

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 8 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23360158

研究課題名(和文)片面指向性フレキシブルアンテナを用いた電子ペーパー向け無線電力伝送システムの開発

研究課題名(英文)Development of wireless power transmission system for electronic paper using one-sided directional flexible antenna

研究代表者

服部 励治 (HATTORI, REIJI)

九州大学・産学連携センター・教授

研究者番号：60221503

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,400,000円、(間接経費) 4,620,000円

研究成果の概要(和文)：この研究は、電子ペーパー端末から無線電力伝送技術を用いることによりバッテリーを排除することにより、さらなる薄型、軽量およびコスト低減を目指すものである。一般的な電磁誘導を無線電力伝送技術は数cm以内に送電距離が限られるために、1m以上の受電距離が可能である電波受信型無線電力伝送技術を採用した。我々は、電子ペーパー端末のさらなる低消費電力化のために駆動/通信ICのワンチップ化と駆動方法の改良を行い、10mW以下で駆動させる技術を開発した。また、この電力を1m以上離れても電子ペーパー端末に送電するため、高効率の整流回路と片側指向性フレキシブル平面アンテナを開発した。

研究成果の概要(英文)：By eliminating the battery from electronic paper terminal using the wireless power transmission technology, this study aims to develop thinner, more lightweight and lower cost electronic paper device.

Because the transmitting distance of generally used electromagnetic induction is limited to a few cm or less, we employed the wave received wireless power transmission technology which can receive the power even in the distance 1m or more.

We developed the technology which can drive the electronic paper less than 10 mW by combining the driving and communicating ICs into one chip and by improving the driving method for lower power consumption of the electronic paper terminals. Further, to transmit this power to the electronic paper terminal in 1 m away, we have developed a unilateral directional flat flexible antenna and rectifier circuit with high efficiency.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学、電子デバイス・電子機器

キーワード：マイクロ波・ミリ波 電子ペーパー

1. 研究開始当初の背景

(1) 電子ペーパーは電子書籍端末などに用いられ注目を集めているが、このような応用のされ方は非常に危うい。なぜなら、液晶ディスプレイ (LCD) との差別化が明確でなく、目新しさが去った後、LCD に取って代わられる恐れがあるからである。電子ペーパーの LCD との差別化を明確にするためには、その特徴を最大限に使った機器を創り上げなければならない。すなわち、電子ペーパーという名前が示すように紙の代替機器を目指さなければならないのである。

(2) 電子ペーパーが紙の代替デバイスとなるためには、紙のように薄く、さらにフレキシブルでなければならない。近年、急速にフレキシブルディスプレイ技術が急速に進歩し、数々のディスプレイが世の中に発表された。既に電子ペーパー自体は紙のような形状にあると言える。残る問題は電源である。電源となるバッテリーは薄くすることはできるが、安全性を考えて最も良い方法は無線によって電力伝送を行うことである。もし、数メートル程度の距離で電子ペーパーが必要とする電力を無線で供給できるのなら、真の電子ペーパーが実現でき、LCD との差別化が可能になる。

2. 研究の目的

(1) 電子ペーパー端末の薄型 / 軽量化およびコスト低減のため、無線による電力伝送技術は端末からバッテリーを排除することができ、極めて有効である。それを実現する最も一般的な方法として電磁誘導を用いた技術が考えられるが、その送電距離は数 cm 以内に限られ、電子ペーパーのアプリケーションを限定してしまう。これに対し他の方法として考えられるのが電波受信型無線電力伝送法である。この方法では放射される電磁波の立体角の大きさによって、距離による減衰割合が決まるために、如何に指向性のよい送受信アンテナを設計するかが重要となる。

(2) 我々はこの申請において電子ペーパーに容易に実装できる片側指向性フレキシブルアンテナを用い、数 m の距離で電子ペーパーを駆動することのできる数十 mW の電力を効率よく伝送するシステムを構築することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 申請者らは研究期間内に電波受信型無線電力伝送により電子ペーパーを駆動するシステムを開発するために、片面指向性アンテナの材料 / 電極レイアウトを、電磁界シミュレーターを用いて綿密に設計し、プリント基板加工機を用いて作成する。

(2) ディスクリット素子を用いてプリント基板上に電力送受信回路を作成する。これらにより、アンテナおよび回路の基本的データを集積する。

(3) アンテナおよび回路の設計を継続し、そ

の 1 m の距離で 10 mW を伝送するシステムを構築する。

(4) アンテナ設計においてはフレキシブル基板を用いて設計・作成を行う。

(5) 電子ペーパーの書き換える電力を最小限に抑える駆動方法の開発と、その制御とデータ通信制御を一つのマイコンで行わせるシステムを構築し、書き換えに必要な電力を 10mW とする。

4. 研究成果

(1) アンテナに関して、920 MHz 帯整合回路一体型小型平面アンテナを基に大型化し利得の向上を行った。提案アンテナは単方向放射特性を持っており (図 1)、またフレキシブルな基板を用いることで自由に折り曲げることが可能となっている (図 2)。整合回路はコプレーナ給電線路とインターデジタルギャップで構成した。アンテナの共振周波数は 920 MHz、最大利得は 1.50 dBi であった (図 3)。また、実際にアンテナを試作し単方向放射特性を持つことを確認した。

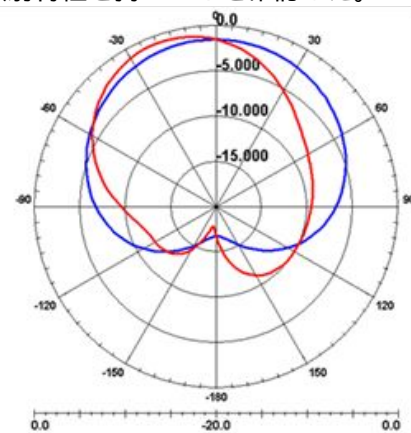


図 1 単方向放射特性

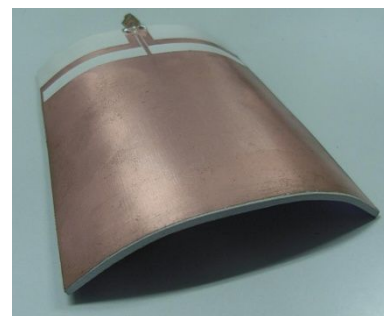


図 2 フレキシブルアンテナ

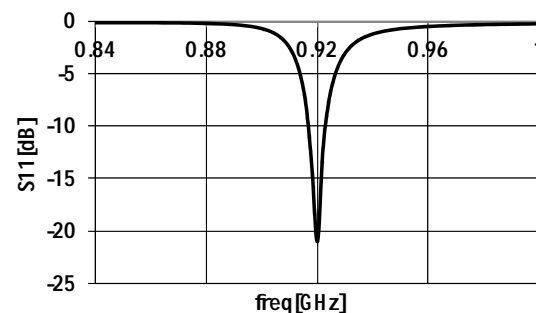


図 3 シミュレーション結果

(2) 昇圧整流回路に関しては、200 mV の交流信号から 3.3 V の直流電圧を得られる回路の設計・開発を行った。昇圧整流回路は LC 直列共振回路と 4 段コッククロフトウォルトン回路を組み合わせたものであり、入力された微小な高周波信号を共振回路で増幅し、更にコッククロフトウォルトン回路に介することで交流から直流に変換するとともに更なる昇圧を行っている。まずシミュレーションで 200mV@920MHz の入力信号で 3.5V の直流電圧を得られる回路を設計し(図 4)、その後回路の試作を行った。当初、試作した回路は入力信号が 898MHz の時に出力電圧がピークとなっていたが、銅テープを用いて配線の長さを仮想的に変更することでピーク周波数を 920MHz 帯に調整することができ、その時の最大出力電圧は約 3.5V となった。また、効率は最大 29%を得ることができた(図 5)。

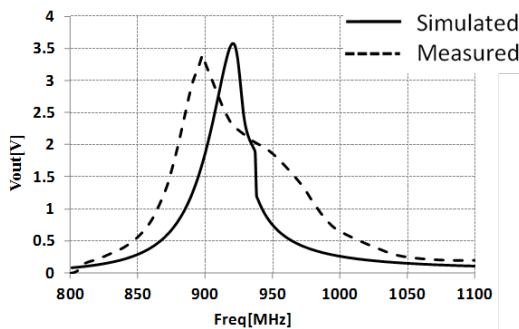


図 4 昇圧整流回路シミュレーション結果と実測結果

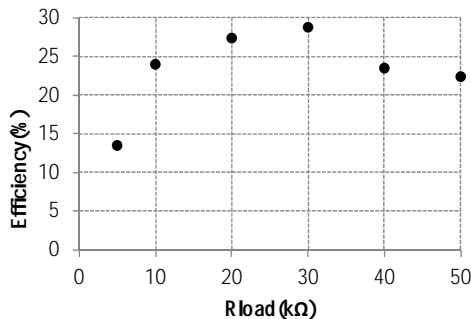


図 5 電圧ピーク時の電力効率

(3) 電子粉流体ディスプレイを用いたパッシブマトリクス駆動の電子ペーパーを用い、その駆動制御プログラムを通信制御プログラムと共に一つのマイコンチップに組み込みを行った。これにより、対角 4 インチパネルを約 1 秒、対角 6 インチパネルを約 3 秒で両者とも 10 mW 以下で駆動することができた。図 6 はそれぞれのパネルの写真である。



図 6 単一マイコン駆動低消費電力電子ペーパー

(4) 開発したアンテナと昇圧整流回路を組み合わせてレクテナとし動作実験を行った(図 7)。送信電力を 250 mW @ 920 MHz, 送信アンテナの利得を 3 dBi とし、レクテナから 3.3 V の直流電圧を得られるときの通信距離を測定したところ 0.48 m となった。こけより 1 m の距離に換算しても 10 mW 以上の電力が供給されることになり、当初の目標が達成されたことになる。

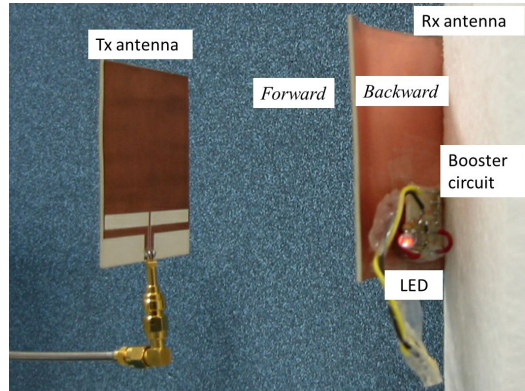


図 7 無線電力伝送動作実験

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 14 件)

S. Tsukamoto, N. Iizasa, K. Yoshitomi, R. Pokharel, D. Kanemoto, K. Yoshida, R. Hattori, and H. Kanaya, "Development of a Rectenna for Batteryless Electronic Paper," 査読有, Proc. International technical conference of IEEE Region 10, USB pp.1-4 (2013)

H. Kanaya, D. Kanemoto, K. Hayakawa, K. Yoshida, K. Pokharel, "Multi-Band Miniaturized Slot Antenna with Two-Stage Bandpass Filter," 査読有, Proc. 2013 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNCURSI, pp. 930-931 (2013)

Reiji Hattori, Hiroshi Ishinishi, "Capacitively-Coupled and 13.56 MHz Resonance Controlled Wireless Power Transfer System for e-Paper modules," 査読無, Proceeding of Society for Information Display, pp. 298-301 (May, 2013)

[学会発表](計 17 件)

R. Hattori, K. Miyamoto, H. Kanaya, S. Tsukamoto, H. Ishinishi, "Wireless Power Transmitting System for Mobile Devices," The 20th International Display Workshops 2013 (IDW '13), (FMC7 - 2, December 3-5, 2013, Sapporo Convention Center, Sapporo, Japan)

飯笹直人、吉富邦明、ポカレルラメシュ、
吉田啓二、金谷晴二，“5GHz帯単方向指
向性スロットダイポールアンテナのアレ
イ化，”平成25年度第66回電気関係
学会九州支部連合大会，(2013年09月24
日～2013年09月25日，熊本大学)

宮本康平、服部励治，“無線電力伝送に
おける整流回路のインピーダンス考
察，”電子情報通信学会ソサイエティ
大会，(2013年09月17日～2013年09月
20日，福岡工業大学)

内田祐介，宮川晃尚，金谷晴二，“5GHz
帯高効率PAのモジュール化に向けた協
調解析および実証実験，”第23回マイ
クロエレクトロニクスシンポジウム秋季
大会(MES2013)，(2013年09月12日～
2013年09月13日，大阪大学)

Reiji Hattori，Hiroshi Ishinish，
“Capacitively-Coupled and 13.56 MHz
Resonance Controlled Wireless Power
Transfer System for e-Paper modules”
Society for Information Display, 2013
International Symposium, (May 19-24,
2013, Vancouver, Canada)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

服部 励治 (HATTORI, Reiji)
九州大学・産学連携センター・教授
研究者番号：60221503

(2)研究分担者

金谷 晴一 (KANAYA, Haruichi)
九州大学・システム情報科学研究院・准教
授
研究者番号：40271077