した。

誘電体材料の信頼性向上には直流電界下での酸化物イオン欠陥 (酸素空孔) の移動を抑制することが必要である。Ni を内部電極とする MLCC (Ni-MLCC) では電極の酸化を防ぐために還元雰囲気中で焼成する必要がある。このため酸化物誘電体は一部還元され、冷却後も酸素空孔が残留する。この残留した酸素空孔は直流電界下でカソードへ向かって移動することができ、このことが MLCC 経時絶縁劣化の主原因の 1 つであると広く受け入れられている。そこで、酸素空孔量を減らし、さらにその移動を妨げるために様々な材料設計が検討されている。私たちはセラミック誘電体の微細構造と電気特性の両方から信頼性に対するさまざまな添加元素の影響を明らかにしてきた。たとえば、誘電体一層あたりの粒界数を確保することの重要性に加え、粒界の Mn 偏析が Ni-MLCC のデバイス寿命と絶縁特性に支配的な影響を与えることを明らかにした。私たちはこうした粒界の役割について理解を深めるために、電気インピーダンス解析と熱刺激脱分極電流 (TSDC) 解析をよく利用している。当日の講演ではその解析例を紹介する。

実際に世の中に出回る Ni-MLCC の信頼性を確保するには、上述のような材料設計のみならず、デバイスとしてのいわゆる「出来栄え評価」を適切に行うことも重要である。特に実際の使用環境での信頼性を正確に予測することが非常に重要である。MLCC の寿命はまともに試験するにはあまりに長いため、高温と高電圧で加速した「高加速寿命試験 (HALT)」によって比較的短時間で評価されるのが普通である。したがって「HALT による評価が実使用条件 (つまり加速されていない条件) での寿命を保証できるか」ということが非常に重要な命題となる。当日の講演では、この命題に対してこれまでに提唱されているモデルとその根本的な問題について説明するとともに、その問題を解決するために私たちが提案した物理モデルと寿命予測式を紹介する。