

広周波数帯域に対応したマイクロ波イメージング用
ローカル内蔵型アンテナアレイの開発

**Development of wide-band local integrated antenna array
for microwave imaging diagnostics**

桑原大介¹, 伊藤直樹², 土屋隼人³, 徳沢季彦³, 吉永智一⁴, 長山好夫⁵, 山口総一郎⁶,
近木祐一郎⁷, 間瀬淳⁸, 小波蔵純子⁹, 吉川正志⁹, 大島慎介¹⁰, 長崎百伸¹⁰
D. Kuwahara¹, N. Ito², H. Tsuchiya³, T. Tokuzawa³, T. Yoshinaga⁴, Y. Nagayama⁵, S. Yamaguchi⁶,
Y. Kogi⁷, A. Mase⁸, J. Kohagura⁹, M. Yoshikawa⁹, S. Ohshima¹⁰, K. Nagasaki¹⁰

1)中部大, 2)宇部高専, 3)核融合研, 4)防大, 5)日大, 6)関西大, 7)福工大, 8)九大,
9)筑波大, 10)京大

1)Chubu Univ., 2)NIT, Ube Collage, 3)NIFS, 4)NDA, 5)Nihon Univ., 6) Kansai Univ., 7)FIT,
8)Kyushu Univ., 9)Tsukuba Univ., 8)Kyoto Univ.

プラズマとマイクロ波の相互作用や自発放射を利用したマイクロ波計測は、磁場閉じ込め核融合プラズマ中で発生する様々な揺動現象の構造解明のため多くのプラズマ装置で開発・運用されている[1]。近年では従来は単チャンネルもしくは数チャンネルであった受信チャンネルを多チャンネル化し、単点であった計測点を拡張することで画像的な計測を可能としたマイクロ波イメージング計測の開発が積極的に進められている。

マイクロ波イメージング計測のキーデバイスとして受信用の多チャンネルアンテナアレイが挙げられる。プラズマを対象としたマイクロ波計測が取り扱う周波数は数十GHz以上のミリ波帯であり、位相検出や強度検出が容易なGHz以下の中間周波数(IF)に変換するためミキサが用いられる。ミキサの動作には計測周波数(RF)とIFの差周波数となる局所発振周波数(LO)が用いられるが、LO、RF波は共に数十GHz帯となるためミキサへの供給は導波管が用いられて来た。多チャンネルアンテナアレイ、特に2次元アレイ化の際には導波管の取り回しが困難になることやサイズの大型化を抑えるためLO波の供給は光学系による供給が行われてきたが、ミキサへの供給効率が悪いことやLO波が中心にピークした強度分布を持つてしまうことによる周辺チャンネルでの変換効率低下、LO結合光学系によるRF波の減衰の問題を抱えていた。

この問題の解決のため、発表者のグループは各チャンネルにLO供給系を持った局部発振器内蔵型アンテナアレイ(LIA: Local oscillator

Integrated Antenna)を提案・開発している[2,3]。このアンテナアレイへのLO信号供給は本来のLO周波数の数分の1の前駆LO信号(Pre LO)で行われる。Pre LOの周波数が十数GHz程度であればフレキシブルな同軸線路やSMAコネクタによる伝送が可能となり、またアンテナアレイ内部で高周波基板上に実装したウィルキンソン分配器等で各チャンネルにPre LOを供給できるため、アンテナアレイ一台につき一本の同軸線でLO供給が可能となる。分配供給されたPre LOは各チャンネルに実装されたマイクロ波モノリシック回路製(MMIC)の周波数通倍器で元のLO波の周波数に変換され、同じくMMIC製のミキサでチャンネル毎にRF波がIF信号に変換され、アンテナアレイ外部に出力される。

現在、50-65 GHzのV-band、70-86 GHzのE-bandにおいてLIAは開発されており、ECEイメージングやイメージング干渉計用のアンテナアレイとして使用されている。これに加え33-50 GHzのR-band、100 GHz以上のW、D-band用アンテナの開発を進めている。これらLIAの開発や性能について発表を行う。

[1] H. K. Park et al., Rev. Sci. Instrum. 74 (2003) 4239.

[2] D. Kuwahara et al., Rev. Sci. Instrum. 85 (2014) 11D805.

[3] D. Kuwahara et al., J. Instrum. 10 (2015) C12024.