

# LTCC 基板

(1995年～現在)

LTCCは、Low Temperature Co-fired Ceramicsの頭文字よりなり、低導通抵抗体であるAgまたはCuを導電体として使用したセラミックス多層回路基板の一種である。低温の意味はそれ以前の一般的なセラミックス多層基板であるMoまたはWを導体成分とした $Al_2O_3$ セラミックス多層基板の焼成温度(約1600°C)より低温である900°C前後で焼成されることに由来している。最初に実用化された品は、その低導通特性とセラミックスの低誘電特性を生かし、信号の高速伝播速度を重視したスーパーコンピュータ用母基板であり、その後セラミックスの耐熱性を利用した自動車用や小型軽量化が求められた通信機器分野への応用が1980年代半ばより開始された。自動車用としては、1995年よりABS(Antilock Brake System)<sup>注1)</sup>に用いられるECU(Electro Control Unit)基板として最初の量産が開始され、次いでエンジン制御用ECU基板への応用も始まった。その後はTCU(Transmission Control Unit)<sup>注2)</sup>用ECU基板へも展開され現在に至っている。今後は、自動車の安全性、環境性の向上にさらなる電子制御化が進み、それに従いLTCC基板の応用範囲もますます広がってゆくと考える。

## 1. 製品適用分野

自動車用のエンジン、変速機、方向、ブレーキ等の制御用電子回路基板(図1, 2)。



図1 LTCCをECU基板に用いたABSモジュールの外観



図2 LTCCをECU基板に用いたTCUモジュールの外観

## 2. 適用分野の背景

LTCCが最初に実用化された分野は、1970年代より開発が始まったスーパーコンピュータに使用するMCM(Multi Chip Module)用の母基板であった。基板上に直接ICを高密度に搭載し、かつ信号伝播速度を高速化することを目的とし、当時使用されていたプリント配線版やHTCC<sup>注3)</sup>基板に代わり、Cu配線を用いたLTCC基板であった。

一方、自動車用配線基板へのセラミックス基板の応用は、耐熱性が必要とされるエンジンルーム内へ適用するため、1980年代までは比較的簡単な回路を有するイグナイター等の制御基板として使用され、 $Al_2O_3$ 製セラミックス上へ導体、抵抗体を厚膜法にて回路を形成した単層HIC基板であった。その後公害対策等環境問題の解決のため、高度な電子制御が必須となり、要求される回路規模が増大し従来のHIC基板では、搭載不可能となったため、アルミナ基板上へスクリーン印刷方法にて多層化したHIC多層基板や、W導体で多層配線したアルミナ基板の表面にCu導体にて配線を行い $LaB_6$ 系のサーメット抵抗を表面に形成したHTCC多層基板などの多層セラミックス基板が使われ始めたが、ともに長期信頼性や量産性に欠点があり主流となり得なかった。そこでLTCC基板が当時としては画期的なLW方向無収縮焼成技術を持って実装性に優れ、従来のAg系HICに用いられていた導体、抵抗体技術を応用した高精度、高信頼性、小型高集積セラミックス基板として登場した。その代表的構造を図3に示した。

Key-words : LTCC, セラミックス基板, 車載用ECU基板, 無収縮焼成技術

注1 Antilock Brake Systemの略で、自動車でのブレーキ操作時にブレーキの滑りを防ぐため、固定化(ロック)されないように制御する部品

注2 Transmission Control Unitの略で、自動車での自動変速機を制御する部品

注3 High Temperature Co-fired Ceramicsの略

### 3. 製品の特徴

LTCC基板に用いられるセラミックスとしては、配線材料としてAg, Cuを用いるため、焼結温度は900℃前後であり、また回路基板として機能させる事より、半導体やコンデンサー等の受動部品実装のため、表面導体部は半田、導電接着剤等による受動部品との接合性、ICとのAu線による良好なワイヤーボンディング性が要求される。そこで、表面導体上へのNi/Au等の高付着強度を有しかつ清浄な表面状態を持ったメッキ膜の形成を、さらに小型高密度化のため、基板上へ抵抗体を直接形成させねばならない。また近年の環境負荷低減の動向に合わせ、Pb等の環境汚染物質を排除した材料系が求められる。

これらの要求特性を全て満たす材料として、導電体としてAg, 抵抗体としてRuO<sub>2</sub>とガラスよりなるサーメット抵抗、絶縁セラミックスとして、フィラーはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ガラスはCaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系よりなる複合材料としたLTCC基板が商品化された。

さらにLTCC基板は上述の基板特性以外に、焼結時にZ軸方向のみ収縮し、XY方向無収縮する焼成後の基板寸法精度の極めて良いいわゆる「無収縮焼成」が可能であり、大きな特徴となっている。

#### 3.1 セラミックス, 導体, 抵抗体特性

表1に代表的なLTCCセラミックスの特性を、表2に導体, 抵抗体の特性, 用途を示した。

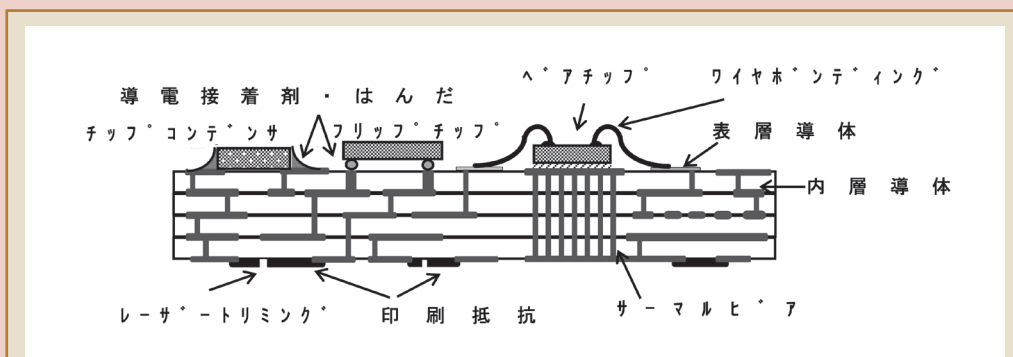


図3 車載用LTCC基板の代表的構造

表面にICをAu線のワイヤーボンディング技法で表面導体と結線し、ICの発熱をサーマルヒートにて裏面へ逃がし、かつ裏面に印刷抵抗を形成させ高密度な構造を実現させた。

表1 セラミックス材料特性例

| 項目    | 特性  |
|-------|---|
| 化学組成  | CaO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 焼成温度  | 890℃  |
| 嵩密度   | 2.9 g/cm <sup>3</sup>   |
| 抗折強度  | 270Mpa  |
| 誘電率   | 7.7   |
| 熱膨張係数 | 5.5 × 10 <sup>-6</sup> / °C   |

表2 ペースト材料特性例

| 種別  | 材料               | 主な用途                               |
|-----|------------------|------------------------------------|
| 導体  | Ag               | 配線導体                               |
|     | Au               | ワイヤーボンディング用導体                      |
| 抵抗体 | RuO <sub>2</sub> | RuO <sub>2</sub> 抵抗、10~300kΩ/シート抵抗 |

### 3.2 基板平坦性と寸法精度

LTCC 基板最大の特徴である、焼成時に焼成物の上下層に形成した非焼結層が焼成物に拘束力を加えることで、平面方向には収縮させず、厚さ方向のみを収縮させる無収縮焼成法を適用し、優れた平坦性と寸法精度を同時に実現させている。その一例を表3に示した。

### 4. 製法

一般的な多層セラミック基板の製造法であるグリーンシート積層法が主に用いられているが、焼成方法は種々の方式が採用されている。主力の無収縮焼成方法にも加圧法、無加圧法、無拘束層法と3種類ある。図4には代表的な加圧無収縮焼成方法の製造プロセスを示した。

### 5. 将来展望

LTCC 基板は、車載用セラミック多層 ECU 基板の分野において、今後の車両の軽量化や高度な電子制御等の厳しい要求に答えるよう小型高密度化・高信頼化を、他の実装基板では実現不可能な独自技術を進展させることにより実現させ、更なる発展が期待できるであろう。

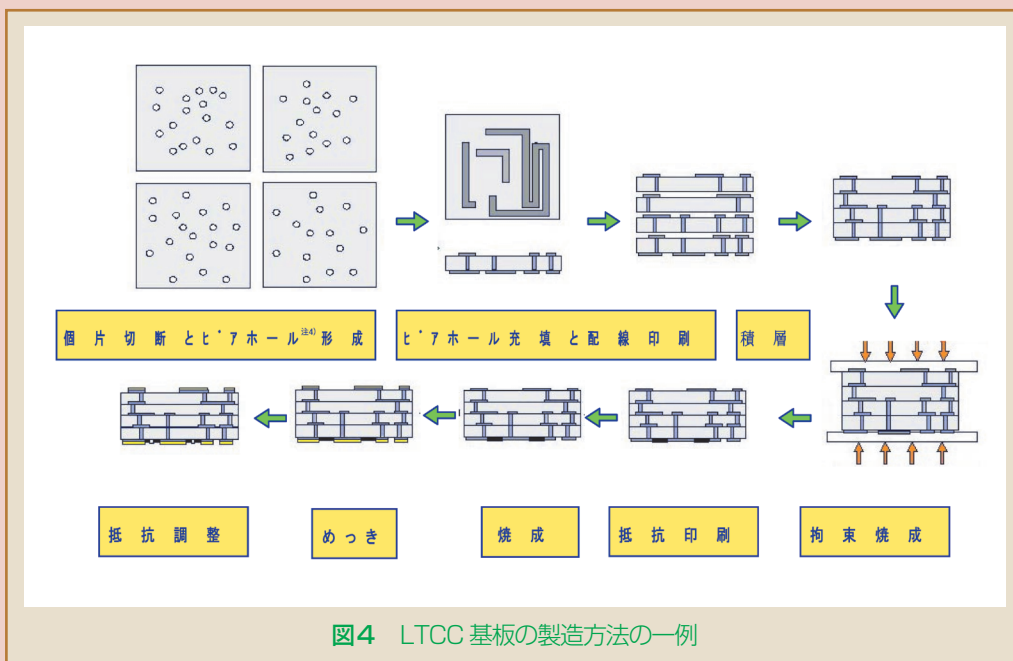
#### 文献

- 1) S.Nishigaki, S.Yano, J.Fukuta, M.Fukaya and T.Fuwa, *ISHM*, 225-234 (1985)
- 2) S.Nishigaki, J.Fukuta, S.Yano, H.Kawabe, K.Noda and M.Fukaya, *ISHM*, 429-449 (1986)

[連絡先] 福田 順三  
(株)大垣村田製作所  
〒503-0034 大垣市荒尾町 1122

表3 LTCC 基板特性例

| 特性       | 特性値              |
|----------|------------------|
| 基板寸法精度   | ±0.05%           |
| 基板平坦性    | 5 μm / 4 mm □    |
| 最大基板寸法   | 203.2 × 203.2 mm |
| めっき種別    | Ni/Au、Ni/Pd/Au   |
| 表層印刷抵抗精度 | 抵抗値：±1%          |
|          | 抵抗温度係数：±100 ppm  |



注4 配線層間を電氣的に結ぶ目的で、基板平面に対し垂直方向への配線として用いるための導体を挿入する、グリーンシートに形成した穴