

V140a 広帯域ミリ波・サブミリ波検出器のためのアレイ化に適した Magic-T の設計

井上修平, 陳家偉, 宇野慎介, 河野孝太郎 (東京大学), 丹羽佑果 (東京工業大学), 長沼桐葉, 山村亮介 (電気通信大学), 竹腰達哉 (北見工業大学), 大島泰 (国立天文台)

我々は、宇宙構造形成史および星形成史の解明を目指し、広視野かつ超広帯域なミリ波サブミリ波帯多色同時撮像カメラの開発を行っている。天体信号はホーンで集光され検出器基板上的の平面型直交偏波分離器 (OMT) で直交する2偏波に分離されるが、各偏波で対向する2つのプローブで位相が反転している。そこで、2つの入力信号を広い帯域でずれを抑えつつ位相反転させて合成する平面型 Magic-T が同じ基板上に必要なになる。その基本は、長さが1/4波長と3/4波長の線路で構成し、線路長の差を用いて位相を反転するため、単一波長付近しか機能せず、狭帯域であった。一方、3/4波長の線路を結合線路 (Coupled Line) に置換し、この導入で非対称になる回路の位相を補償するスタブ、および多段のインピーダンス変換器を追加することで広帯域にできる。0.8–2.8 GHz 帯においては、誘電体を積層した結合線路と2段のインピーダンス変換器で比帯域3.5が実証されている (Gruszczynski 他, 2012)。そこで、検出器に合わせた比帯域2.3を実現するために、この手法を基盤として、単層構造でアレイ化の製造負荷を低減する Magic-T の開発を行った。

今回は、性能評価が容易な低周波数 (6–14 GHz、比帯域2.3) スケールドモデルで設計手法の確立を行った。単層結合線路はインピーダンスが高く、先行研究のような解析解は存在しない。そこで、解析解の拘束条件をやや緩和した上で、電磁界シミュレーションにより結合線路の構造とインピーダンスの関係を網羅的に探索した。その結果、1段のインピーダンス変換器と組み合わせて、入力の反射係数が0.12以下、かつ出力の振幅と位相のずれをそれぞれ0.03と 1.5° 以下に抑えることに成功した。本講演では設計手法と得られた最適解について報告する。