

LTCC に用いられる低誘電損失 ガラスセラミックス

日本電気硝子株式会社 技術部

馬屋原 芳夫

Low dielectric loss glass-ceramics using for LTCC

Yoshio Umayahara

Nippon Electric Glass Co., Ltd. Technical Division

1. LTCC とは

LTCC とは Low Temperature Co-fired Ceramics の略であり、低温同時焼成セラミックスと訳される。ここで言う「低温」とは、850℃ から 1000℃ の温度範囲のことであり、銀粉末や銅粉末の焼結温度範囲に等しい。つまり、LTCC は銀や銅と「同時」に焼成できるセラミックスであるということが出来る。なぜ銀や銅の導体が使われるかという点、これらの導体は電気抵抗が $2\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下と低く、回路基板、特に高周波回路基板の導体に適しているからである。アルミナ基板 (High Temperature Co-fired Ceramics) は 1600℃ で焼成されるため、同時焼成される導体には高融点のタングステンが使われる。タングステンの電気抵抗は $5.6\mu\Omega\cdot\text{cm}$ であり、高周波回路では導体損失が高くなってしまふ。このような理由で焼成温度が重要であるが、この低温焼成を達成するために、結晶性または非晶質のガラス粉末とセ

ラミック粉末の複合材料が使用される。

導体と同時焼成できるため、これらの導体を内部に含む積層構造にすることができる。この積層構造は通常、LTCC 粉末をシート (テープ) 状に成形し、導体をスクリーン印刷してから熱圧着したものを焼成することにより得られる。図 1 に LTCC 製造プロセスのフローチャートを示す。

LTCC を使用したデバイスやモジュールでは通常 10~20 層の積層構造をもつ。配線を内層化することにより、表裏 2 面を受動部品や半導体集積回路の実装に有効に使用することができる。最近の技術では導体にとどまらず、インダクター (L)、コンデンサー (C)、抵抗 (R) を内層化することにより、さらに高密度となった回路基板を実現している。

2. 低誘電損失 LTCC の用途

LTCC は高密度実装に適した技術であるため、携帯電話等の小型化の要求が強い部品やモジュールに使用されることが多い。フロントエンドモジュール、パワーアンプモジュール、カメラモジュールなどがその代表例である。

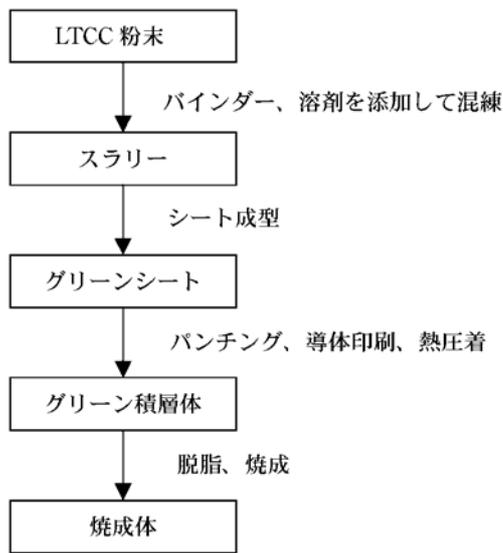


図1 LTCC 製造プロセス

近年、家庭内の機器のネットワーク接続に無線 LAN が有望視されている。これらの無線通信に使用される周波数は 2.4 GHz 帯と 5 GHz 帯の 2 種類である。この高周波回路の信号の減衰は、導体損失と基板の誘電損失の和となる。そして信号の周波数が 1 GHz を境に高周波領域では誘電損失の影響が支配的になる¹⁾。したがって無線 LAN に代表される高周波回路基板では、低誘電損失 LTCC が適している。

3. 誘電損失の要因と低損失化の対応

誘電損失には大きく分けて 4 つのモードがある。それを周波数に対応させて示したのが図 2 である。伝導損失や双極子緩和損失は 100 KHz (10⁵ Hz) 以下の低周波で起こるので考慮する必要はない。1 GHz (10⁹ Hz) 以上の高周波では、図 2 にあるように振動損失と変形損失が誘電損失の要因となる。振動損失とは、誘電体中のイオンの平衡位置での格子振動による損失である。また、変形損失はネットワーク構造の変形による損失をあらわす。したがって

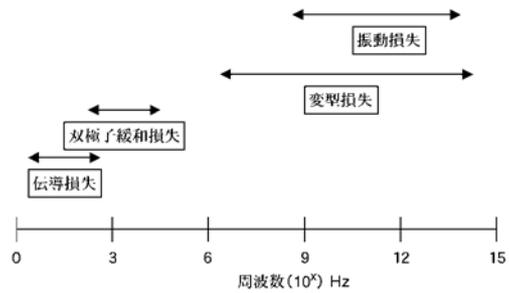


図2 誘電損失の種類

誘電体の振動損失、変形損失をできるだけ小さくすることにより低誘電損失 LTCC を得ることができる。振動、変形損失を小さくするにはガラスよりも結晶の方が有利である。結晶のほうが構造が強固で変形や振動が起きにくいいためである。そこで筆者らは 1000℃ 以下の温度で結晶化する結晶性ガラス粉末を選択した。

ガラス組成を決定する際のポイントは、低損失の結晶が 1000℃ 以下で析出し、かつ焼成後に残存するガラス相を極めて少なくなるような組成を考慮することである。この観点から筆者らはディオプサイド結晶性ガラスを開発した。ディオプサイドは CaO・MgO・2SiO₂ の組成式で表される低誘電損失の結晶である。この結晶を主として複数の結晶相が析出することにより、焼成後には残存ガラス相が 5 wt% 以下になる。

4. 低誘電損失 LTCC の特性

表 1 に最近開発した低誘電損失 LTCC である MLS-61 の特性を弊社標準材料の MLS-1000 との比較で示した。誘電損失は約 3 分の 1 に低減している。また、MLS-61 の曲げ強度は 280 MPa と高く、高信頼性が要求されるモジュールに適している。

また、MLS-61 は高誘電率材料である MLS-41 (誘電率 = 19) と同時焼成することができる。その写真を図 3 に示した。この図のよう

表 1 低誘電損失 LTCC の特性表

| コード名 | 誘電特性 (2.4 GHz) | | 曲げ強度 (MPa) | 膨張係数 (ppm/°C) |
|----------|----------------|-----|---------------|------------------|
| | 誘電損失 | 誘電率 | | |
| MLS-61 | 0.0007 | 8.1 | 280 | 7.7 |
| MLS-1000 | 0.0020 | 8.0 | 274 | 6.1 |

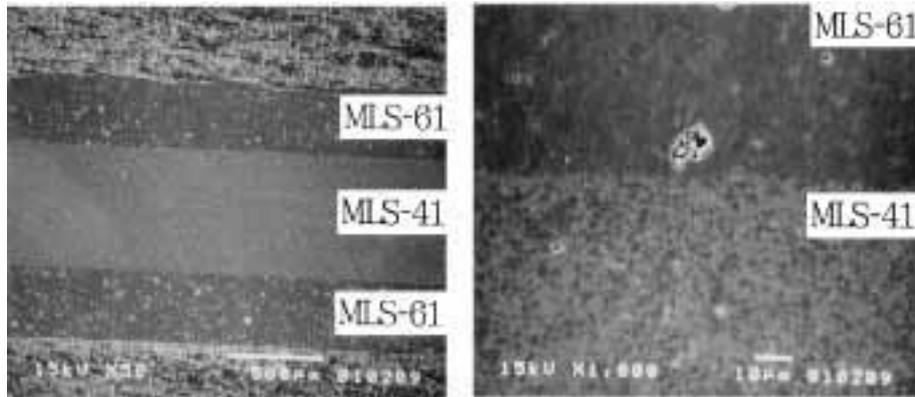


図 3 MLS-61 と MLS-41 の同時焼成基板の断面写真 (右は界面の拡大写真)

に誘電率が高い LTCC を内層化することにより、コンデンサーやフィルターなどの受動部品を基板内部に作りこむことができる²⁾。

5. ま と め

無線通信ネットワークに必要とされる低誘電損失 LTCC 材料について紹介した。損失を低減するということは、エネルギー効率が上がるということである。このことは例えばバッテリーを電源としている場合は、充電までの使用

時間が延びるということを意味する。今後も優れた基板材料を提供することにより無線通信の発展に貢献していきたい。

参 考 文 献

- 1) 碓井有三, ボード上の GHz 動作定量分析が最適な処方箋, NIKKEI ELECTRONICS, 2002 年 1 月 7 日号, 107-113.
- 2) 一括積層でコスト半減 部品内蔵で機能のみ込む NIKKEI ELECTRONICS, 2002 年 4 月 22 日号, 123-124.