

LCP基板を用いた 60 GHz帯導波管給電型ダイポールアンテナ

先端技術総合研究所 細野亮平¹・上道雄介¹・韓旭¹・官寧²
プリント回路事業部 中谷祐介³
電子材料事業部 土屋進⁴
生産技術開発部 高橋建次⁵

LCP Based Dipole Antenna Fed by Rectangular Waveguide Operating at 60 GHz band

R. Hosono, Y. Uemichi, X. Han, N. Guan, Y. Nakatani, S. Tsuchiya and K. Takahashi

近年、高速大容量無線通信として 60 GHz帯を用いた無線通信が注目されている。60 GHz帯での無線通信の応用例の一つとして、キオスクダウンロードのような近距離通信への応用があげられる。アンテナのようなミリ波デバイスには低損失動作と 7~9 GHzにわたる広帯域動作が求められる。近距離通信においては、このほかにも無指向もしくは広いビームカバレッジが求められる。本報告では、液晶ポリマー (LCP) 基板を用いた 60 GHz帯における導波管給電型ダイポールアンテナの設計、および測定結果について報告する。本設計品は 60 GHz帯において広帯域動作、かつ広角なビームが得られるため近距離通信に適したものとなっている。

In recent years, wireless communication with high speed and huge capacity of data transmission at 60 GHz band is focused. Kiosk downloading which is a short-range wireless communication is one of 60 GHz applications. Requirements for millimeter-wave devices such as antenna are low loss and broadband operation whose bandwidth is from 7 to 9 GHz. In short-range wireless communication applications, omni-directional radiation or large beam coverage is also required. In this paper, design and evaluation of a dipole antenna fed by rectangular waveguide at 60 GHz band are reported. The antenna is fabricated on liquid crystal polymer (LCP) substrate. The proposed antenna has broadband operation and large beam radiation so that it is suitable for the short-range wireless communication at 60-GHz band.

1. ま え が き

近年、高速大容量無線通信として 60 GHz帯を用いた無線通信が注目されている。60 GHz帯は免許不要帯域が最大 9 GHzであり、高速大容量通信に適している。しかしながら酸素分子の吸収による減衰が大きく、長距離での応用の際は高い出力が必要となる。そのため、60 GHzにおいてはキオスクダウンロードのような近距離無線通信での応用が注目されている。このような近距離通信において、アンテナのようなデバイスには広帯域動作だけでなく無指向もしくは広いビームカバレッジが求められる。また、60 GHz帯は伝送線路の損失や空間減衰が大きいため、デバイスを低損失な導波管で構成し高出力化することがある。本報告では液晶ポリマー (LCP) 基板を用

いた 60 GHz帯における導波管給電型ダイポールアンテナの設計、および評価結果について報告する。本設計品は 60 GHz帯において広帯域な導波管-マイクロストリップ線路変換構造と広い放射ビームを形成しており、近距離無線通信への応用に適したものとなっている。

2. 導波管-マイクロストリップ線路変換

図 1 に導波管-マイクロストリップ線路変換の構造を示す。変換器は単層のLCP基板、2枚の金属板、金属のバックショートブロックにより構成される。LCP基板は厚さが 0.05 mmとなっており、60 GHzで比誘電率 2.9、誘電正接 0.003 である。また、金属板の厚さはいずれも 0.1 mmである。金属板およびバックショートブロックの金属にはアルミ (A 5052) を用いている。LCP基板背面のグラウンドと金属板には導波管から給電を行うための開口が設けられている。また、LCP基板、2枚の金属板の開口によりサセプタンスが付与され、集中定数で整合することにより広帯域にわたり反射を低減することができる。

1 応用電磁気研究室

2 応用電磁気研究室室長フェロー (学術博士)

3 プリント回路開発部主査

4 電子材料技術部首席技術員

5 生産技術開発部部長

略語・専門用語	正式表記	説明
キオスクダウンロード	Kiosk Downloading	モバイル機器を敷設された端末にかざしてコンテンツを転送するソリューションのこと
バックショートブロック	Back-short block	インピーダンス整合するための導波管短絡部のこと
Back-to-Back	Back-to-Back	損失評価をするデバイスを向い合せにしたもの
ディエンベディング法	De-embedding method	デバイス全体の特性から各部の特性を抽出する手法

また、金属板を用いることにより剛性が増し、導波管とLCP基板をねじ止めで固定する際に生じるたわみを低減することができる。

本構造は従来文献の導波管-マイクロストリップ線路変換^{1), 3)}のように多層板を用いておらず低コストに構成できるとともに、厚さ 0.05 mm のLCP基板を用いているため従来文献^{1), 2)}に見られる多層基板内の不要放射による

透過特性の落込みが生じない。図 2 は試作した導波管-マイクロストリップ線路変換である。導波管-マイクロストリップ線路変換の変換損失を評価するためBack-to-Backの構造で試作を行った。また、測定のため同軸-導波管変換アダプタを取り付けている。図 3 に図 2 の導波管-マイクロストリップ線路変換のS-パラメータの周波数特性を示す。図 3 は高周波シミュレーションと測定

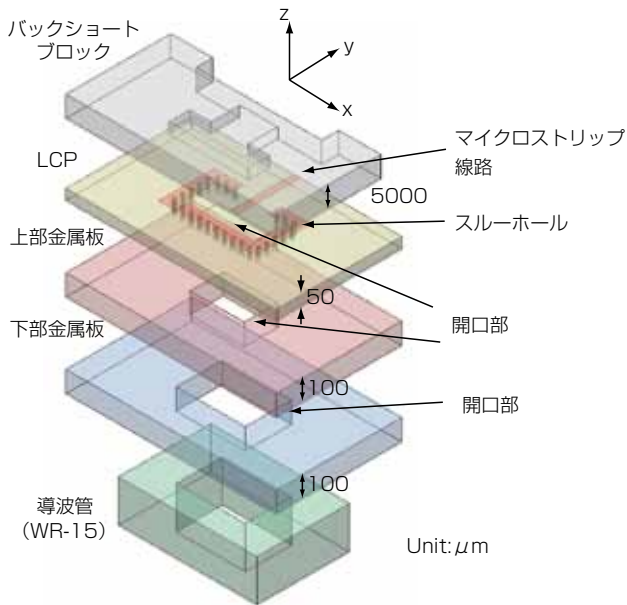


図1 導波管-マイクロストリップ線路変換の構造
Fig. 1. Configuration of waveguide to microstrip-line transition.



図2 試作した導波管-マイクロストリップ線路変換のBack-to-Back構造
Fig. 2. Fabricated waveguide to microstrip-line transition.

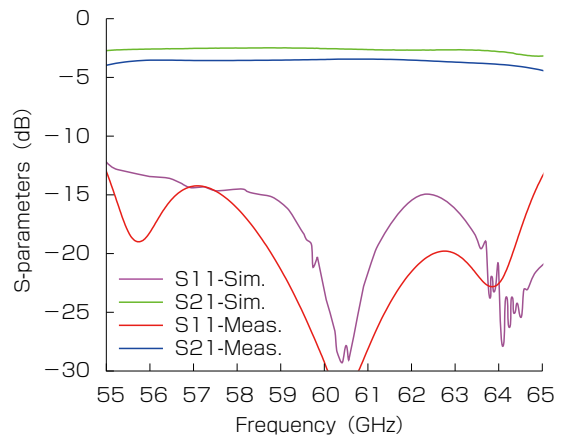


図3 導波管-マイクロストリップ線路変換のBack-to-Backの周波数特性
Fig. 3. Frequency characteristics of waveguide to microstrip-line transition.

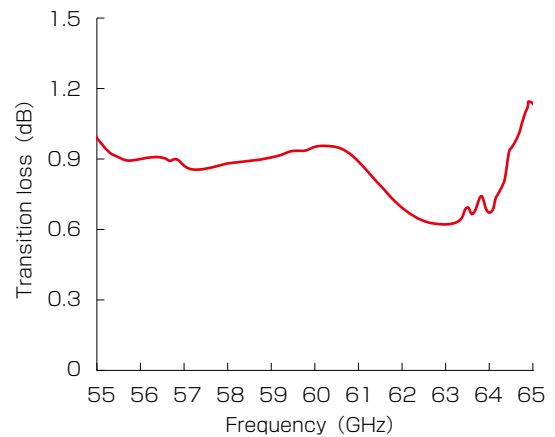


図4 導波管-マイクロストリップ線路変換の変換損失の周波数特性
Fig. 4. Conversion loss of waveguide to microstrip-line transition.

結果の比較を示しており高周波シミュレーションには有限要素法シミュレータHFSS™を用いている。シミュレーションと測定結果は良好に一致しているとともに、試作品は 55-65 GHzの広帯域にわたり $|S_{11}| < -10$ dBとなっており良好に動作していることを確認した。また、線路長さの異なる 2 つ導波管-マイクロストリップ線路変換の周波数特性と、従来文献⁴⁾のディエンベディング法を基に導波管-マイクロストリップ線路変換の変換損失が算出できる。図 4 は導波管-マイクロストリップ線路変換の変換損失の周波数特性を示している。損失の算出にはSパラメータの測定結果を用いた。55-64.5 GHzにわたり変換損失が 1 dB以下となることを確認した。

3. 導波管給電型ダイポールアンテナ

上述の導波管-マイクロストリップ線路変換をベースに試作した導波管給電型ダイポールアンテナを図 5 に示す。ダイポールアンテナの放射素子をボウタイ形状にすることにより広帯域化を実現している。また、グラウンドにスリットを与えることにより動作帯域を所望の位置に調整している。また、広帯域な導波管-マイクロストリップ線路変換を給電に用いることでアンテナ全体の広帯域化が実現できる。図 6 は試作した導波管給電型ダイポールアンテナの入力特性である。シミュレーションと実測は良好に一致しており 57.5-67 GHzの周波数帯域にわ

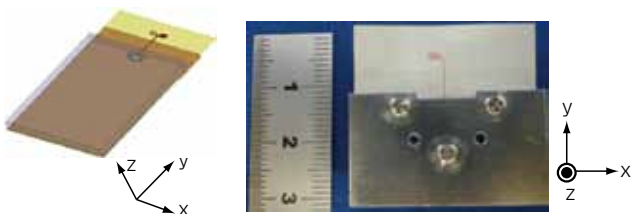


図5 導波管給電型ダイポールアンテナ
Fig. 5. Waveguide-fed dipole antenna.

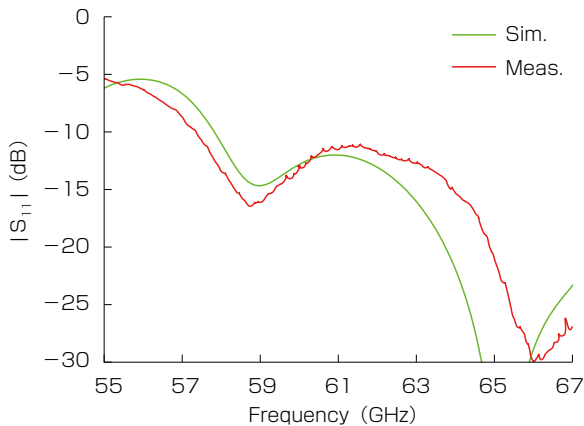


図6 導波管給電型ダイポールアンテナの入力特性
Fig. 6. Simulated and measured input characteristics of fabricated antenna.

たり $|S_{11}| < -10$ dBとなっていることが確認できる。図 7 はダイポールアンテナの 60 GHzにおける放射特性をシミュレーションの結果と比較して示している。yz-面においてシミュレーションと測定結果は良好に一致しているが、zx-面においてシミュレーションと測定結果に乖離がある。この原因として、アンテナ放射測定時のバックショートブロックの影響が測定面によって異なるためであると考えられる。60 GHzにおける 3 dBビーム幅は yz-面で 50°, zx-面で 38°となっており、広角なビームが形成されていることが確認できる。図 8 はダイポールアンテナの最大利得の周波数特性を yz, zx-面でシミュレーションの結果と比較したものを示している。測定結果とシミュレーションでは上述の理由により zx-面においてシミュレーションと測定結果に乖離がある。また

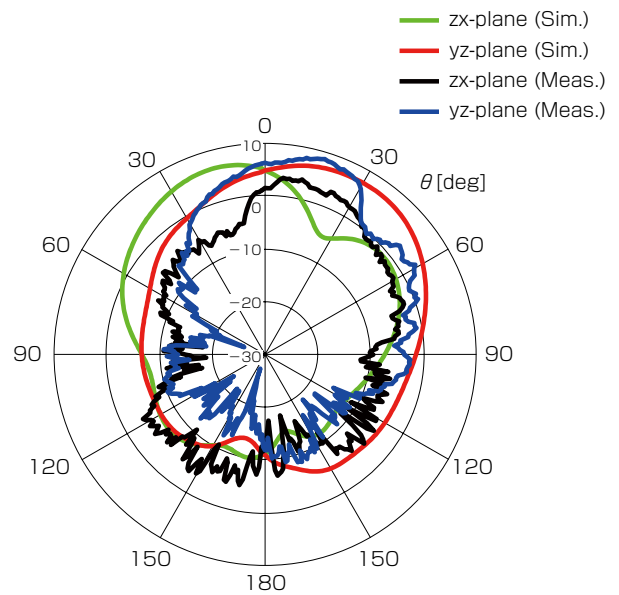


図7 導波管給電型ダイポールアンテナの60 GHzにおける放射特性
Fig. 7. Simulated and measured radiation pattern of fabricated antenna at 60 GHz.

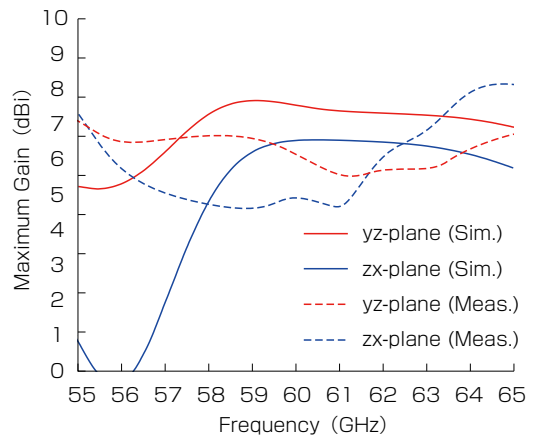


図8 導波管給電型ダイポールアンテナの最大利得の周波数特性
Fig. 8. Simulated and measured frequency characteristics of maximum gain.

57-65 GHzにおいて最大利得がおおむね 4 dBi以上得られており、近距離無線通信において十分な利得が得られていることが確認できる。

4. む す び

本報告では 60 GHz帯における近距離無線通信向けの導波管給電型ダイポールアンテナの設計評価について報告した。ダイポールアンテナはアンテナ素子、金属板、バックショートブロックより構成されており、57.5-67 GHzの周波数帯域にわたり $|S_{11}| < -10$ dBで動作し、60 GHz帯全体をカバーすることを確認した。また、放射特性の測定を行い、広角なビームが形成されているとともに 57-65 GHzにおいて最大利得がおおむね 4 dBi以上となることを確認した。本アンテナは高速大容量の近距離無線通信に好適な動作が可能である。

参 考 文 献

- 1) A. Artemenko, et. al. : "Design of Wideband Waveguide to Microstrip Transition for 60 GHz Frequency Band," 41th European Microwave Conf., pp. 838-841, Manchester, UK., Oct. 2011.
- 2) R. Hosono, et. al. : "A Broadband Waveguide to Microstrip-line Transition on Multi-layered LCP Substrate," Proc. IEEE Antennas and Propagat. & USNC/URSI National Radio Science Meeting, 2015, pp. 1400-1401, Vancouver, Canada, July 2015.
- 3) C. Baolin, et. al. : "A W-Band Low-loss and Wideband LTCC Transition from Waveguide to Microstrip," IEEE Microwave and Wireless Comp. Lett., vol. 23, no. 11, pp. 572-574, Nov. 2013.
- 4) A. M. Mangan, et. al. : "De-embedding Transmission Line Measurements for Accurate Modeling of IC Designs," IEEE Trans. on Electron Devices, vol. 53, no. 2, pp. 235-241, Feb. 2006.