

セラミックスの技術革新：電子機器の発展について Technological Innovation in Ceramics: Development of Electronic Appliances

北條 純一¹・平尾 喜代司²・単 躍進³

HOJO Junichi¹・HIRAO Kiyoshi²・SHAN Yue Jin³

¹九州大学 工博・²産業技術総合研究所 工博・³宇都宮大学 工博
¹Kyushu University, Dr. Eng・²AIST, Dr. Eng・³Utsunomiya University, Dr. Eng

セラミックス、技術革新、アーカイブズ、電子機器、小型化
Ceramics, Technological innovation, Archives, Electronic appliance, Miniaturization

セラミックス材料の展開

人類の文明の発展とともに、陶磁器、耐火物、セメント、ガラスなどのセラミックス製品は、生活に密着した材料として発展してきた。これらはいずれも加熱プロセスを経て製造されており、「火」を巧みに利用したセラミックスの技術革新の大きな第一歩であった。一方、セラミックスのもつ優れた強度、耐熱性、化学的耐食性、多様な電磁氣的・光学的機能を活用するため、新しいセラミックス、すなわちニューセラミックスの世界が20世紀の約100年の間に開拓されてきた。高純度の人工原料の開発、高度な成形・焼成技術など、様々な新技術がその発展を支えてきた。さらには、単結晶、多結晶、繊維、薄膜、微粒子など、形態・微細構造の制御による高機能化を目指したファインセラミックスの世界が拓かれてきた。

セラミックスの特徴は、化合物の多様性である。周期表にある様々な元素を組み合わせることによって、数多くの材料を合成することができる。金属酸化物が主流であるが、炭化物、窒化物など自然界にはない材料も使用されている。従来からのセラミックスの特長は、高強度、熱的・化学的安定性である。この性質は、ガスタービンなど、エンジニアリングセラミックスの開発へと活かされてきた。一方、セラミックスのもつ様々な電磁氣的・光学的性質は新しい機能性セラミックスを出現させた。とくに、高度情報社会を支える電気・情報通信機器の発展はめざましく、携帯端末、表示ディスプレイ、光学・光通信機器、コンピュータ、OA機器、オーディオ、家電製品に多数のセラミックス素子が用いられている。電気・情報通信分野における大きな課題は、機器の高性能化と小型化・軽量化であった。本稿では、携帯端末を例として、電子機器の発展とセラミックスの役割について紹介する。

情報通信の発展とセラミックスの役割

米欧に先駆けて日本で移動体通信のサービスが始まったのは、1979年12月であり、日本電信電話公社（現NTT）が自動車電話のサービスを開始した。さらに携帯電話は、1989年に世界で初めてポケットに入る小型端末が発売されて以来、世界的規模で急速に普及してきた。図1に携帯電話の中核をなす情報伝達部のブロックダイアグラムの例を示す¹⁾。

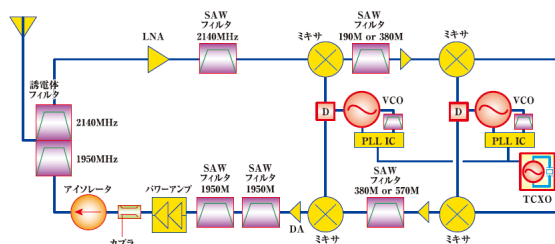


図1. 携帯電話の送受信回路のブロックダイアグラム例

アンテナで受信されたマイクロ波は誘電体フィルタに必要な信号（電波）を通過させ、さらに、低ノイズアンプ（LNA）で増幅される。弾性表面波（SAW）フィルタは、電波周波数以外の周波数成分をノイズとしてカットするために使われている。図1では、受信周波数は2段階で低い周波数に変換されている。GHz帯の受信周波数は、まず1段階目のローカル発振器からの周波数とミキサで混合されて数100MHz帯に変換され、SAWフィルタを通して、2段階でさらに低周波数帯へと変換される。ローカル発振器からミキサへ安定した周波数信号を送るための基準信号源として温度補償型水晶発振器（TCXO）が使用されている。送信信号はこれと逆の流れであり、ここでアイソレータはアンテナからの反射波がパワーアンプに戻るのを防止している。送受信側とも電流の安定供給（デカップリング）と直流信号の平滑化のためのチップキャパシタが多数配置されている。こ

の情報通信機器の発展に大きく寄与したのは、セラミックス素子の活用である。SAW フィルタにはLiTaO₃の圧電単結晶、TCXO には人工水晶、誘電体フィルタにはBa(Sm,Nd)₂Ti₄O₁₂、アイソレータにはガーネット型フェライト、チップキャパシタにはBaTiO₃などが利用され、素子の小型化がはかられてきた。

チップキャパシタの小型化

チップキャパシタは、携帯電話等の小型携帯機器のアナログ、デジタル回路におけるデカップリング用途、電源回路における平滑用途などに広く用いられる重要な部品であり、携帯電話では1台あたり約250個使用されている¹⁾。セラミックス系のチップキャパシタの特長は、小型で広い容量範囲をもち、高い絶縁抵抗、破壊電圧、高耐熱などの高信頼性があげられる。図2は積層構造型のチップキャパシタのイメージ図である。

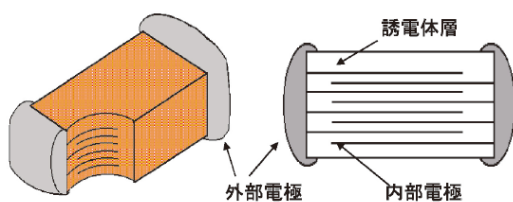


図2. チップキャパシタの概略構造

誘電体 (BaTiO₃) と内部電極 (Ni,Cu) を交互に重ね、各内部電極は交互に外部電極 (Cu) と接続されている。静電容量は誘電体層が薄く、内部電極面積が広いほど大きくなるため、チップキャパシタの多層・小型化が進められてきた。図3は単位体積あたりの静電容量と誘電体層厚みの推移を示しており、2005年には1μm厚みの誘電体層を500層重ねたキャパシタが実用化され、静電容量が飛躍的に増大している。図4はチップキャパシタのサイズ別数量構成率の推移である。静電容量の増大にともなって、現在、1.0×0.5mm へと推移し、0.6×0.3mm 以下の超小型サイズの比率が増加している。このような超小型化が達成できたのは、セラミックスのファイングレイン化、シート成形技術、内部電極形成技術の高度化など、多くの要素技術の開発によるものである。

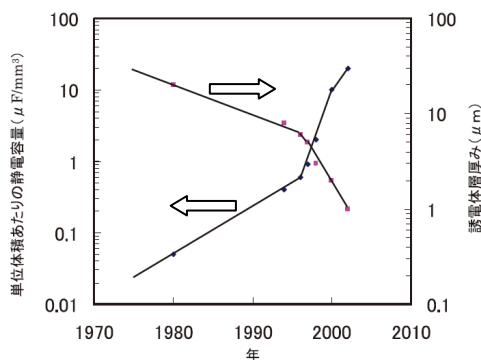


図3. 誘電体層厚みと単位体積あたりの静電容量の推移

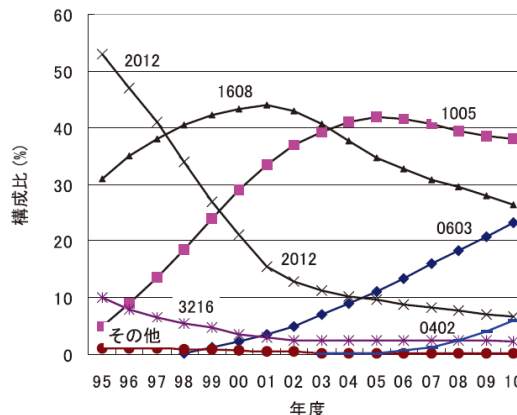


図4. チップキャパシタのサイズ別数量構成率 (記号3216, 2012, 1608, 1005, 0603, 0402はそれぞれ3.2×1.6mm, 2.0×1.25mm, 1.6×0.8mm, 1.0×0.5mm, 0.6×0.3mm, 0.4×0.2mmのサイズを示す。)

まとめ

セラミックスはその優れた特長を活かして、電気・情報通信、輸送・航空宇宙、エネルギー、製造産業、住宅・建築、医療・衛生、生活・レジャーなど、各種分野の発展に貢献してきた。情報通信機器の小型・高性能化への寄与はその一端である。これらの技術の発展を収集、整理、保存し、体系化することは、21世紀のセラミックス産業の発展につながるものである。本研究では、様々な技術要素からなるセラミックス製品について、機能・用途を中心として分類・解釈することにより、セラミックス技術の体系化をはかり、日本セラミックス協会誌のアーカイブズに公開していきたい。

参考文献

- 1) 日本セラミックス協会, セラミックス, 41 (No. 8), 625-642 (2006).