

双方向型共同研究

『GAMMA10ダイバータ模擬実験のための マイクロ波イメージング干渉計用 1次元アンテナアレイの開発』 進捗報告

東京農工大学 桑原大介

研究代表者:	桑原 大介	(東京農工大学)
センター世話人	:吉川 正志	(筑波大学)
NIFS世話人:	長山 好夫	(NIFS)
研究協力者:	土屋 隼人	(NIFS)
	小波蔵 純子	(筑波大学)
	森川 裕亮	(筑波大学)
	長谷川 裕平	(筑波大学)
	間瀬 淳	(九州大学)
	伊藤 直樹	(宇部高専)
	近木 祐一郎	(福岡工大)

1. 目的

GAMMA10/PDXにおいてダイバータプラズマ電子密度イメージング計測を目指したマイクロ波 イメージング干渉計が開発されているが、E-ダイバータ部のような真空容器内の狭い領域で使 いやすい1次元アンテナアレイは開発されていない

真空容器で使用可能なコンパクトかつ高性能な1次元アンテナアレイを開発する。



Fig.1 GAMMA10-PDX

2-1. 背景 ミリ波干渉計



$$\phi = \frac{\pi}{\lambda_{\rm i} n_{\rm c}} \int_0^L n_{\rm e}(z) dz$$

⇒高い周波数であり直接観測が困難





▶ <u>イメージング干渉計</u> 多チャンネル受信アンテナによる画像的計測





筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム

3-0. Horn-Antenna Mixer Array (HMA) (1/2)

3次元マイクロ波イメージング反射計用に 開発された2次元アンテナアレイを構成可 能な1次元アンテナアレイ

> LO供給:外部照射供給 ミキサ:シングルダイオードミキサ 周波数帯域:50 – 120 GHz IF帯域:DC – 12 GHz



Fig.8 HMA外観



<u>Fig.10 6x7ch 2次元アンテナアレイ</u> (HMA 6層スタック)



<u>Fig.9 HMA(上側フレーム除去)</u>

3-0. Horn-Antenna Mixer Array (HMA) (2/2)



<u>Fig.11 HMA(上側フレーム除去)詳細</u>



遮断周波数(導波管)	40 GHz
導波管長辺(H)×短辺(E)	3.8 × 1.9 mm
ホーン開口長辺(H)×短辺(E)	13 × 13 mm
ホーン角(H), (E)	51°, 51°
アンテナ間隔	14 mm

3-1. 新型 1 次元アンテナアレイ –開発要素–



筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム

2013/08/29

3-2. 新規開発要素 _-WG-MSL変換器-



3-3. 新規開発要素 -LO逓倍器-



チップ入手済み
ワイヤボンディング手法&評価基板を
現在開発中



住友電エデバイス・イノベーション(Eudyna)社 57-64GHz出力4逓倍MMIC FMM5125X (10,000 円程度)

入力(15 GHz) : +10 dBm 出力(60 GHz) : +5 dBm (変換損失: 5 dB) 電源電圧 :+5V



<u>Fig.16 FMM5125X 外観</u>



3-4. 新規開発要素 -LO分配器-



2013/08/29

筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム

20

3-5. 新規開発要素 - ミキサ-



チップ手配中
ワイヤボンディング手法&評価基板を
現在開発中



Hittite社 ダブルバランスドミキサ HMC-MDB169 (3,000円程度) RF周波数:54-64GHz, IF周波数:DC-5 GHz 変換損失:-8 dB, LO入力レベル:+13 dBm





<u>Fig.21 MDB169 ボンディング模式図</u>

3-6. 新規開発要素 --真空対応--

▶ E-ダイバータ部光学系に結合させるためアンテナア レイは真空容器内に設置する





> アンテナアレイ全体の電力は5W程度 ・アンテナ固定具経由でどの程度除熱されるか ⇒ショット時のみの間欠動作も



Fig.22 旧アンテナアレイ外観

4. 開発スケジュール

今年度の予定





5. まとめ

▶ GAMMA10/PDX Eダイバータマイクロ波イメージング干渉計用1次元アンテナアレイ開発

▶ アンテナ毎にLO用ミリ波4逓倍器を内蔵

①強力なミリ波パワーアンプが不要(コスト大幅カット)
②LO光学系による供給損失・LO供給の不均一が発生しない(高感度化・均一な視野)
③MMICミキサ(高感度化)
④LO光学系が不要なコンパクトなシステム
⑤旧アンテナと同様に2次元アンテナアレイを構成可能

▶ 開発要素 ①WG-MSL変換器 ③LO分配器

②MMIC LO逓倍器 ④MMIC ミキサ

⑤真空対応





LHDマイクロ波イメージング計測

<u> MIR</u>

照射マイクロ波 4周波数(60.41, 61.81, 63.01, 64.61 GHz) 受信アンテナアレイ 6×7チャンネル 検出方法 位相検出・強度検出 サンプリング 1 µs 計測領域 120×120 mm

<u>ECEイメージング</u>

計測周波数
周波数チャンネル数
受信アンテナアレイ
検出方法
サンプリング
計測領域

97 – 104 GHz (第二高調波) 8 チャンネル 1 × 7 チャンネル BPF, 半導体検出器 1 µs 20 × 120 mm (ポロイダル断面)

LHD マイクロ波イメージング反射計



▶ <u>マイクロ波反射計</u>
単一照射周波数,単一受信アンテナ
→ プラズマのカットオフ面の一点の変動を検出

▶ <u>マイクロ波イメージング反射計</u>

①複数照射周波数 ②2次元受信アンテナアレイ ③イメージング光学系④周波数分離器

→ 複数のカットオフ面上の複数点の変動を検出

計測空間内の電子密度揺動分布・揺動波動の進行方向(波数)を観測

LHD ECEイメージング計測



計測空間内の電子温度分布・温度揺動の進行方向(波数)が計測できる

LHDにおけるマイクロ波イメージング計測器開発

MIR・ECEIマイクロ波光学系① 全体図



IFアンプ&位相検出器

MIR高周波回路④ 検出回路



E-Div マイクロ波干渉計概略図









- ミラー、ホー ン関係支え
- アルミアング ルでエンド部 上部のアング ルからつりさ げる。



エンドタンク上部のアングルを利用してImaging用のホーン、ミラー、検出器を 設置する。