

平成15年度 国立天文台ALMA共同開発研究 研究成果報告書

1. 研究課題名 ミリ波・サブミリ波受信機用の広帯域高周波コンポーネントの開発 2. 区分 A・B
3. 研究代表者 氏名 安藤 浩哉 所属 国立豊田工業高等専門学校
4. 研究成果の概要（1000字程度で、ALMA計画に関連して重要であると思われる成果を重点的に記入してください。必要に応じて図表等は別紙として添付してください。また、主要な購入物品との関係についても記載してください。）

ALMA計画で日本が担当するバンド4, 8, 10では、RF周波数で比帯域 ($\Delta f/f_c$) 約20%~26%という広帯域で利用が可能な高周波コンポーネントの開発が必要であり、IF帯域においては、例えば4GHz~12GHzという比帯域 ($\Delta f/f_c$) にして100%という広帯域で動作する高周波コンポーネントの開発をする必要がある。しかも、ALMA計画のような大規模な電波干渉計の建設において、多くのSSB超伝導受信機を搭載することを考える場合、個々のRFコンポーネントの位相特性を高帯域で一定に保つ必要がある。

■RF帯域用 3dBカプラ

そこで、まず我々はすでに開発した100GHz帯の3dBカプラの開発手法（回路理論に基づいた行列計算による計算手法）を用いて、3dBカプラが必要と考えられるALMAバンド3から10までの全バンドの3dBカプラの設計を行なった。その基本構造を図1に示す。図1で $H_1=$, $H_2=$, $H_3=$ とすると、図2に示すような最適化された周波数特性が得られる。

この結果をもとにBAND4, 8, 10について設計した3dBカプラの寸法図面と電磁界解析ソフトによる周波数特性を図3, 図4, 図5に示す。これらは、いずれもALMA仕様を満足し、各バンド帯域内で $|S_{11}|$, $|S_{41}|$ ともに-20dB以下、 $|S_{21}|$ や $|S_{31}|$ も -3 ± 0.5 dB以下、 S_{21} と S_{31} の間の位相差は 90 ± 0.5 度の間に抑えられている。ALMA計画のRF3dBカプラでは、多くのバンドで5スリットを持つカプラが主流になるものと考えられる。

■RF帯域用 バランスドSSBカプラ

また、同様な計算手法を応用すると、例えば図6に示すような構成の2SBバランスドミキサー用カプラでは、図7(右)のように4つのミキサーに広帯域にわたって-6dB（電力比で1/4）の電力が供給できることが確認できた。また、図7(左)のような位相差の周波数特性も確認することができた。カプラ間の伝送線路の長さが周波数特性に及ぼす影響も検討でき、今後のバランスドミキサー受信機、2SBミキサー受信機の開発方法に一応の目処がついた。

■OMT

3dBブランチラインカプラと同様な回路理論的な解析手法によって、図8のような特性のALMA仕様を満足するOMTの現実的な解が見つかった。このOMTは、従来提案されているものよりも小型であるために、伝送距離にともなう損失が小さい。高性能な偏波分離を実現するために、平成16年度のALMA共同研究が認められた場合の開発目標一つとする。

■RF帯域用 3dBカプラ

RF 3dBカプラと同じ回路理論的な解析手法で、IF 3dBカプラに関する検討を行なった。その結果、まず、図9(左)(中)のような構造を持つIFカプラでは、図9(右)のような周波数特性をもつ4GHz~8GHzのIFカプラができることが確認できた。さらに、図10(左)のような構造を持つIFカプラで、図10(右)のような周波数特性をもつ4GHz~12GHzのIFカプラができることが確認できた。将来的には、SIS基板上への搭載が十分に期待できる。

■広帯域 IFアンプ

RF 3dBカプラと同じ開発手法で、HEMTアンプ回路などの検討を行なった。その結果、今年度から4GHz~12GHz低雑音IFアンプの国内での安定した供給体制を目指して企業（日本通信機）との共同研究をスタートさせることができた。

5. 成果発表 学会発表、研究会集録などを含みます。印刷中、投稿中なども可。)

著 者 名	論 文 標 題
Hiroya Andoh, Shinichiro Asayama, Hideo Ogawa, Norikazu Mizuno, Akira Mizuno, Takehiko Tsukamoto, Touko Sugiura, Yasuo Fukui	Numerical Matrix Analysis for Performances of Wideband 100GHz Branch-line Couplers
発行年、雑誌 研究会名、巻・号、ページ	
International Journal of Infrared and Millimeter Waves 24(2003) pp.773-788	

著 者 名	論 文 標 題
Shin'ichiro Asayama, Hideo Ogawa, Takashi Noguchi, Kazuji Suzuki, Hiroya Andoh, Akira Mizuno	An Integrated Sideband-Separating SIS mixer Based on Waveguide Split Block for 100GHz Band
発行年、雑誌 研究会名、巻・号、ページ	
ALMA Memo Series http://www.alma.nrao.edu/memos/ No.453 (2003)	

著 者 名	論 文 標 題
Hiroya Andoh, Tetsuhiro Minamidani, Shin'ichiro Asayama, Yoshinori Yonekura, HideoOgawa, Norikazu Mizuno, Akira Mizuno and Yasuo Fukui	Designs of Wideband 3dB Branch-line Couplers for ALMA Bands 3 to 10
発行年、雑誌 研究会名、巻・号、ページ	
ALMA Memo Series http://www.alma.nrao.edu/memos/ No.468 (2003)	

著 者 名	論 文 標 題
安藤 浩哉、塚本 武彦、杉浦 藤虎、浅山 信一郎、米倉 覚則、小川英夫、水野 亮、南谷 哲宏、水野 範和、大西利和、福井 康雄	電波天文学用広帯域 IF90 度ハイブリッドの開発
発行年、雑誌 研究会名、巻・号、ページ	
日本天文学会 2004 年春季年会 V41b	

6. 別刷り 各1部を添付してください。コピーも可。)

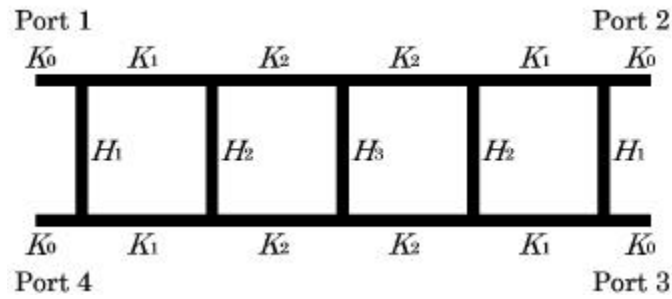


図 1 5 ブランチの 3 dB カプラの構成図

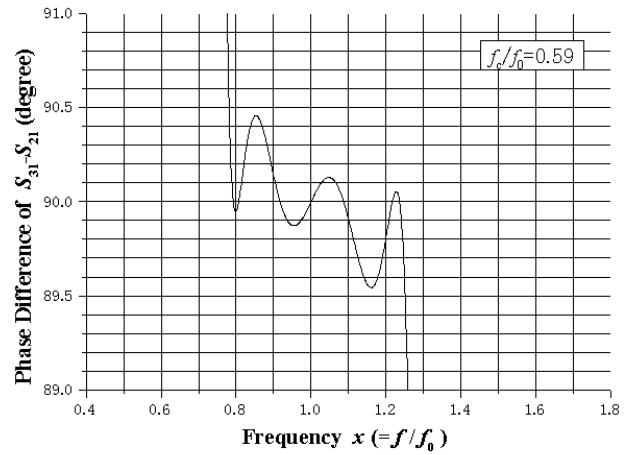
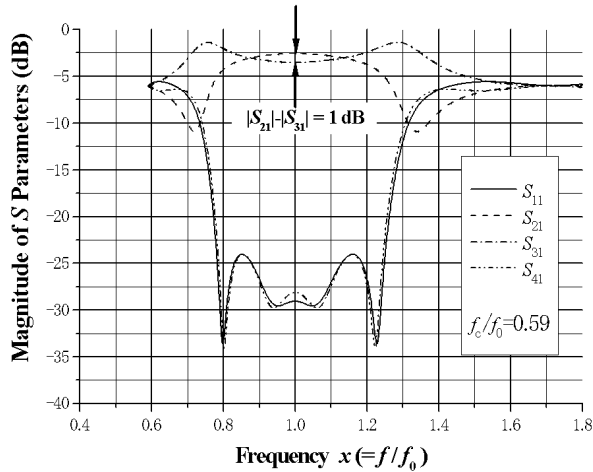
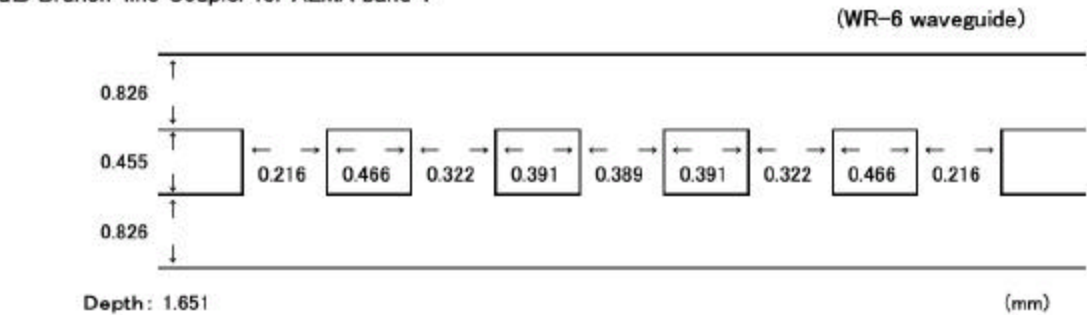


図 2 S パラメータの周波数特性 ($|S_{11}|$, $|S_{21}|$, $|S_{31}|$, $|S_{41}|$ と $\angle S_{31} - \angle S_{21}$)

3dB Branch-line Coupler for ALMA band 4



Designed by Toyota National College of Technology

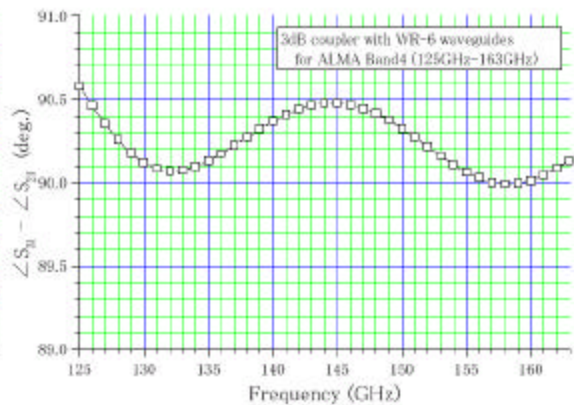
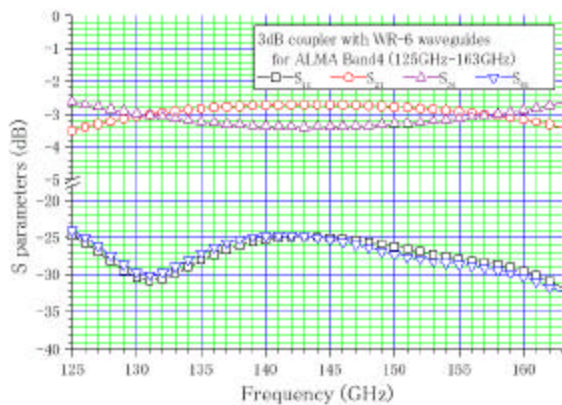


図 3 BAND 4用の RF 3 dB カプラの設計図と HFSS による解析結果

3dB Branch-line Coupler for ALMA band 8

(WR-2.2 waveguide)

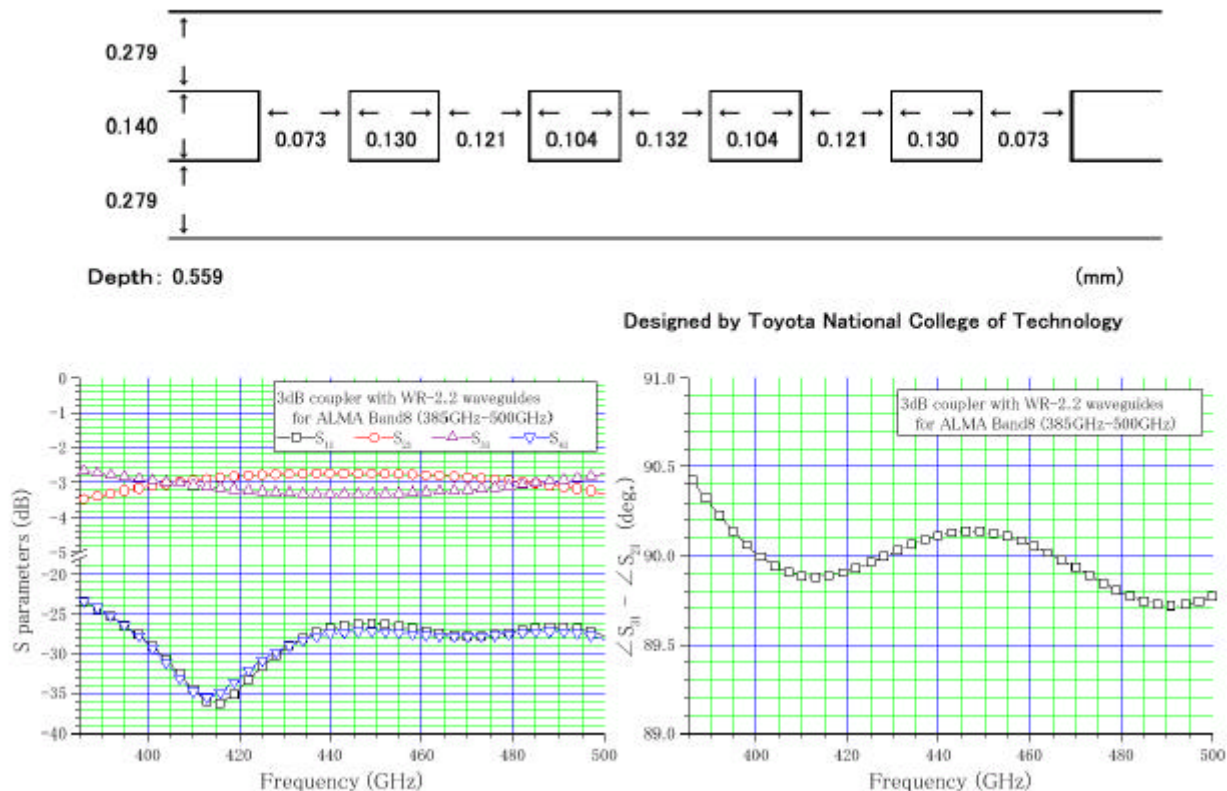


図 4 BAND 8用の RF 3 dB カプラの設計図と HFSS による解析結果

3dB Branch-line Coupler for ALMA band 10

(WR-1.2 waveguide)

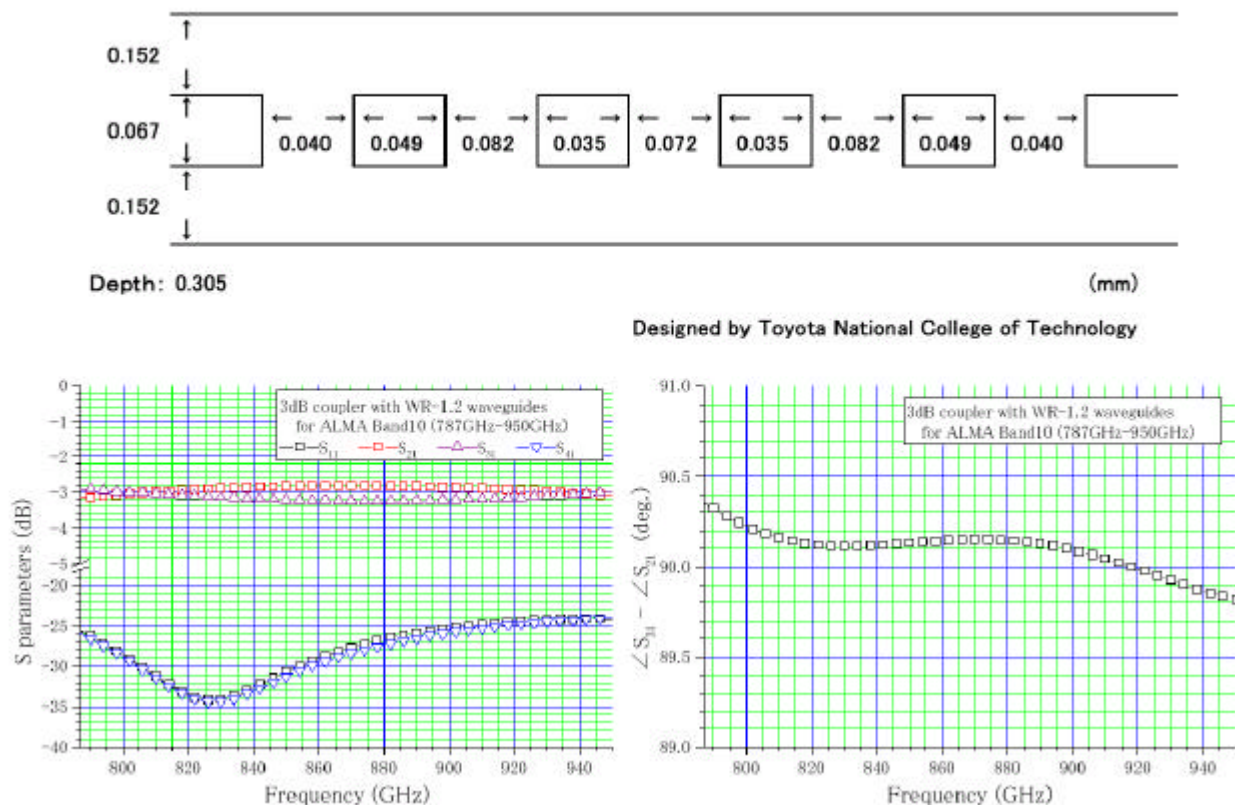


図 5 BAND 10用の RF 3 dB カプラの設計図と HFSS による解析結果

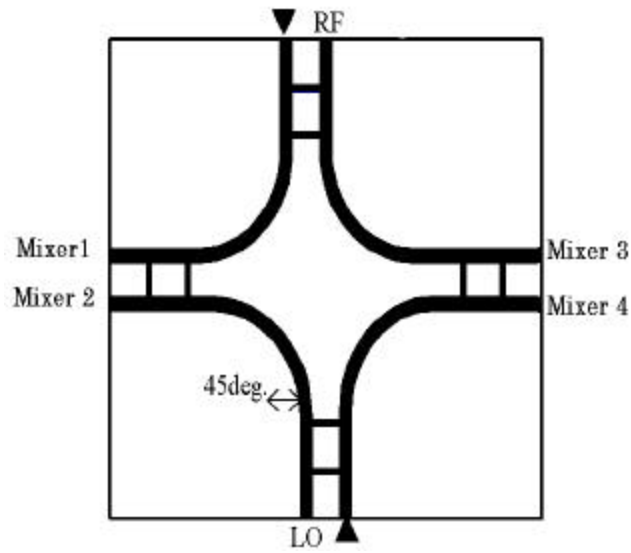


図 6 2SBバランسدカプラの構成例

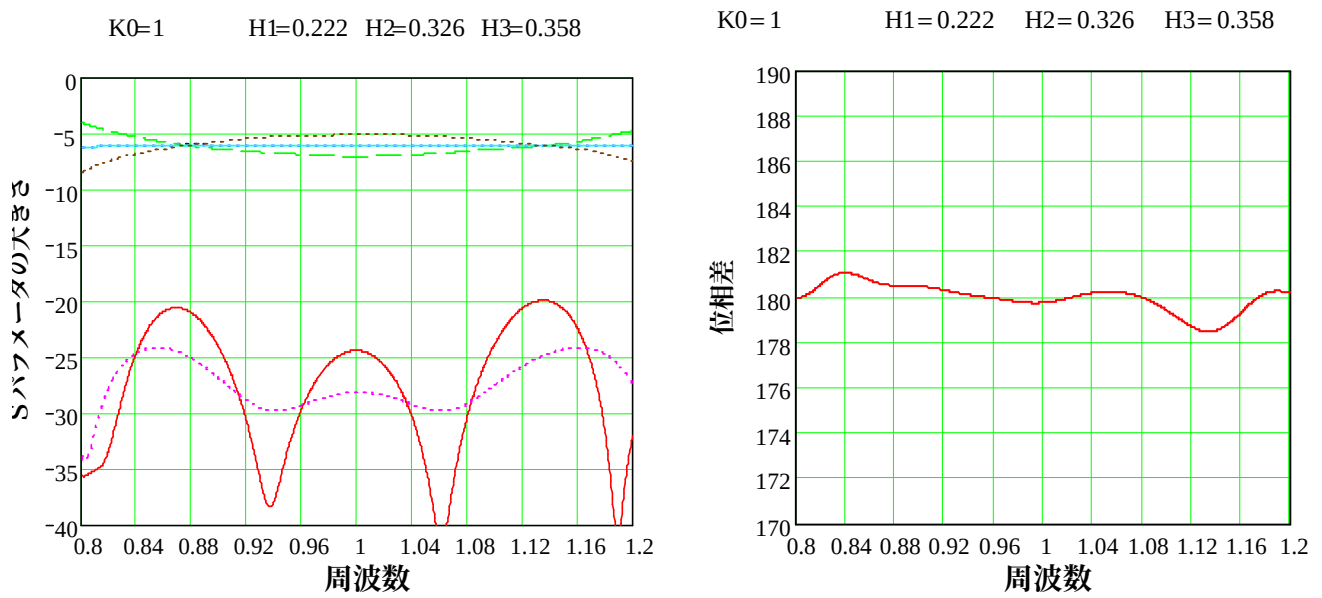


図 7 2SBバランسدカプラの振幅特性 (左)と位相差特性 (右)

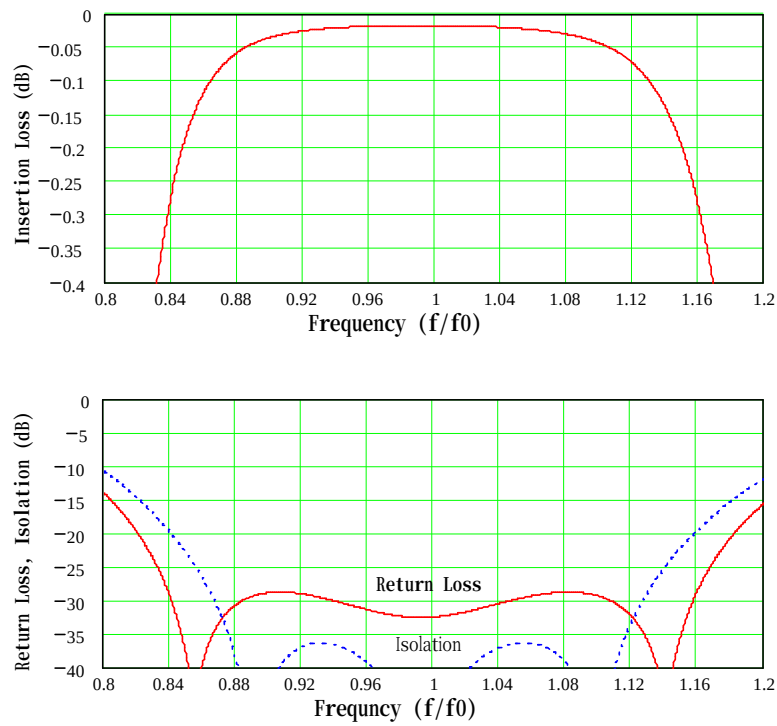


図 8 OMTの周波数特性

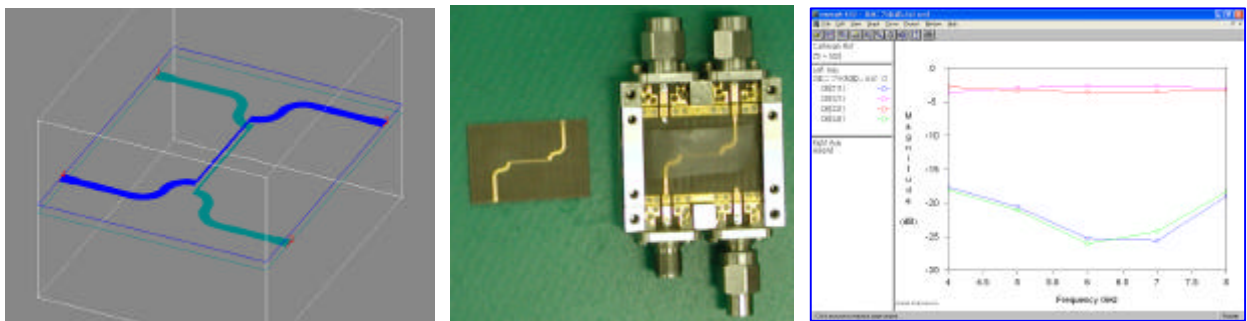


図 9 $\lambda/4$ の結合部を持つ I 帯用 3dB カプラとその周波数特性

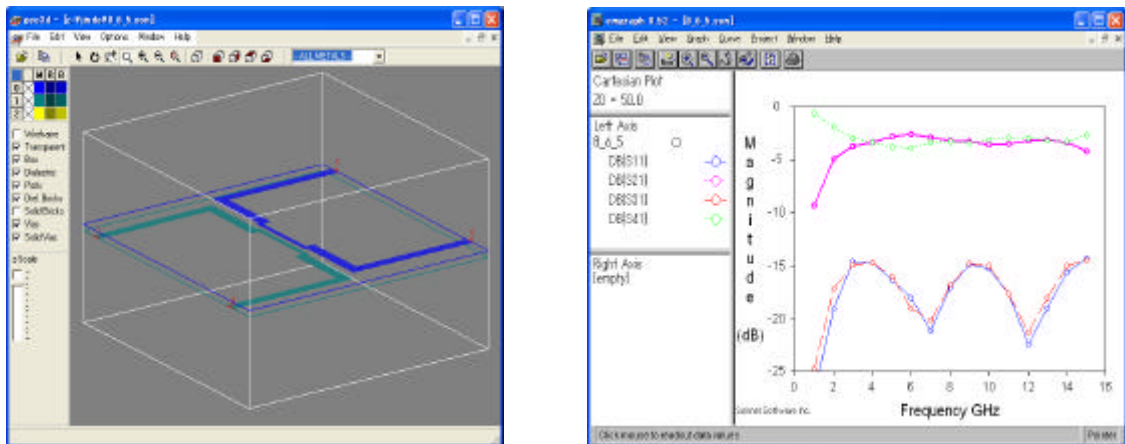


図 10 $3\lambda/4$ の結合部を持つ I 帯用 3dB カプラのデザインとその周波数特性