

# Vバンド帯アレイアンテナ

電子応用技術R&Dセンター 長谷川 雄 大<sup>1</sup>・淡 路 大 輔<sup>2</sup>  
プリント回路事業部 太 田 雅 之<sup>3</sup>・中 谷 祐 介<sup>4</sup>  
東北フジクラ 岩 村 俊 哉<sup>5</sup>

## V-Band Array Antenna

Y. Hasegawa, M. Ota, T. Iwamura, Y. Nakatani, and D. Awaji

液晶ポリマー（LCP）4層基板を用いて57～71GHzで動作するアレイアンテナを開発した。水平方向のみ広いビームフォーミング範囲を可能とし、各アンテナ素子として比較的高い利得を実現するために、4つのパッチを1列に並べたサブアレイアンテナを使用する。周波数による放射方向の変化を防ぐために、各サブアレイアンテナには中央から給電している。層構成は下から、配線層、グラウンド、アンテナ層、アンテナ層からなる。S11は57～71GHzで-10dB程度であり、利得が9dBi程度であった。

We propose an array antenna using liquid crystal polymer (LCP). The antenna work between 57 and 71 GHz. In order to achieve a wide beamforming range in the horizontal direction only and a relatively high gain for each antenna element, a sub-array antenna consisting of four patches arranged in a row is used. Each sub-array antenna is fed from the center in order to prevent the radiation direction from changing with frequency. The layer structure consists of wiring layer, ground, antenna layer, and antenna layer from the bottom. S11 is less about -10 dB and the gain is about 9 dBi from 57 to 71 GHz.

### 1. ま え が き

近年、動画などのリッチコンテンツ利用増加やIoTやV2Xなどの新たな利用により無線通信需要が増えている。年々増加している無線通信需要に対応するために、より広い周波数帯域を利用できるミリ波帯が実用に向けて積極的に開発されている。中でもVバンド帯は使用可能周波数帯域が57～66GHzまでだったのが57～71GHzまで拡大されており<sup>1)</sup>、より長距離の通信が可能になったため注目されている。

高速な通信を行うためには、高SN比と広い帯域が求められる。ミリ波帯は広帯域であるが伝送損失が大きいためSN比が低くなりやすい。そのため放射方向を絞ることで利得をあげSN比を高くする。放射利得をあげるにはパラボラアンテナのような開口面アンテナか複数のアンテナを並べたアレイアンテナが用いられる。開口面アンテナに比べ省スペース化でき、絞った放射方向を電氣的に制御しや

すいという利点のためアレイアンテナが採用される場面が増えている<sup>2)</sup>。

本開発はVバンド帯で1次元ビームフォーミングが可能なアレイアンテナである。比較的高い利得を実現するために、4つのパッチを1列に並べたサブアレイアンテナを使用する。液晶ポリマー（LCP）の4層基板を使用し、層構成は下から、配線層、グラウンド、アンテナ層、アンテナ層からなる。パッチアンテナを用いるが、パッチの下にグラウンドを隔てたマイクロストリップで給電する。周波数による放射方向の変化を防ぐために、各サブアレイアンテナには中央から給電している。57～71GHzで動作するアレイアンテナを実現し、S11が57～71GHzで-10dB程度であり、利得が9dBi程度であった。

### 2. アレイアンテナ

最大走査角度 $\theta_0$ を実現するフェイズドアレイアンテナについて考える。図1のように等間隔 $d$ で並んでいる1次元アンテナとする。隣接素子間の位相差を $\phi$  ( $0 \leq \phi < \pi$ )、電波の波長 $\lambda$ とすると、主ビーム方向は等位相面に対し垂直な角度なので

1 5G無線デバイス開発部  
2 高周波基板開発部  
3 第二技術部  
4 技術開発部 主席研究員  
5 プリント回路部

略語・専門用語	正式表記	説明
IoT	IoT	Internet of Thingsの略。機器にセンサーと通信機器を持たせることで、インターネットを介しモノの状態の把握と操作を行う
V2X	V2X	Vehicle to Xの略。車と車、車と道路側の機器や人と通信を行い、安全な運転の支援を行ったりする

$$d \cdot \sin\theta_0 = \lambda \frac{\varphi}{2\pi} \tag{1}$$

が成り立つ。また、隣接素子間の位相差（ $2\pi - \varphi$ ）の作る等位相面によるビームはグレーティングローブと呼ばれ、グレーティングローブの角度 $\theta_1$ は

$$d \cdot \sin\theta_1 = \lambda \left(1 - \frac{\varphi}{2\pi}\right) \tag{2}$$

となる。フェイズドアレイアンテナを用いる時は、使用時に不要な方向に強いビームを発生させないようにする。そのためグレーティングローブが出ないようにアンテナ間隔 $d$ 、(2)が成り立たない条件を求める。 $\theta_0$ にビームを向けたときに $\theta_1$ が存在しない条件は

$$d < \lambda \left(1 - \frac{\varphi}{2\pi}\right) \tag{3}$$

となり、(1)と(3)から

$$d < \frac{\lambda}{1 + \sin\theta_0} \tag{4}$$

よりアンテナ間隔 $d$ の条件が求められる。使用するすべての帯域で満たす必要があるため $\lambda$ は最小の波長を使用する。

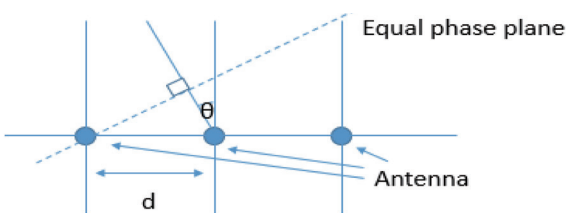


図1 フェイズドアレイアンテナ  
Fig. 1. Phased array antenna.

### 3. シミュレーション

本開発目標は、垂直偏波を水平方向に $\pm 45^\circ$ 走査可能で、垂直方向のカバー範囲がおおよそ $\pm 10^\circ$ アンテナである。そのため(4)より水平方向に247 mm以下の間隔で並ぶ4(垂直)×1(水平)のサブアレイアンテナの検討を行った。図2に本アンテナの構成を示す。本アンテナは給電線層、地導体層、アンテナ層、アンテナ層の計4層からなるLCP基板のアンテナ層上にリジッド基板を配置

している。給電線層からアンテナ層へは、グランド層の開口を介して電磁結合しており直流的には導通していない。アンテナ上に剛性の高い誘電体を配置することで、平坦性の確保と、アンテナと地導体間の閉じ込めが弱くなることによる広帯域化を狙っている。図3にS11と天頂方向への放射利得を示す。

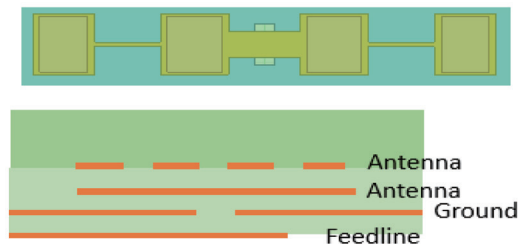


図2 アンテナの図(上)上面図(下)断面図

Fig. 2. Configuration of antenna (top) top view (bottom) side view.

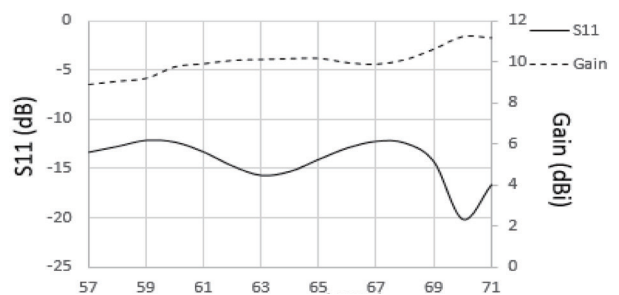


図3 S11シミュレーション結果

Fig. 3. Simulation result of S11 and gain.

### 4. 測定結果

アンテナの測定はプローブを用いて行った。プローブをあてる給電線面と放射方向が反対側にあるため、プローブ台にアンテナ基板を置いて測定することはできない。そのため図4のようにアンテナ基板のアンテナ部をくり抜いたプローブ台を用意し測定を行った。TRL校正<sup>3)</sup>を用いてアンテナ給電点付近を基準点にしている。測定器が67 GHzまでと60 GHzからしか対応していなかったため、二

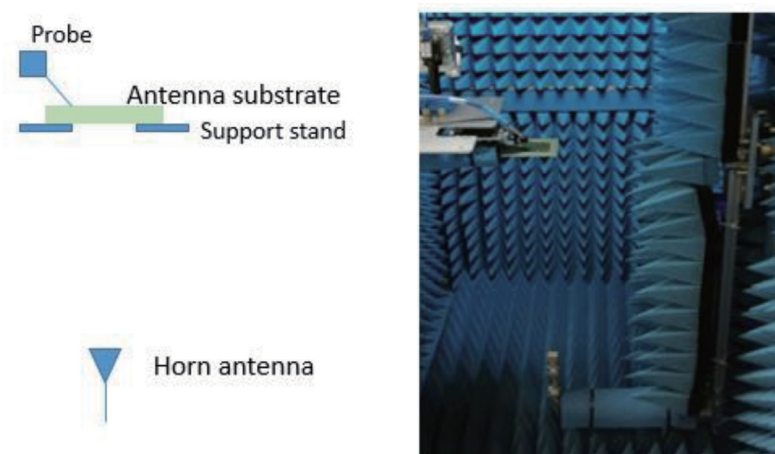


図4 測定系

Fig. 4. Measurement set up.

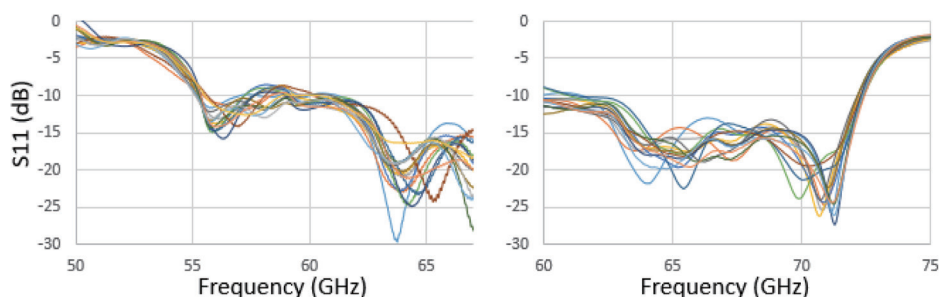


図5 S11 測定結果

Fig. 5. Measurement result of S11.

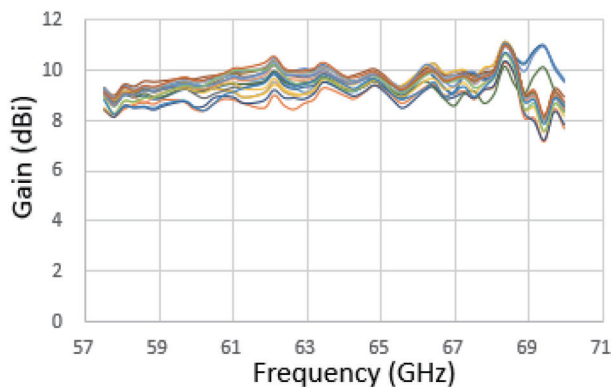


図6 放射利得測定結果

Fig. 6. Measurement result of radiation gain.

つに分けて測定を行った。S11の測定結果を図5に示す。多少ばらつきはあるが57～71GHzで-10dB程度になった。天頂方向への放射利得の測定結果を図6に示す。利得はおよそ9dBi程度になった。

## 5. む す び

ミリ波のアンテナは高利得かつ広帯域なものが求められている。LCP基板を用いて57～71GHzで動作する広帯域なアンテナを開発した。本アンテナを並べることで高利得化が可能であり高速な無線通信が実現できる。

参 考 文 献

- 1) ITU-R M.1036-6 "Frequency arrangements for implementation of the terrestrial component of International Mobile Telecommunications (IMT) in the bands identified for IMT in the Radio Regulations," Oct. 2019.
- 2) Robert J. Mailloux, Phased Array Antenna Handbook (Artech House Antennas and Propagation Library) , Artech House, 2005.
- 3) H. -J. Eul and B. Schiek, "A generalized theory and new calibration procedures for network analyzer self-calibration," in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 39, no. 4, pp. 724-731, April 1991, doi: 10.1109/22.76439.