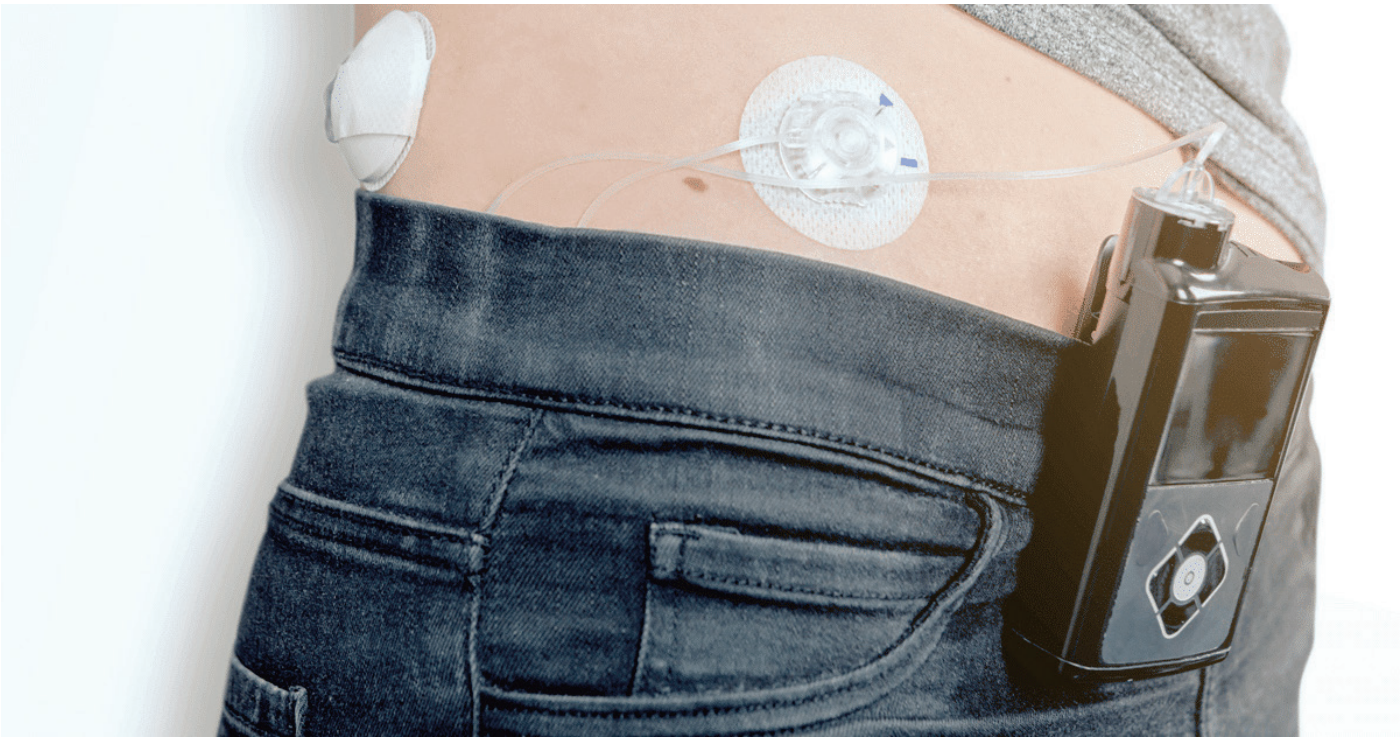
熱可塑性ファラデーケージ: 医用機器のEMIシールド用に特化した重合体(Polymer)

Leen-Pieter Deurloo
Martin Sas
Ph.D. Marnik Vaes

はじめに

今日の電子機器は、電磁両立性(EMC)に影響し、結果的にデバイスの性能に影響を与える可能性の高い電磁干渉(EMI)を発生する場合がある。統合された導電性を備えたポリマー化合物は、EMI および静電気放電の課題を解決する潜在的なソリューションである。このような熱可塑性材料は、電子機器に最適なレベルの電磁シールドを提供する一方、複雑な形状を設計する自由度が非常に高くなり、2次操作を回避することで処理を合理化することができる。

導電性熱可塑性化合物は、自動車の電子機器用途(例えば ADAS:先進運転支援システム)や、5G ネットワークなどの電気通信、家電製品、産業用ソリューション(例えばロボット工学応用機器や配電用装置)、ヘルスケア(例えばウェアラブルのワイヤレス診断機器)などに使用できる。



1. 接続された医用機器

コスト削減の必要性もあって、世界の医療システムでは現在、急性期および慢性期の患者の治療においてパラダイムシフトが起きつつあり、病院から外来や在宅へと、医療提供の移行が進んでいる。この変化により医用機器メーカーに求められているのは、製品にデータ取得機能およびワイヤレス接続機能を搭載して患者の遠隔モニタリングを可能にし、最終的には治療コストを下げることである。これが、接続された医用機器の将来像である。

もちろん接続された医用機器は、他の治療法との組み合わせなど、さまざまな環境で設計どおりに使用された場合、確実に安全でなければならない。患者との直接接触が必要なデバイスは、単なる皮膚接触であっても、生体適合性が必須で、基本的な免疫機能を妨害したりアレルギー反応や毒性反応を引き起こさないように、機能しなければならない。

2. EMI の課題

接続される医用機器のメーカーは、生成される無線信号の主な通信内容への干渉という安全上の課題に直面する。これは医用機器の性能と正確さに悪影響を与える可能性がある。この状況は、電磁干渉（無線周波数干渉または RFI とも呼ばれる）として知られる現象に起因している。近接した電子機器はノイズ信号を発生するなど、互いの動作に悪影響を与える傾向がある。電磁干渉は、約 150 年前の Guglielmo Marconi 氏による貢献以来、無線通信に影響を及ぼし、電子機器、実装、コンプライアンスに関わる技術者にとって、今日でも難問のままである。

EMI 伝播には伝導、リアクティブ結合、放射という3つの主要なメカニズムがある。本稿では、無線周波数（RF）スペクトラムすなわち非電離放射線に焦点を当てる。

電磁両立性規格および試験の目的は、電気機器が最小限の干渉レベルで互いに近接していても、安全に動作できることである。医用機器を周囲環境や他の機器の信号から隔離するシールドは、EMI 管理の EMC 要求に対応するのによく使われる。簡単に言うと、シールドとはデバイス内の敏感な部品の周りに一種のファラデーケージを作ることであり、通常、金属製ケースまたは同様の考え方で作る。

だが、接続された医用機器の大部分は無線インフラと直接、あるいはスマートフォンやタブレットなどの消費者向けデバイス経由で間接的にお互いに影響し合うため、シールドは複雑化する。接続された医用機器は、信号電力レベルが異なるさまざまな RF 帯域に依存しており、主に短距離無線技術を使用してさまざまな通信モードで動作する。医用機器などの接続された機器に使用され、相互作用する一般的な通信プロトコルは、近距離無線通信（NFC）、Bluetooth（BT）、Wi-Fi（WLAN）、ZigBee、およびそれらの低電力型である。これらは工業、科学、医用（ISM）電気機器や短距離無線通信機器（SRD）など、無線スペクトラムの免許不要の周波数帯域で動作し、それぞれ EMI に対するシールドの必要性が生じる。図1は、一般的な無線機器の電力性能を示している。

EMI は通常、電界強度単位の標準的な放射エミッションレベルで周波数 30 MHz を超えると顕著になる。ヘルスケアおよび家電機器の電磁両立性規格は、対応機器を意図的に使用する環境に応じて、いくつかのカテゴリに分類されている。また広い周波数範囲にわたって放射 EMI のイミュニティレベルと限度値も規定している。図2は、そのような限度値と特定の無線技術の放射電力レベルとを比較し、一部を要約したものである。

シールド効果（SE）とは、内部または外部の EMI に対する障壁として機能し、他の電気機器の有害な信号から保護する材料の能力

TYPICAL RF POWER PERFORMANCE

RF Device	Radiated power	Power level	Medical devices and adjacent	Electric Field strength	Electric Field strength level
BT Class2	2 mW	3 dBm	body-worn devices and implants	0.3 V/m	110 dBµV/m
BLE					
laptop WiFi module	10 mW	10 dBm		0.7 V/m	117 dBµV/m
BT Class1	100 mW	20 dBm	low power wireless devices – wearables and monitoring devices	2.2 V/m	110 dBµV/m
WiFi router					
cellular phone	250 mW	24 dBm	WiFi and cellular network based devices	3.5 V/m	130 dBµV/m
5G small cell	500 mW	27 dBm		5.0 V/m	134 dBµV/m
4G base station	20 W	43 dBm	4G base station devices (not applicable)	30 V/m	150 dBµV/m
5G MIMO base station	100 W	50 dBm	not applicable	70 V/m	157 dBµV/m

図1. 医用環境に干渉すると思われる無線機器の一般的なRF電力性能

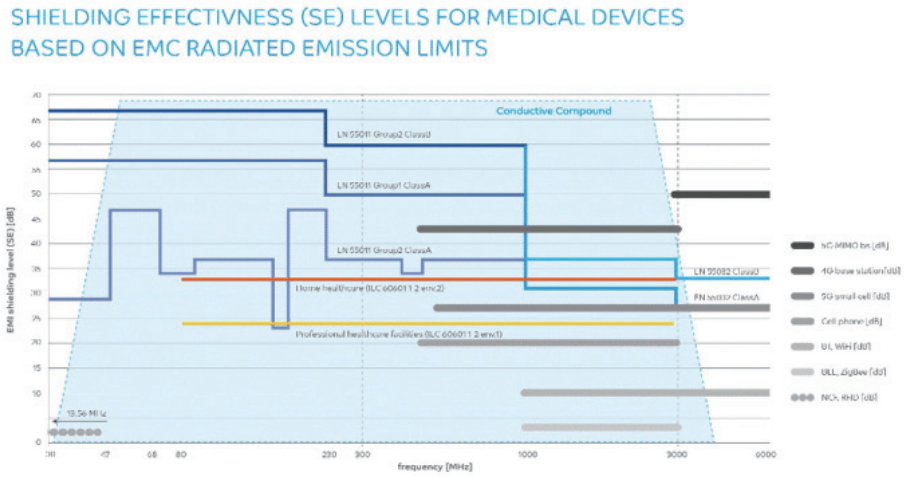


図2. EN 55011: 2016、EN 55032: 2015、IEC EN 60601-1-2: 2015に基づくシールド効果（SE：shielding effectiveness）から見た電磁両立性放射エミッション限度値および無線技術の放射RF電力レベルの例。固有の導電性のある熱可塑性化合物を選択した場合のシールド効果の範囲が強調されている