

平成 21 年 5 月 12 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006 年度 ～ 2008 年度

課題番号：18560339

研究課題名（和文） マルチバンドレシーバのためのアンテナ一体型送受信回路の開発

研究課題名（英文） Development of RF front-end small antenna for multi-band receiver

研究代表者

金谷 晴一 (KANAYA HARUICHI)

九州大学・システム情報科学研究所・准教授

研究者番号：40271077

研究成果の概要：ADSL、FTTH など有線ブロードバンド通信の普及や、衛星デジタル放送、地上波デジタル TV 開始にともなう動画コンテンツの増大により、無線 LAN などの高速無線データ通信のニーズは急拡大しているが、IEEE802.11a,b,g 等の無線規格では速度及び安定性の面から性能面で不十分といわれている。このため Ultra Wide Band (UWB) などの新しい通信方式が開発されているが、アンテナや高周波外付けチップ等の数が増えるためデバイスを小型化設計することが大きな課題となっている。本研究では、セラミックなどの誘電体基板上に UWB 用の広帯域アンテナをスロットダイポールの平面アンテナを利用して設計する。アンテナを小型化設計すると、狭帯域になってしまうという問題点があるので、アンテナの設計で小型化かつ広帯域化するにはとても難しい。今回は、3 個の共振を利用することで、広帯域アンテナを実現する。また、最近では片面指向性アンテナに注目が集まっている。金属版に貼り付けても特性が変わらず、またアンテナの裏側に無線チップを実装することができるので、全体として小型化することができるからである。本研究では、このような点をふまえて、片面指向性かつ広帯域アンテナの設計を行い、実際に試作して測定を行ったのでここに報告する。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,200,000	0	1,200,000
2007 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	660,000	4,060,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：無線通信、マイクロ波、アンテナ、デュプレクサ、受信回路

1. 研究開始当初の背景

研究開発当初、無線 LAN や携帯電話に代表される無線通信機器及び、無線通信機器向け半導体の市場は、急速に拡大していた。

研究開発当初の通信機器向け半導体の需要総額は、430 億ドル（前年比：13%増）であった。携帯電話の世界的な需要アップに加

え、高速無線 LAN、PC 用のワイヤレス USB 等の通信機器が大きく増えること等により、堅調に推移すると予想された。

通信機器ごとの世界市場としては、携帯電話は 2005 年の販売台数は、7.5 億台（対前年比 13% 増）、高速無線 LAN の 2005 年の販売台数は、2 億台との予測されていた。

PC の 2005 年販売額予想が 13.8 兆円であることに鑑み、PC 用のワイヤレス USB についても巨大な市場が形成されることが予想されていた。

現在もその状況は変わらず、ADSL、FTTH など有線ブロードバンド通信の普及や、衛星デジタル放送、地上波デジタル TV 開始にともなう動画コンテンツの増大により、無線 LAN などの高速無線データ通信のニーズは急拡大している。

しかしながら、現在普及してきている IEEE802.11a,b,g 等の無線規格では速度及び安定性の面から性能面で不十分といわれている。このため UWB などの新しい通信方式が開発されているが、アンテナや高周波外付けチップ等の数が増えるためデバイスを小型化設計することが大きな課題となっている。

2. 研究の目的

本研究では、セラミックなどの誘電体基板上に UWB 用の広帯域アンテナをスロットダイポールの平面アンテナを利用して設計する。アンテナを小型化設計すると、狭帯域になってしまうという問題点があるので、アンテナの設計で小型化かつ広帯域化するには非常に難しい。本研究では、一つのアンテナについて、3 個の共振を利用することで、広帯域アンテナを実現する。また、最近では片面指向性アンテナに注目が集まっている。金属版に貼り付けても特性が変わらず、またアンテナの裏側に無線チップを実装することができるので、全体として小型化することができるからである。今回の設計では、このような点をふまえて、片面指向性かつ広帯域アンテナの設計を行い、実際に試作して測定を行ったのでここに報告する。

3. 研究の方法

要求されるアンテナの使用を示す。

- ・周波数帯：ハイバンド 7.25 ~ 10.25GHz
- ・10dB 帯域：3GHz（比帯域 34.3%）
- ・基板：FR - 4
- ・片面指向性
- ・フラットな利得の周波数特性

上記の使用を満たし、さらに小型化する必要がある。設計手法として、アンテナを 3 次

元電磁界シミュレータ HFSS で設計し、特性が得られたところで、基板加工機により、試作し、高周波特性の評価を行った。

4. 研究成果

アンテナの指向性を片面、つまり上側だけの放射にしたい場合、アンテナを設計する際に裏面にフローティング GND を取り付けることによって実現することができる。

図 1 に裏面 GND ありの場合となしの場合の中心周波数における電界強度の様子を示す。

図 1 より裏面 GND がある場合は上側だけの電界が強くなっており、裏面 GND がない場合は上側と下側の両側の電界が強くなっていることが分かる。このように、裏面にフローティングの GND を取り付けることによって、片面指向性を実現することができた。

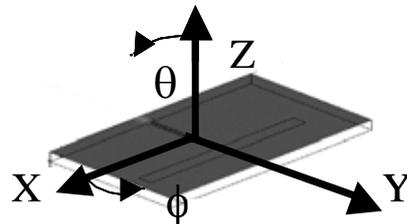


図 1(a) スロットアンテナのレイアウト

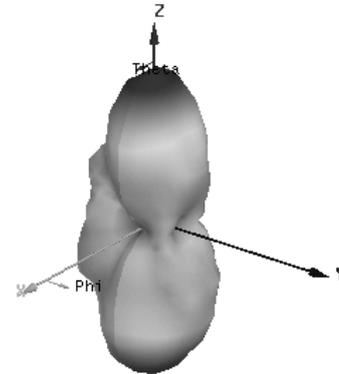


図 1(b) 裏面フローティング無しのアンテナの放射パターン

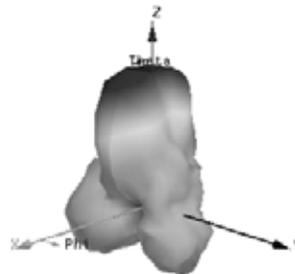


図 1(c) 裏面フローティング有のアンテナの放射パターン

片面指向性アンテナの放射特性を見たところ、3 個の並列共振を確認できるが、それ

それぞれの共振はQ値が高いために広く帯域をとることができない。よって、ハイバンドの帯域内に3個の共振を制御することによって広帯域化を実現した。

図2に示すように片面指向性アンテナのサイズパラメータをとる。

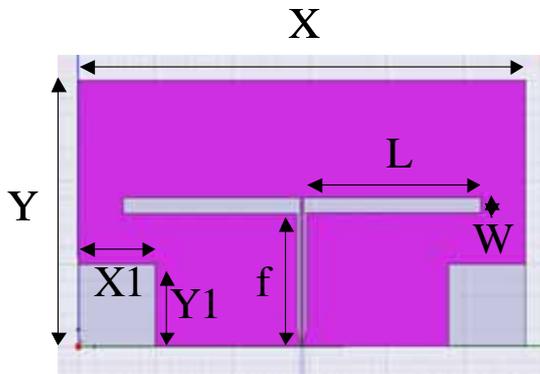


図2 スロット下部を利用したアンテナのレイアウト図

まず、一番高い周波数での共振点をハイバンド帯域内に移動させる。電界分布をみると、スロット上部が強く共振していることが分かったので、一番周波数が高い共振はスロットの上部で発生しているものと推測できる。このとき、レイアウトのYだけを調整することで、共振点を移動できる。また、他のサイズを固定してLだけ进行调整することで、インピーダンス整合が可能となる。図3に共振周波数における電界分布を示す。

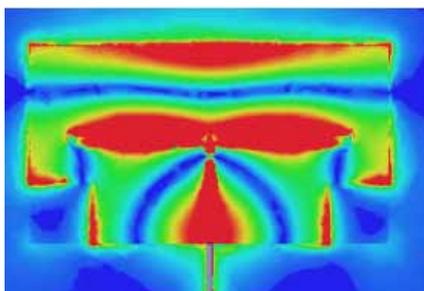


図3 電界分布の様子

同様に最も低い周波数の共振は、Xの長さに大きく依存している。また、スロット下部の端のメタルを削り取る面積によって、共振点の周波数と入力インピーダンスを制御できるので、X1及びY1を調整することで、インピーダンス整合を行った。

最後に真ん中の周波数については、スロットの部分による共振であることが分かっている。スロット共振においては、中心周波数はフィード線f、マッチングにおいてはスロ

ット幅を調節することで制御することができる。

以上のようにして、最終的に使用を満たすように、それぞれのサイズを決定した。また、測定をするにあたって給電部にMMCXコネクタを付けなければならないので、給電部をテーパ状に広げて再シミュレーションをした。

図4に入力インピーダンス及び反射係数のシミュレーション結果を示す。図4(a)の入力インピーダンスに示すように、ハイバンドの帯域内に並列共振点を3個制御することができ、さらに共振点においてマッチングをとることもできた。図4(b)のから、一部-10dB帯域を満たしていない部分もあるが、3個の並列共振を利用することによって、ハイバンド帯域内においてほぼ-10dB帯域を確保することに成功した。

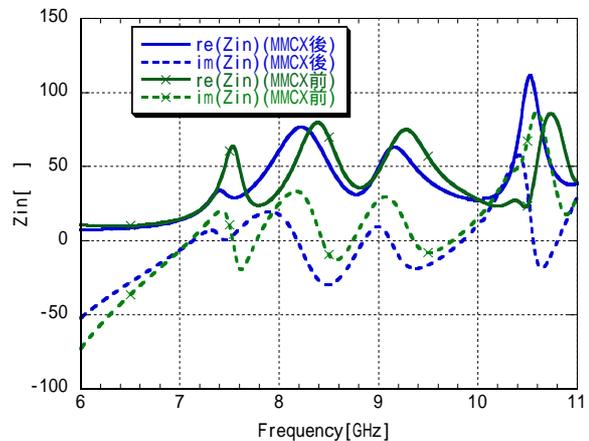


図4(a) 入力インピーダンスのシミュレーション結果

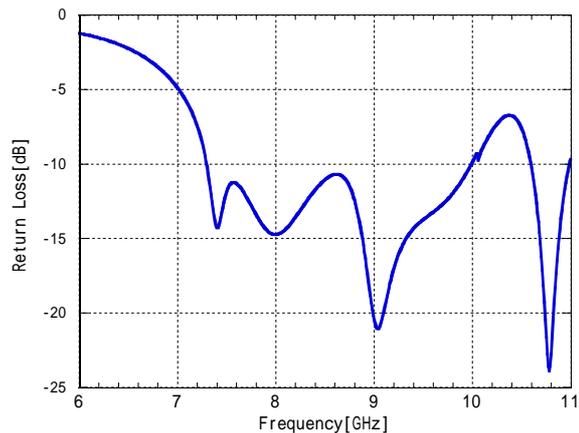


図4(b) 反射係数のシミュレーション結果

図5にハイバンド帯域内の3点(7.25GHz、8.25GHz、9.25GHz)での指向性利得のシミュレーション結果を示す。図のようにを0度と90度で固定して、を360度回転したときの利得をプロットする。それぞれ、片面指

向性を実現できていることが分かる。周波数が高くなるにつれて、片面指向性が強くなっていることも確認することができた。このように、ハイバンドの帯域内において一様に片面指向性が実現できた。また、ハイバンド帯域内の3点とも電界が $\theta = 0^\circ$ の方を向いていることを確認した。

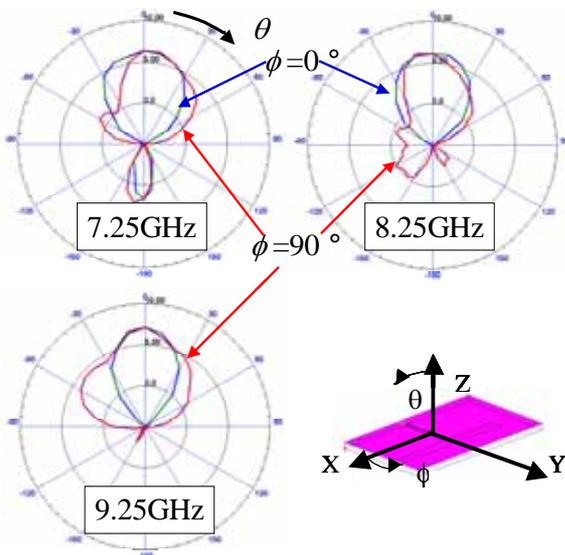


図5 3点(7.25GHz、8.25GHz、9.25GHz)での指向性利得のシミュレーション結果

図6にハイバンド帯域内の利得の周波数特性を示す。UWB通信においては、帯域内において一様な特性が要求されるが、利得においても同様である。利得、実効利得とも5~7dB付近を示している。ハイバンド帯域内において、ある程度一様で高い利得を得られることができた。

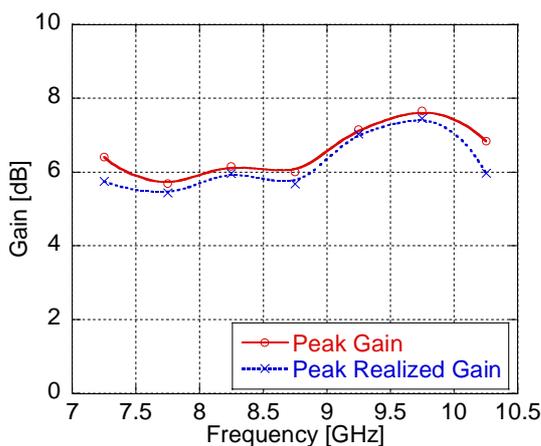


図6 利得の周波数特性

MITS社のプリント基板加工機を用いてプリント基板上にUWB用アンテナを作製し、測

定を行った。図7に完成した試作アンテナの写真を示す。アンテナのパッドには半田付けによりMMCXコネクタを接続した。



図7 試作した片面指向性アンテナと両面指向性アンテナ

図8に片面指向性アンテナのSパラメータのシミュレーション結果と測定結果を比較したグラフを示す。真ん中の共振が一番周波数の高い共振が高周波側にずれた結果となった。また、真ん中の共振が鋭くなった分だけ、10dB帯域が狭くなってしまった。

また、一番低い周波数での共振のマッチングがあまりとれていないことが分かる。

これは、MMCXコネクタを半田づけして取り付けただけで、スロット下部の影響を受けて一番低い周波数の共振のマッチングがずれたのだと思われる。

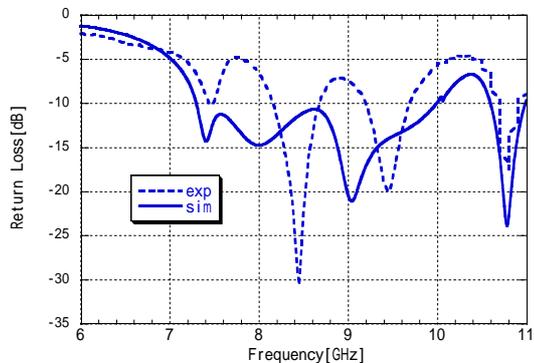
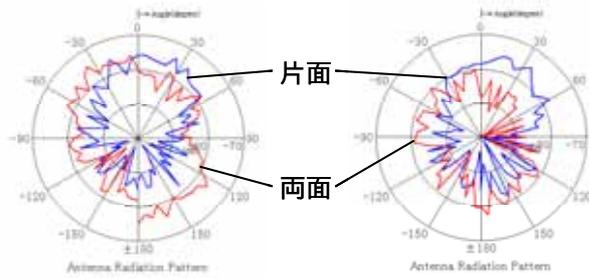


図8 Sパラメータの比較(片面指向性アンテナ)

放射パターンの測定は、電波暗室で行った。図9に、7.5GHzと8.5GHzにおける放射パターンを示す。片面指向性、両面指向性の測定結果を比較した。ピーク値は-75dB程度で、かなり減衰されていることが分かる。ケーブルの損失も含まれているので、このような低い値となっている。両アンテナを比較すると、やはり片面指向性のアンテナはFB比が確認できる。アンテナの表側が0度方向、裏側が ± 180 度方向であるので、表側に強く裏側に弱く放射しているのが分かる。FB比は10dB程度とれており、設計値よりは大きい値とな

った。



(a)7.5GHz (b)8.5GHz
図9 放射パターンの測定結果の比較

図10のようにUWBの送受信ユニットを利用して、通信距離の測定を行った。親機に標準ホイップアンテナを取り付け、子機の方に今回試作した片面指向性アンテナと両面指向性アンテナを取り付けて通信距離の比較を行った。

子機に標準ホイップアンテナを取り付けて測定した距離を1としたときの片面指向性アンテナと両面指向性アンテナの表と裏の通信距離の結果を図11に示す。片面指向性アンテナの方が、表面と裏面の通信距離の差が明確に出ていることが分かる。標準アンテナと比べて通信距離が劣化しているのは、送受信ユニットがハイバンドではなくフルバンド対応(3.1~10.6GHz)で測定したというのと、アンテナと送受信ユニットのマッチングが良好ではなかったことが考えられる。

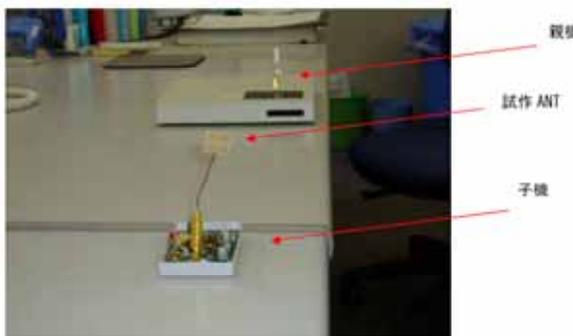


図10 通信距離の測定の様子

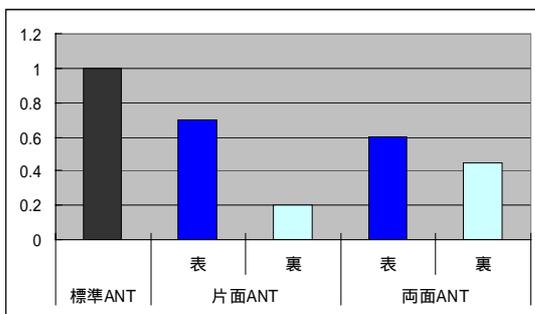


図11 通信距離の比較

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12件)

1. H. Kanaya, R. K. Pokharel, F. Koga, K. Yoshida, Design and Verification of On-Chip Impedance-Matching Circuit Using Transmission-Line Theory for 2.4 GHz-Band Wireless Receiver Front-End, IEICE Trans. On Electron., Vol.E89-C No.12 pp.1888-1895, 2006, 査読有.
2. 鍋嶋隆介、織田翔子、金谷晴一、吉田啓二、半導体チップ用インピーダンス整合回路付き小型平面アンテナの試作・評価、電子情報通信学会技術研究報, MW2007-4, 15-20, 2007, 査読無.
3. S. Oda, S. Sakaguchi, H. Kanaya, K. Yoshida, Electrically Small Superconducting Antennas With Bandpass Filters, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 17, No. 2, pp.878-881, 2007, 査読有.
4. H. Kanaya, T. Hashiguchi, R. K. Pokharel and K. Yoshida, Development of a HTS Slot Antenna With Multi-Bandpass Filters, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 17, No. 2, pp.882-885, 2007, 査読有.
5. H. Kanaya, R. K. Pokharel, S. Kim, A. Imada, K. Yoshida, Design of Power Amplifier with On-Chip Matching Circuits using CPW Line Impedance (K) Inverters, Proc. 11th WSEAS International Conference on CIRCUITS, pp.66-70, 2007, 査読有.
6. H. Kanaya, R. Nabeshima, R. K. Pokharel, and K. Yoshida, Design and Performance of an Electrically Small Antenna with Matching Circuit, 2007 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, Vol.4, pp.2071-2074, 2007, 査読有.
7. H. Kanaya, T. Hashiguchi, R. K. Pokharel, and K. Yoshida, Study of A CPW-Fed Slot Dipole One-Sided Directional Antenna for UWB Systems, 2007 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, Vol.4, pp.2465-2468, 査読有.
8. H. Kanaya, R. Nabeshima, R. Pokharel, K. Yoshida, M. Tsuji, R. Iino, Development of an Electrically Small One-Sided Directional Antenna with Matching Circuit, 2008 IEEE Radio and Wireless Symposium Proceedings, pp. 739-742, 2008, 査読有.
9. 中村優太, 鍋嶋隆介, ポカレル ラメシ

- ユ, 金谷晴一, 吉田啓二, 片面指向性をもつ整合回路一体型平面アンテナの開発, 電子情報通信学会技術研究報告 SCE2008-5, pp. 25-30, 2008, 査読無.
10. R. K. Pokharel, A. I. A. Galal, O. Nizhnik, H. Kanaya, and K. Yoshida, Design of Flat Gain and Low Noise Figure LNA for 3.1-10.2GHz Band UWB Applications in 0.18um CMOS Process, Proceedings of the 2008 IEEJ INTERNATIONAL ANALOG VLSI WORKSHOP, pp.161-163, 2008, 査読有.
 11. R. K. Pokharel, H. Kanaya and K. Yoshida, Design of 5 GHz-Band Power Amplifier with On-Chip Matching Circuits Using CPW Impedance (K) Inverters, IEICE Trans. On Electron., Vol. E91-C, No. 11, pp.1824-1827, 2008, 査読有.
 12. Y. Nakamura, H. Kanaya, R. K. Pokharel, K. Yoshida, Design and performance of electrically small planar antennas with matching circuit at 2.4GHz band, 2008 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, A4-44 (4p), 2008, 査読有.

[学会発表](計 15 件)

1. 織田翔子, 鍋嶋隆介, Gaddipati Sarvani, 金谷晴一, 吉田啓二, 平面小型アンテナにおける放射効率に関する検討, 電子情報通信学会 2006 年ソサイエティ大会, 2006.
2. 橋口宜明, 関 健太, 金谷晴一, 吉田啓二, アンテナ一体型 RF デュプレキサの設計, 第 59 回電気関係学会九州支部連合大会, 2006.
3. 鍋嶋隆介, 織田翔子, 坂口 直, サルヴァニ ガディパッティ, 金谷晴一, 吉田啓二, 2.45GHz 帯における小型平面アンテナの開発, 第 59 回電気関係学会九州支部連合大会, 2006.
4. ポカレルラメシュ, キムサンテ, 今田明寛, 金谷晴一, 吉田 啓二, 無線 LAN 用オンチップインピーダンス整合回路付き一体型 RF フロント・エンドの開発とその進展, 第 10 回電子情報通信学会シリコンアナログ RF 研究会, 2006.
5. 鍋嶋隆介, 織田翔子, 金谷晴一, 吉田啓二, 整合回路付き小型平面アンテナの設計・評価, 電子情報通信学会 2007 年総合大会, 2007.
6. 橋口宜明, 金谷晴一, 吉田啓二, アンテナ一体型 RF デュプレキサの検討, 電子情報通信学会 2007 年総合大会, 2007.
7. 鍋嶋隆介, 中村優太, 金谷晴一, 吉田啓二, 佐々木淳, 尾川哲郎, 片側指向性を
- 持 つ整合回路一体型小型平面アンテナの開発, 電子情報通信学会 2007 年ソサイエティ大会, 2007.
8. 橋口宜明, ポカレルラメシュ, 金谷晴一, 吉田啓二, UWB 用片面指向性アンテナの広帯域化設計, 電子情報通信学会 2007 年ソサイエティ大会, 2007.
9. 中村優太, 鍋嶋隆介, 金谷晴一, 吉田啓二, RFID 用超小型平面アンテナの通信距離の実験的検討, 電子情報通信学会 2008 年総合大会, 2008.
10. 中村優太, ポカレルラメシュ, 金谷晴一, 吉田啓二, 5GHz 帯片面指向性をもつ薄型平面アンテナの開発及び利得 FB 比の実験的検討, 電子情報通信学会 2008 年ソサイエティ大会, 2008.
11. 南周太郎, アハモッドガラル, ラメシュポカレル, 金谷晴一, 吉田啓二, UWB 用広帯域フィルター一体型低雑音増幅器の設計, 第 61 回電気関係学会九州支部連合大会, 2008.
12. 占部裕樹, 中村優太, ラメシュ ポカレル, 金谷晴一, 吉田啓二, 900MHz 帯 RF-ID 用片面指向性平面アンテナの設計・評価, 第 61 回電気関係学会九州支部連合大会, 2008.
13. 津村晃一, Oleg Nizhnik, Ramesh Pokharel, 金谷晴一, 吉田啓二, 2.4GHz/5GHz デュアルバンド平面アンテナの設計, 第 61 回電気関係学会九州支部連合大会, 2008.
14. 占部裕樹, 中村優太, Ramesh Pokharel, 金谷晴一, 吉田啓二, 800MHz/2GHz デュアルバンド微小アンテナ, 電子情報通信学会 2009 年総合大会, 2009.
15. 津村晃一, ポカレルラメシュ, 金谷晴一, 吉田啓二, 1/4 共振を用いた片面指向性平面アンテナの小型化の検討, 電子情報通信学会 2009 年総合大会, 2009.

出願状況 (計 1 件)

名称: 片面放射アンテナ
 発明者: 吉田啓二, 金谷晴一
 権利者: 九州大学
 種類: 特許
 番号: 特願 2008-237554
 出願年月日: 2008 年 9 月 17 日
 国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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