

積層セラミックコンデンサ用ニッケル超微粉

Ultrafine Nickel Powder for Multilayer Ceramic Capacitors

1. はじめに

コンデンサは、電子回路や電源に欠かせない重要な電子部品のひとつで、電圧安定化やノイズフィルタなどの役割を果たす。コンデンサの基本構造は、絶縁体を2つの金属板や金属箔で挟んだもので様々な種類があるが、なかでも絶縁体にセラミックを利用したセラミックコンデンサが、小型、高耐熱性、高精度という特徴により需要が伸びている。特に、**図1**に示すセラミックと金属を交互に積層した小型、高容量のMLCC (Multilayer Ceramic Capacitor: 積層セラミックコンデンサ)は、コンデンサ生産数量の約80%を占めている。

MLCCは、スマートフォン1台あたり300から1000個が使用され、自動車1台あたり3000個から6000個、EVでは1台あたり10000個搭載されている。次世代通信規格「5G」の伸張によるモバイル機器の高密度実装分野の拡大および「CASE」のような自動車の電装化の拡大による車載向けの大容量、高電圧の大型チップの需要の増加に伴い、MLCCの搭載数は今後も更に増加すると予想される。

1層おきに異なる端子電極と接続されるMLCCの内部電極は、ペースト化した金属粉を誘電体層の上に印刷で薄く塗布した後に焼成することで形成される。この内部電極用の金属粉には、現在、主に粒子径0.2 μm 前後のニッケル超微粉が使用されている。JFEミネラルは、世界で初めてCVD法 (Chemical Vapor Deposition: 化学気相反応法) によるニッケル超微粉の工業的量产化に成功し、1995年の商品化以来、MLCCの高性能化に貢献してきた¹⁾。

本報では、内部電極材料としてのニッケル超微粉に求められる特性とニッケル超微粉の製造方法を概説した上で、近年ニーズの高い内部電極の薄層化に対応するため、0.6 μm 以上の粗大粒子を低減した平均粒子径0.2 μm のトップグレード品について紹介する。

2. ニッケル超微粉

2.1 内部電極材料としてのニッケル超微粉

写真1に、様々なサイズのMLCCの例を示す。

2009年には1005サイズ (1.0 mm \times 0.5 mm) のMLCCが市場の50%を占めていたが、2020年時点では0603サイズ (0.6 mm \times 0.3 mm) が主流になっており、0402サイズ (0.4 mm \times 0.2 mm) の構成比率も高くなっている²⁾。MLCCの小型化、

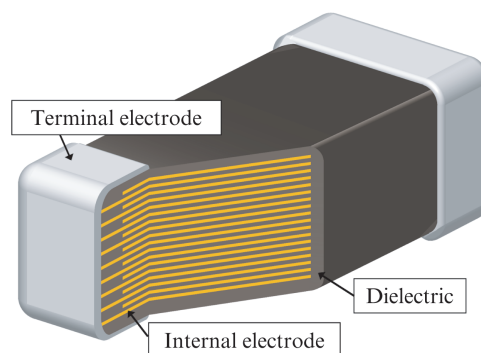


図1 MLCCの構造

Fig. 1 Cutaway view of MLCC

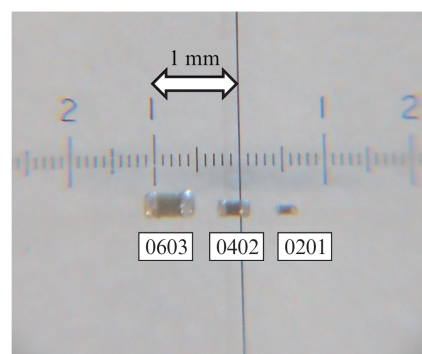


写真1 各種サイズ MLCC

Photo 1 Various sizes of MLCC

大容量化を両立するには、セラミック層と内部電極層の薄層化が必要となり、最先端品では内部電極層の厚みが0.5 μm に至っている。

電極層の薄層化に伴い、電極材となるニッケル超微粉には、誘電体層を突き抜けて短絡を発生させMLCCの耐久性を低下させる粗大粒子の低減が求められる。さらに、焼成時に高温域で急速に焼結させないための高結晶性およびペーストを塗布した際に高い平滑性と充填性を確保するペースト中での高分散性が要求される。

2.2 ニッケル超微粉の製造方法

当社では、反応炉内に固体の塩化ニッケルを導入して気化させ、発生する塩化ニッケルガスを水素ガスで還元するCVD法でニッケル超微粉を製造している。CVD法では、気相反応中の滞留時間を制御することで生成する粒子の粒径を制御できる。

写真2に平均粒子径0.4 μm 品から0.1 μm 品の走査電子

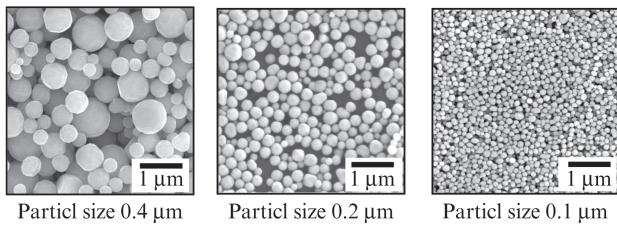


写真 2 0.4 μm 品から 0.1 μm 品の SEM 像

Photo 2 Scanning electron micrographs of ultrafine nickel powder with average diameter from 0.4 to 0.1 μm

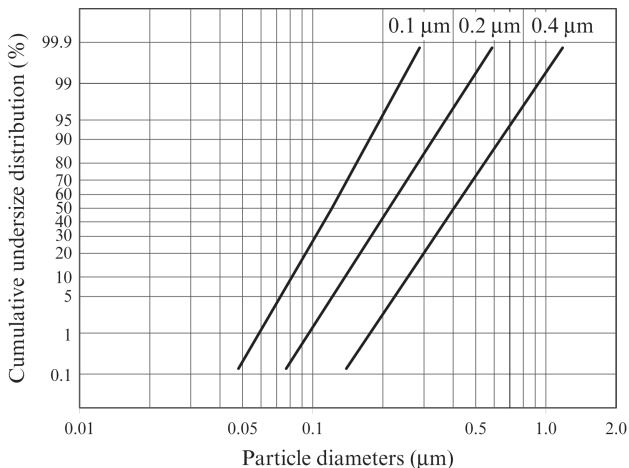


図 2 0.4 μm 品から 0.1 μm 品の粒度分布

Fig. 2 Cumulative undersize distributions of ultrafine nickel powder with average diameter from 0.4 to 0.1 μm

顕微鏡像 (SEM 像) を、図 2 にそれらの粒度分布を示す。これらのデータからわかるとおり、CVD 法では粒度分布のシャープなニッケル超微粉を製造することができる。

CVD 法では、製造したニッケル粉に微量の塩化ニッケルが残留するため、水洗で除去する。また MLCC 用途の場合、ppm オーダで混入している粗大粒子を、重力場を利用した分級操作で取り除く。水洗、分級を経た粉は、乾燥、梱包行程を経て最終製品になる。

2.3 ニッケル超微粉の製品グレード

既に述べたように、MLCC 用途のニッケル超微粉の場合、粗大粒子の数が品質の重要な尺度になる。粗大粒子は、狙いとする粒度分布の上限を超えた大きさの粒子で、わずかな量でも MLCC の信頼性にかかわる品質の低下を招く³⁾。

小型、高容量化を目的として MLCC の内部電極層を薄くするには、使用するニッケル粒子の粒子径を小さくする必要がある。しかし、小径化すると粗大粒子の影響がより顕在化しやすくなるため、粒度分布を狭小化し粗大粒子を少なくする必要がある。現在主流の平均粒子径 0.2 μm 品で、2 μm 以上の粗大粒子の低減が求められた際、当社はミクロンオーダの分級技術を実現して現在の標準グレード品を商品化し

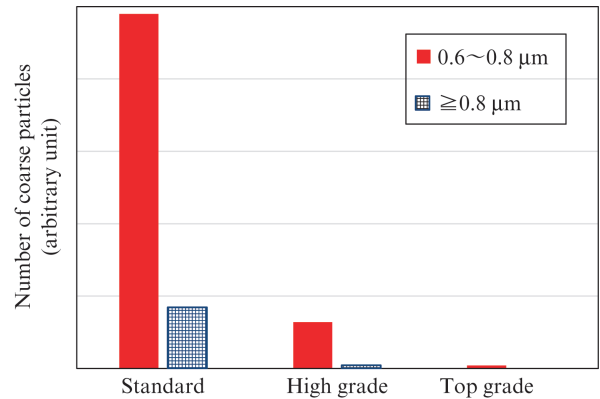


図 3 0.2 μm 品のグレード別の粗大粒子数

Fig. 3 Number of coarse particles of various grades of ultrafine nickel powder with average diameter 0.2 μm

た。また、0.8 μm 以上の粗大粒子の低減要求に対しても、サブミクロンオーダでの分級を可能にする分級技術を開発して高グレード品を商品化した。このような分級技術の改良もあって、当社のニッケル超微粉は小型、高容量の MLCC に多く採用されてきた。

現在、MLCC メーカー各社では薄層化が更に進み、対応する電極材料粉にも更なる高品質化が求められている。この要望に応えるため、CVD 反応技術の改良や分級効率を上げるための分散処理技術の開発などにより、平均粒子径 0.2 μm 品で 0.6 μm 以上の粗大粒子を極限まで低減したトップグレード品を、新たに開発し商品化した。

図 3 に 0.2 μm 品のグレード別の粗大粒子数を示す。トップグレード品では、標準グレード品や高グレード品と比較して 0.6 μm 以上の粗大粒子が大幅に低減されており、現在、お客様から高い評価をいただいている。

3. おわりに

CVD 法で製造している MLCC 内部電極用ニッケル超微粉、特に、現在主流の 0.2 μm 品のトップグレード品について紹介した。JFE ミネラルは、MLCC メーカー各社の次世代 MLCC に対応するため、これからも更なる高品質グレード品の研究開発に取り組んでいく。

参考文献

- 1) 小型・高容量積層セラミックコンデンサ用ニッケル超微粉. JFE 技報. 2005, no. 8, p. 66-68.
- 2) 2028 年までの電子部品技術ロードマップ. JEITA, 2019, 430p. (P. 211)
- 3) 野村武史. 積層セラミックコンデンサの小型大容量化・高信頼性化と材料・プロセス技術. 情報機構, 2018, 219p. (p. 78)

〈問い合わせ先〉

JFE ミネラル 機能素材事業部 第 1 営業部
TEL : 03-5445-5215 FAX : 03-5445-5222
ホームページ : <http://www.jfe-mineral.co.jp/>