

第2章

誘電体の材料と構造が特性を決めている

コンデンサのいろいろ

コンデンサは多種多様な材料と形状をもっています。電子回路を設計する際には、いろいろなコンデンサと、さまざまなデバイスをうまく組み合わせることが大切です。そのなかで、セラミック・コンデンサの位置づけがわかるようにまとめてみましょう。

2-1 誘電体による分類

コンデンサは、まずは使われている誘電体物質によって分類できます。そして、誘電体の特性が部品としての製造プロセス、製品形状を決め、最終的な部品としての性能が決まります。

● 古くから使われてきた誘電体

歴史的に古くから使われてきた誘電体として、空気、紙、雲母が上げられます。

空気の誘電率は赤外領域の下では周波数に無関係で、密度に依存することが知られています。これにより、空気コンデンサ(エアギャップ・コンデンサ)は、高周波領域でも安定して使えます。むしろ、高周波を与えた際には、空気の誘電体物性ではなく、金属の表皮効果で抵抗成分がわずかに上がるのが見えます。温度安定性も、構造にもよりますが、電極や支柱として使われている金属や絶縁体の熱膨張に依存します。

難点は、比誘電率が1と極小であることで、容量あたりの体積が非常に大きくなることです。近年まで、多摩電用から「ミゼット・バリコン」の名前で、エアギャップのバリコンが販売されていましたが、これも生産を終了したようです。このコンデンサをNMRなどの共振回路のチューニングに使用していた測定器メーカーや研究者が困っているところでした。

紙コンデンサも古くからあり、紙の両面に金属箔を付けて巻回して作られたものや、紙に金属電極を蒸着して巻回したものがあります。

紙、つまりセルロースの比誘電率は2程度と低いいため、紙に誘電率の高いオイルを含浸させたコンデンサもあります。これは、音響用のコンデンサとして今も生産されているようです。高音質とされる「オレンジ・ドロップ」もこの系統です。なお、環境に悪いPCB(PolyChlorinated Biphenyl; ポリ塩化ビフェニル)を含浸させたコンデンサが過去に使われ、これの保管、

取り扱いは、今も法的に厳重に管理されています。

紙コンデンサの進化系が今日のフィルム・コンデンサですが、誘電体のフィルム材料も変遷があります。スチロールを使ったスチコンは電気特性が良かったのですが、耐熱性が低く、またアルコール洗浄で溶けてしまうといった問題から、手はんだ実装からフロー、リフローによる自動実装に移り変わるなかで、ほとんど使われなくなりました。

● マイカ・コンデンサ

セラミック・コンデンサの先祖ともいえるべき、雲母(マイカ)を使ったコンデンサも歴史が長く、第2次世界大戦前から使われていたようです。

マイカは比誘電率が7であるけれど、安定な誘電体材料で、温度依存性が小さく信頼性が高いことから、今でも信号機や地中配線などの壊れてはいけないところで多く使われています。

筆者も、超低温の実験で、10 mK くらいまで冷却して使ったことがあります。日本では、双信電機がリード線付きや面実装品を生産供給しています。

● セラミック・コンデンサ

今回のテーマであるセラミック(ceramic; 磁器)を誘電体としたコンデンサです。今日では、酸化チタンやジルコン酸カルシウム系の常誘電体を使った温度補償系のI型、チタン酸バリウム系の強誘電体を使った高誘電率系のII型、半導体セラミックスを使った粒界絶縁型のIII型が一般的なセラミック・コンデンサと分類されています。

主に流通しているI型は、白色や灰色、II型は焦げ茶色なので、見た目では区別が付きやすい(写真2-1)。最近では、内部の誘電体や電極の厚みが1 μmより薄くなってきているようです。つまり、この誘電体や電極を作る材料がナノ粒子になっていて、半導体の製造プロセスと同じような長さスケールです。直接、大気中プロセスと真空プロセスを比較するものではありませんが、そこで使われる顕微鏡などのベースとなる技術は同様なので、常に最先端の装置が必要になります。

先にも触れた、先祖のマイカ・コンデンサもまだまだ現役ですし、温度安定度の高い、標準コンデンサとして使われる溶融石英(フューズド・シリカ)を使った