

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月27日現在

機関番号：34406

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23860056

 研究課題名（和文） 次世代半導体と新方式インバータによるシンプルで高効率な
非接触EV充電装置の開発

 研究課題名（英文） Development of a simple and high-efficiency wireless EV charger
with a novel type of inverter using next-generation power device

研究代表者

大森 英樹 (OMORI HIDEKI)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：20613681

研究成果の概要（和文）：電気自動車（EV）は環境問題への貢献が期待されている。家庭のカーポートなどに充電装置を分散配置して充電インフラを確保する上で、非接触充電装置は高齢者を含めた幅広い利用者が容易に安全に扱うことができるので適している。本研究ではこれを最もシンプルな構成で実現するため、高周波電力を発生するインバータとして単一のスイッチング素子で動作する磁気結合共振形シングルエンデッドインバータを開発した。また、炭化シリコン素子を適用して高効率非接触EV充電装置の原型を完成した。

研究成果の概要（英文）：Electric Vehicles (EV) offer promise as an effective solution to environmental issues. In order to create a charging infrastructure by installing equipment in such as locations as carports in private homes, the wireless battery charging system is very suitable. It is a promising system for wider diffusion because it is easy and safe to use for a broad range of users including the elderly. Developed has been a wireless EV charging system with the simplest components, in which high-frequency power is produced by a novel type of resonant inductive-power transfer single-ended high-frequency inverter which can operate by single power device. A prototype of high-efficiency wireless EV charging system using SiC power device has been produced.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電力工学・電力変換・電気機器

キーワード：非接触給電，高周波インバータ，電気自動車，充電，家電

シングルエンデッドインバータ，パワー半導体，パワーエレクトロニクス

1. 研究開始当初の背景

電気自動車はエネルギー効率が極めて高く温室効果ガス削減への貢献が期待されてい

るが、電気自動車の普及において十分な充電インフラの確立が大きな課題となる。家庭のカーポートなどに充電装置を分散配置して充電インフラを確保する上で、非接触充電装

置は次世代充電技術として期待されている。非接触充電は、電力ケーブルを取り扱う必要がないので、駐車ただけで手を煩わせず充電でき、また自動充電が可能になるので充電忘れがなくなるなど、高齢者を含めた幅広い利用者が容易に安全に扱うことができ、普及拡大が期待できる。しかし従来の非接触充電装置では、給電用の高周波電力を発生する電力変換器（高周波インバータ）を複数のスイッチング素子の組み合わせでつくっていたため、構成が複雑で高価となり家庭用にはいまだ実用化されていない。

2. 研究の目的

本研究では、家庭のカーポートなどに設置して幅広く利便性を提供する非接触 EV 充電装置を実現するため、最もシンプルな構成で実現する新方式給電システムを基礎技術として開発し、環境に良い電気自動車の普及に貢献する。

3. 研究の方法

電気自動車の非接触充電装置を最もシンプルな構成で実現するために、給電用高周波インバータを検討した。本研究代表者は主に高周波磁界を発生する目的の種々のインバータを研究してきたが、非接触充電装置用に簡素な構成かつ安定性や効率に優れた高周波インバータとして単一のスイッチング素子で動作する磁気結合共振形シングルエンデッドインバータの開発を行う。

さらに従来のシリコンに替わる新しい素材のワイドバンドギャップ半導体として SiC（炭化シリコン）MOSFET を適用して、必要な伝送電力や効率を確保する。

4. 研究成果

開発した非接触 EV 充電システムの基本構成を図 1 に、磁気結合共振形シングルエンデッドインバータを図 2 に示す。

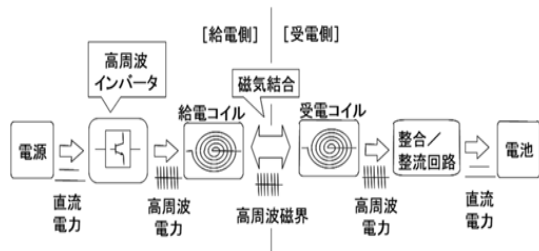


図 1 非接触 EV 充電システムの基本構成

非接触で給電を行う給電コイルと受電コイルの間の磁気結合を適切に設計すること

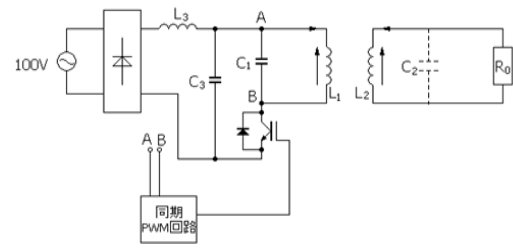


図 2 磁気結合共振形シングルエンデッドインバータ

により漏れインダクタンスを利用した共振でソフトスイッチング動作が得られたので、少ない部品で低スイッチング損失の運転ができる。図 3 はソフトスイッチングを維持する同期 PWM 制御回路による制御特性を示す。

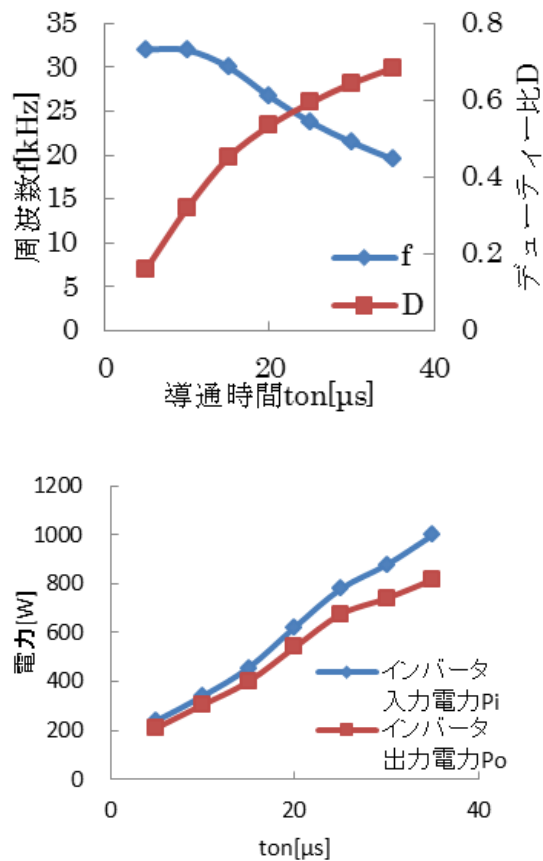


図 3 制御特性

図 4 は給電コイル・受電コイルの構造と特性を示す。スパイラル平面状に巻いたコイルの背面に周囲の曝露磁界の低減と結合の向上のためフェライトコアを配置した。

図 5 は各部の動作波形を示す。特にスイッチング素子の電圧は零電圧でターンオンおよびターンオフする ZCS（Zero Volt Switching）のソフトスイッチング動作を得て、低損失で電力変換を行うことができる。図 6 は図 5 の動作を説明する動作モード図

である。

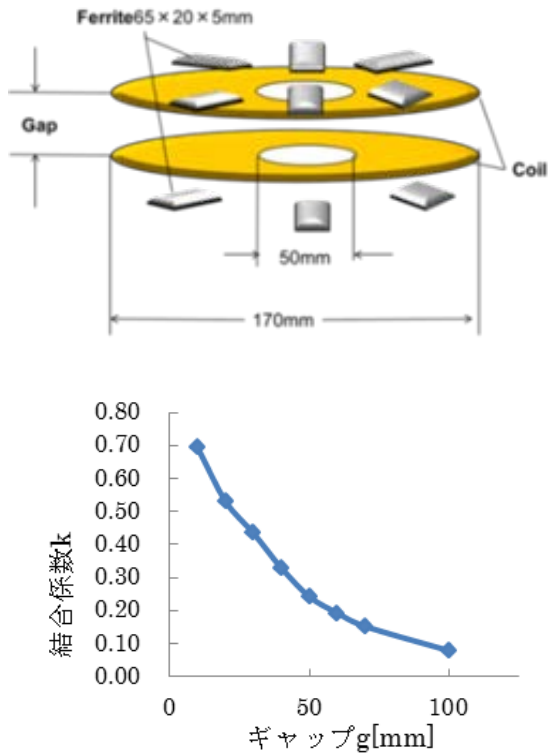


図4 給電・受電コイル

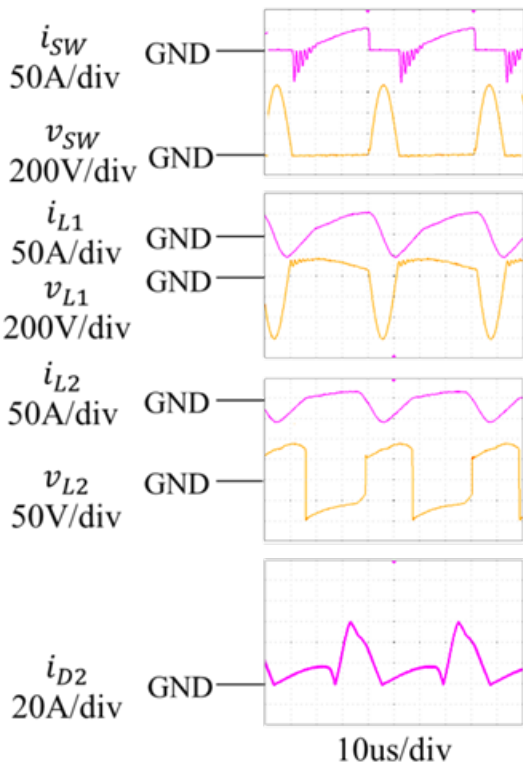
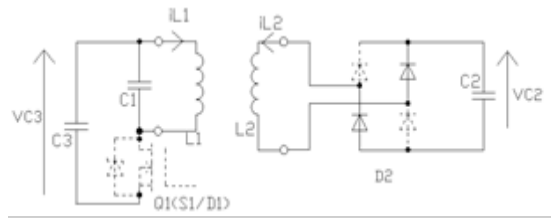
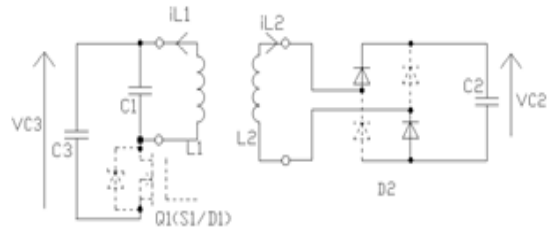


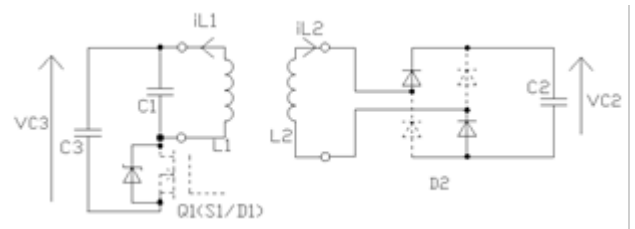
図5 磁気結合共振形シングル
エンデッドインバータの動作波形



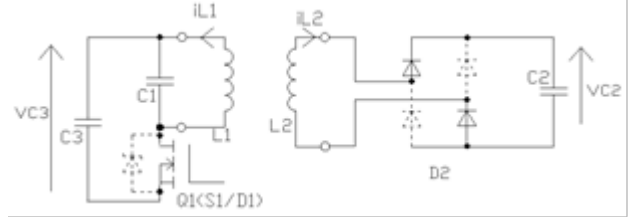
(a) モードI



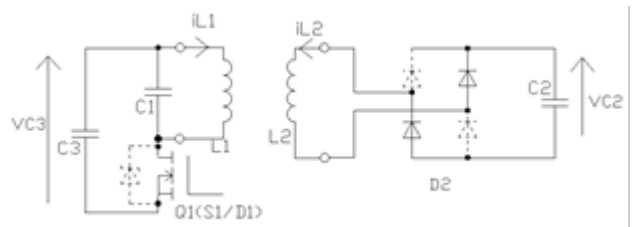
(b) モードII



(c) モードIII



(d) モードIV



(e) モードV

図6 磁気結合共振形シングル
エンデッドインバータの動作モード

電力伝送特性を評価した結果を図7に示す。負荷側のインピーダンスで出力電力は変化するがソフトスイッチングの最適運転を保持される。

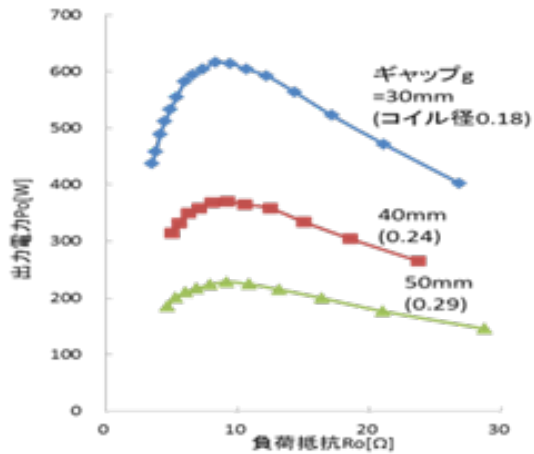
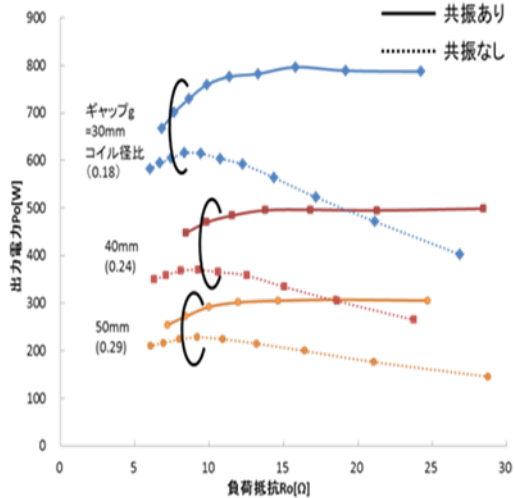
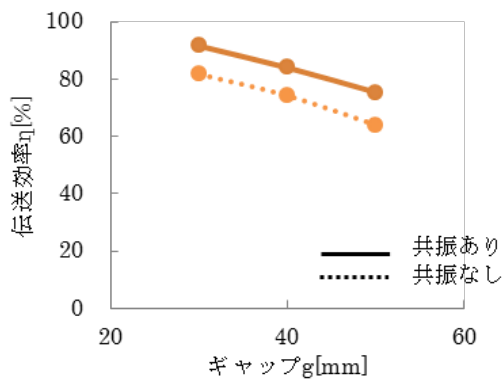


図7 電力伝送特性

また、受電回路に共振を導入することにより図8のように伝送電力で50%、伝送効率で10%と大きく向上する手法を得た。



(a) 伝送電力



(b) 伝送効率

図8 受電回路への共振導入の効果

表1のSiC-MOSFETを適用し、コイル径180mmの送受電コイルで、要求される距離30mmにおいて普通充電の実用レベル1kW、伝送効率80%以上の非接触電力伝送をシングルエンデッドインバータで実現し、距離100mmまで非接触電力伝送を確認した。

表1 SiC-MOSFET仕様

V_{DSS}	1200V
I_D	35A
R_{DSON}	0.08Ω
t_f	28ns
t_r	33ns
t_{rr}	37ns

さらに受電側のコンバータや充電制御回路も加えて図9のような実際の電気自動車に非接触充電および走行確認を行い全体システムの原型を完成した。



図9 実証用非接触EV充電システムおよび電気自動車

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)

[学会発表] (計6件)

- ① 大森英樹, シングルエンデッドEV非接触充電システムの負荷共振伝送特性, パワーエレクトロニクス学会定例研究会, 2012年12月15日, 奈良高専, 奈良県奈良市
- ② 大森英樹, VTHを想定した家庭用シングルエンデッドコンバータ式非接触EV充電システムの特性評価と双方向化検討, 電気学会 SPC/VT/HCA 研究会, 2012年12月07日, 米原公民館, 滋賀県米原市
- ③ Hideki Omori, New IPT-Wireless EV Charger using Single-Ended Quasi-Resonant Converter with Power Factor Correction, International

Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 2012年11月12日, Best Western Premier Hotel, Nagasaki, Japan

- ④ Hideki Omori, A Novel Type of Wireless EV Charging System with Single-Ended Load-Resonant Inverter, European Power Electronics - Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC), 2012年9月6日, Master Congress Centre, Novi Sad, Republic of Serbia
- ⑤ 大森英樹, 磁気結合共振1石インバータによる非接触EV充電装置の動作特性, 電気学会 家電・民生研究会, 2012年5月25日, 機械振興会館, 東京都
- ⑥ 大森英樹, 共振1石インバータによる非接触EV充電装置, パワーエレクトロニクス学会, 2011年12月17日, 関西大学, 大阪府吹田市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大森 英樹 (OMORI HIDEKI)
大阪工業大学・工学部・教授
研究者番号：20613681