

ワイヤレス給電式医療機器の製作および臨床応用

藤原茂樹¹, 敖金平², 北畑洋³

¹徳島大学病院歯科麻酔科, ²徳島大学社会産業理工学部, ³大学院医歯薬学研究部口腔科学部門臨床歯学系歯科麻酔学分野

研究開発の目的

医療機器へワイヤレス給電することによって医療用機器の電池交換や充電用コンセントケーブルを用いた充電のためコンセントプラグの差し忘れによる未充電やケーブル・スパゲティシンドロームの頻発と言った問題点を減少させること目的とした。

また、ワイヤレス給電式の医療機器を在宅医療に導入し、給電だけでなく情報伝達をも可能とすることにより、在宅中の高齢者の急激なバイタルサインの悪化の早期発見につながり、尊い生命の救命に大きく寄与することは明らかである。本研究で試作するワイヤレス給電式の医療機器から送受信された信号を高速で解析し、早期の救急隊の派遣や在宅での救急対応・救急救命処置に繋げることも本研究の2つ目の目的とした。

研究開発の内容及び成果

図1に本研究で作成した無線電力伝送システムを示す。大きく送信部と受信部から成り立っており、送信部は、主に信号発生器、増幅器、送電アンテナで構成される。受信部は、主に受信アンテナと整流回路で構成される。

試作機のシステムについて

本研究の試作器のワイヤレス給電で使用したマイクロ波帯域は5.8GHz, 2.45GHz, 0.92GHzの3帯域を使用した。5.8GHz帯域にはオープンリングシステム、2.45GHz, 0.92GHzの帯域には遠非接触給電式のシステムを使用して試作機の開発に取り組んだ。

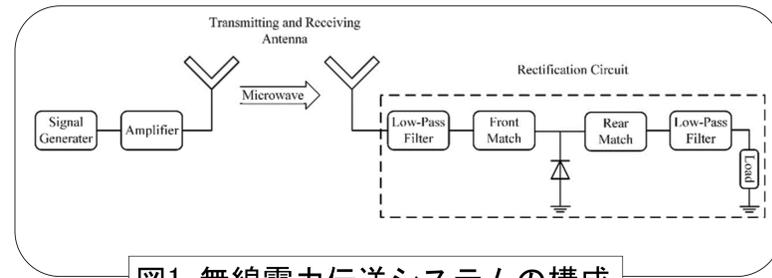


図1 無線電力伝送システムの構成

Siダイオード特性と変換効率

本研究ダイオードで使用したダイオードは大きく分類して2つ。1つはSiダイオード、2つ目は窒化ガリウム (GaN) ダイオードである。



図2 マイクロ波給電モジュール

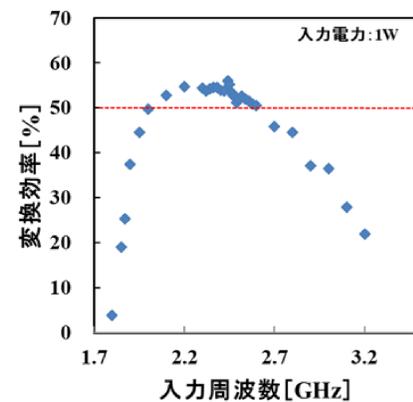


図3 レクテナ回路の入力周波数依存性

図2と図3に2.45GHz帯域のマイクロ波で作動するように設計した試作機 (図2) と使用したマイクロ波の電力への変換効率を示した。本試作機のレクテナ回路にはSiダイオードを使用した。図3の変換効率 (%) と入力周波数 (GHz) をプロットしたグラフから分かるように、変換効率を50%以上とすると、許容される帯域幅は約2~2.6GHzとなることが分かった。最大値の60%となる効率が得られた時の入力電力は1W、負荷は68Ω、電圧は6.38Vであった。

GaN (窒化ガリウム) ダイオード特性の測定結果とシミュレーション結果

測定結果とシミュレーション結果の比較を図4に示す。50%以上、70%以上、75%以上のそれぞれの効率、13 dBm (0.02 W) から 32.8 dBm (1.91 W)、18.8 dBm (0.076 W) から 32.8 dBm、22 dBm (0.158 W) から 32.8 dBmの範囲となっている。

注) 図4の注釈

- (a) 異なるSBDを使用した整流器のシミュレーション効率
- (b) シミュレーション結果と測定結果の効率の比較
- (c) DC電圧と入力電力
- (d) 反射係数とさまざまな入力電力での周波数
- (e) 変換効率と負荷抵抗
- (f) DC電圧と動作時間

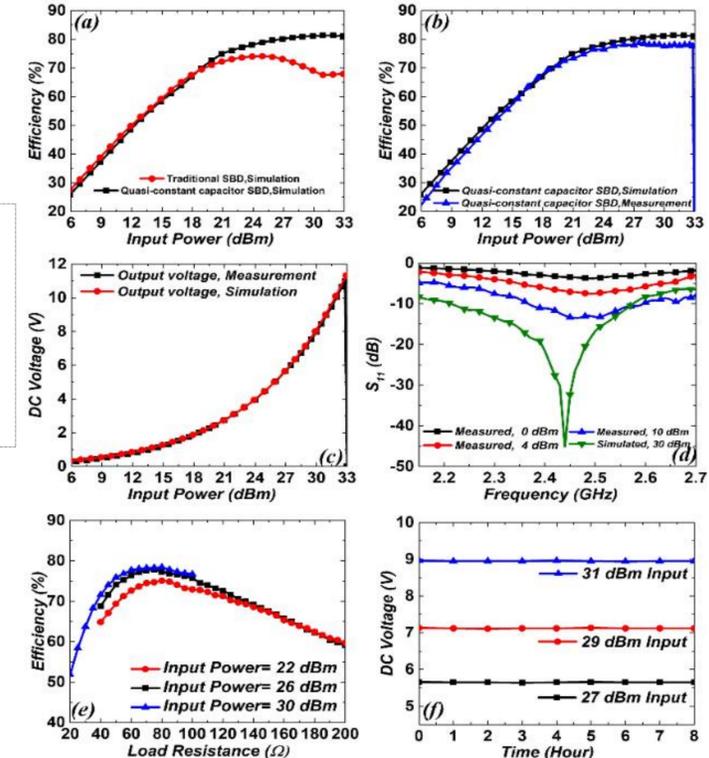


図4 測定結果とシミュレーション結果の比較

臨床応用について

図5に本研究で試作したワイヤレス給電リアルタイムワイヤレスバイタルサイン伝送システムを示す。従来の心電計の電力は電池もしくはDC電源コンセントであったが、図5にTransmitting antennaしか医療機器の電源には存在しない。これにより医療現場の医療事故の軽減およびスパゲッティ症候群の減少に大きく寄与することになる。また、本研究では920MHz帯域において驚異的な距離の電力伝送に成功している。本結果を現在、某医療機器メーカーと実用化に向けた交渉を行っている。

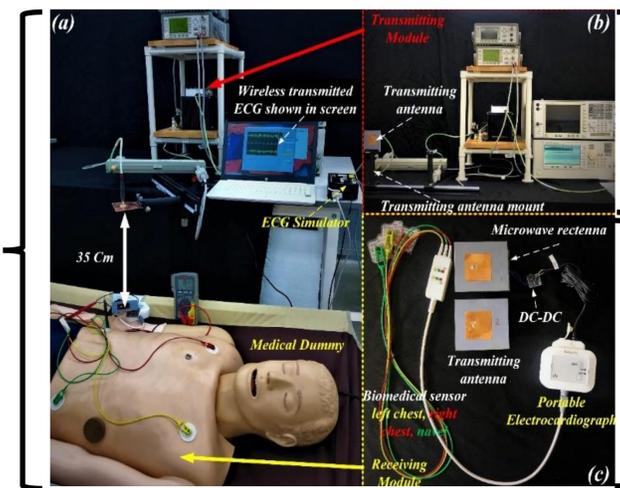


図5 ワイヤレス給電ECGシステムの臨床試験のセットアップ

リアルタイム-ワイヤレス-バイタルサイン転送方式

図6にバイタルサインのリアルタイム-ワイヤレス-バイタルサイン転送方式のイメージ図を示した。現在、我が国が抱えている大きな社会問題に超高齢社会がある。いわば多くの高齢者が在宅での医療の提供を受けざるを得ない状況である。特に徳島県を含めた県全体の3分の2が過疎地域となっている地方自治体では、在宅での医療提供が問題となっている。こうした事情から心房細動の発見を難しくしている。本疾患が持っている固有の疾患の特徴として、通常24時間までのホルター心電図検査が行われるが、実は、これ以降に心房細動の発作が生じている症例が数多く存在する。こうした心房細動の見逃から、ある日突然、心筋梗塞、脳梗塞、肺塞栓症などが生じ、尊い命を落とし、孤独死を迎える高齢者があとを絶たない。図5に示すシステムとバイタルサイン転送方式を組み合わせることで、約100万人の患者の生命を救うことが十分可能になると考えている。



図6 リアルタイム-ワイヤレス-バイタルサイン転送方式