

超広帯域 光通信 ONU(Optical Network Unit)用バイアス - Tの開発 Super Wideband Bias-Tee Serve for Optical Network Unit Devices

小宮 邦文[†] 阿部 康弘^{††} 和田 光司^{†††} 松本 真^{†††}
K.Komiya Y.Abe K.Wada S.Matsumoto
ケイアールエフエム株式会社 横浜本社[†] 東京R&D^{††}
K,RF&MICROWAVE Corporation †Yokohama hdqrs., ††Tokyo R&D
電気通信大学 電気通信学部 電子工学科^{†††}

^{†††}Department of Electronic Engineering, The University of Electro-Communications

あらまし:光通信ONU(光加入者終端装置)のフォトダイオード(PD)に直流バイアスを供給するバイアス-T回路は、直流以外の微弱な高周波信号を電源回路に漏らさず、次段のアンプに確実に伝えるという重要な役割を担う受動素子回路で、いままでは光受信モジュールPKGの中に、キャパシタ系素子を用いることで実現されてきた。広帯域化が加速し10GHzを越える帯域となるにつれて、高周波信号を広帯域に漏らさずに、また、その帯域の中での共振を極力押さえ込むインダクタ系デカップリング素子を搭載したバイアス-T(個別部品)の重要性が高まってきたことをうけて、超広帯域特性を実現する3.0mm角のバイアス-Tを開発した。

キーワード:ONU, PD, PON, GE-PON, 表面実装部品、バイアス-T

Keywords : ONU, PD, PON, GE-PON, SMD, Bias-Tee

1 まえがき

光通信システムの高速化にともない、加入者系および基幹系通信ネットワークの高速、広帯域化が急がれている。このための大容量データの伝送にむけたギガビットPON(Passive Optical Network)が注目され、GigaEther-PON(GE-PON)などの開発も活発化してきたことで、加入者系受信モジュールに対する高速化や広帯域化の開発もはじまった。

これらの開発において、光通信ONU(光加入者終端装置)などのフォトダイオード(PD)に、直流のバイアス電圧を供給するバイアス-T回路は、光信号から高周波信号を取り出す最初の素子であるPDに、直流バイアスを掛けるとともに、直流以外の微弱な高周波信号を電源回路に漏らさず、アンプに伝えるという重要な役割を担う受動素子回路で、いままでは光受信モジュールの中に、主に高周波対応の薄膜バイパス・コンデンサなどを用いたベアチップのハイブリッド実装で実現してきた。

広帯域化が加速し、5GHzを越え10GHzも越えるといった超帯域になると、キャパシタ系バイパス回路をメインとするデカップリング素子での広帯域化が難しくなってきた。

そこで、広帯域にわたるアイソレーション回路中での共振を、極力押さえ込むインダクタ系デカップリング素子を搭載したバイアス-T(個別部品)の重要性が高まってきた。

本稿は、光通信ONUパッケージに搭載して、超広帯域にわたり高周波信号を直流電源に漏らさず電源供給する、3mm角のバイアス-T開発プロセスについて述べる。

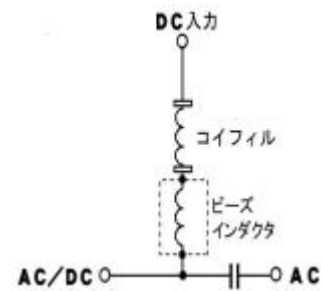


図1 実装部品の回路構成

2 回路構成 とシミュレーション

ONU PKGの中に実装することができるバイアス-Tという開発目標から、使用基板は0.34mm厚(樹脂厚0.28mm)を採用、樹脂モールド材を堆積塗布した後切断するSMD、搭載部品はRoHS対応半田で実装できる個別部品、部品点数は

4個以内、搭載部品の高さは1mm以下、と決めて回路を構成すると、搭載する個別部品回路は、図1のような構成になる。

インダクタを二つに分けた理由は、10GHzを越える広帯域であるために、低域側は巻線型のインダクタが、形状的にも、共振の問題からも、使用できないと判断されたためである。

また、特許製品のコイフィルも100MHz以下の低域では、形状や巻数の問題に加えて、量産性にも問題が有ることから低域用の採用は断念した。

そこで、低域にはフェライト系ビーズインダクタを用い、GHz以上の高域用のインダクタには1608サイズのKF1シリーズ(コイフィル)を採用することにした。

2.1 回路シミュレーション

低域と高域の周波数限界を確かめるために周波数特性S21とリターンロスS11, S22(反射係数)のシミュレーションを行った。

ONU PKGの中に実装することができるバイアス-Tという制約から、個別部品搭載基板の裏面に形成される、半田実装時の各実装端子の大きさは、0.5mm角とした。

この裏面の端子には、基板表面側からスルーホールが繋がるが、そのスルーホール穴は極力断面積を大きく取り、インダクタンス成分を低減させるために、穴埋め込みタイプとした。



図2 低域側(100MHz以下) S21, S11, S22
Logスケールのシミュレーション結果

この基板に部品実装した後、全体的に樹脂を1.5mm程度積層塗布して固め、最終的に3.0mm角に切り離して製品とする。

このため、最初のシミュレーションは、樹脂モールドによるパラシティック成分の影響は無視して、実装部品のみでデータを行い、経験値を用いたコイフィルのパラシティックによる周波数シフトのみを修正した。

広帯域の周波数特性を評価するときにLogスケール軸で周波数を表示すると、低域での動きはよく解るが、GHz以上の高域での動きは詳細が解り辛くなる。

そのため、リニアスケールで20GHzまでのグラフも作成した。

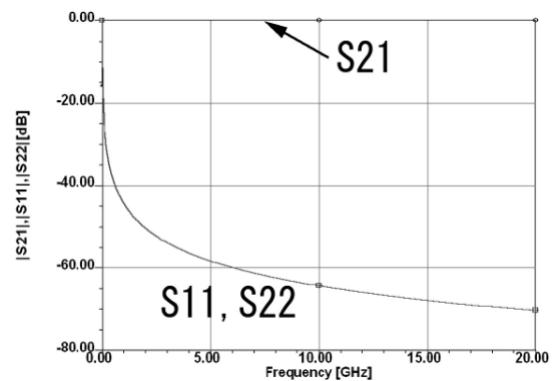


図3 高域(20GHz)までのS21, S11, S22
リニアスケールのシミュレーション結果

個別部品を基板に搭載した後に樹脂で固める構造のためか、低域のシミュレーション結果の中で、フェライト系ビーズインダクタのカットオフ周波数は、実際のデータに対して大きくずれた。

図2には、インピーダンスの値の違いで振ったいくつかの中から、実測に近いシミュレーショングラフを掲載した。

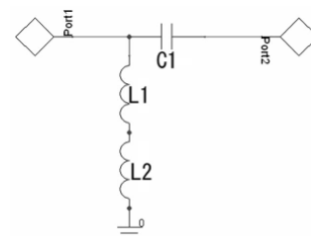


図4 シミュレーション、測定の回路

個別部品を用いた試作の場合で、実際に部品を実装しての試作は、多くの組み合わせができてしまうために、部品の限定ができない時は、試作数が増えて時間ばかりか、

測定、解析にも手間を取られてしまう。

だが、シミュレーションが試作時にできていれば、実測値に近づけるためのパラシティックの解析データなどが、近似的に作成されているため、再度の違った特性指定に対しては、実際に試作するよりも早く予測の部品組み合わせが可能になる。

このことは、ESをとばしてMSからはじめることもできるメリットにもなる。

図4は、シミュレーションおよび、実際の計測に用いた回路構成である。バイアス-Tの評価は、全てこの接続で計測した。

3 実測値 とシミュレーション

初期試作品の実測を行うに当たって、このバイアス-Tモジュールを接続する測定基板は、時間的な問題もあって、手加工で製作したものを使用した。

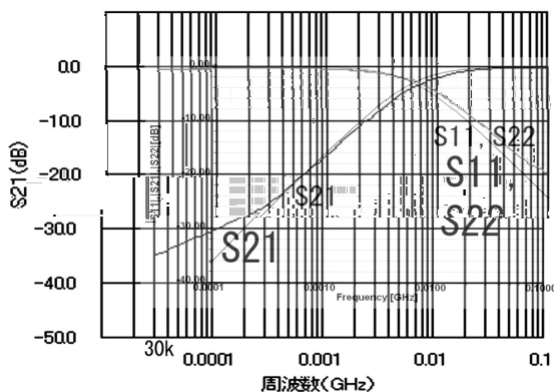


図5 低域実測データ S21, S11, S22 とシミュレーションの合成データ

図5は、100MHzまでの、実際の測定データに図2のシミュレーション結果を重ねたグラフである。

バイアス-Tは、シンプルな回路構成であるために、比較的容易にシミュレーションを実行できるが、数100kHz以下のS21や10MHz以上のS11、S22のグラフは、はずれている。

図6は、20GHzまでのリニア・スケールで表示した実測値に、最初のシミュレーションデータを重ねたグラフである。

シミュレーションのグラフは、ロスを含めない理想素子の広帯域特性のために、S11,

S22が、30dB近くずれてしまった。

シミュレーションのロスをどのように校正したかで、個別部品が搭載される基板の、実装における容量の結合度やモールド後の樹脂材料のパラシティック特性が見えてくる。

また、樹脂を塗布しない基板の特性と比べることで、樹脂を塗布することによるRF特性の変化も、回路素子的に見ることができた。

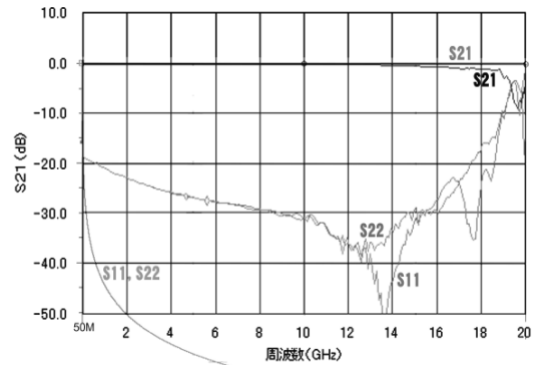


図6 高域実測データ S21, S11, S22 とシミュレーションの合成データ

3.1 シミュレーション と考察

実測値とシミュレーションの比較からは、(1) 低域での、バイアス-Tの周波数特性は、フェライト系ビーズインダクタの特性に大きく依存する。(2) フェライト系ビーズインダクタを、単純なL,Cや抵抗体の合成として表わすことは難しい。(3) 10GHzより上の周波数で起こるS11とS22の相違および、グラフの暴れ(いくつかの減衰極と共振点)は、測定基板に主な原因がある。等の事柄が明確になった。

シミュレーションを行わずに試作していたときに比べ、漠然とした予測を明確に実証できることで、回路変更は便利になった。

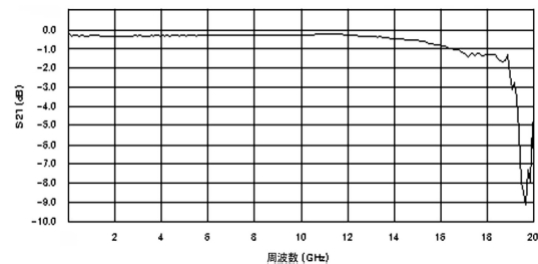


図7 実測(20GHzまで)の挿入損失

3.2 実測値に合わせるシミュレーション

実測値に近づけるシミュレーションを行

った結果、フェライト系ビーズインダクタにC付加する直列共振によって13.7 GHzの減衰極と19 GHzの所の共振が作られ、挿入損失の値が実測値に近づいた。(図8)

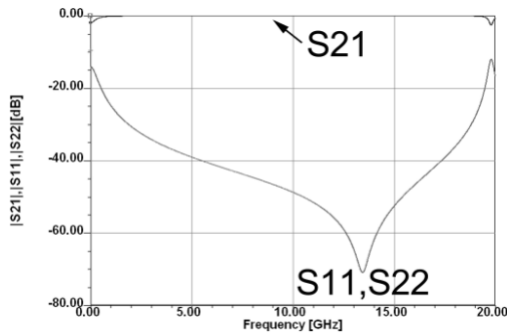


図8 実測に近づけたシミュレーション S21, S11, S22

シミュレーションを行う前は、樹脂モールドによる並列キャパシタンスの所為で減衰極ができると考えていたが、シミュレーションから0.004 pF程度であることが判明、そうとも言い切れないことも解った。

バイアス-Tモジュールの形状がかなり小さいことから、いろいろなところで付加されるC成分の影響は少なく、むしろフェライト系ビーズインダクタの抵抗成分(100オーム)の方が、理想素子から予測される周波数特性を低域で大きく狂わせた。

4 特性評価

10GHzを越える帯域を有するPD回路用のバイアス-Tは、挿入損失や広帯域の周波数フラット性より、低群遅延やPDとの広帯域マッチングの方が重要視される。

また、PD特性をフラットにするような、特性に合わせ込むバイアス-T仕様の要求も多い。

4.1 製品特性とSMD外形

図9は今回試作したバイアス-Tの外形図である。モジュール化することで特性の安定性と実装時のRF特性バラツキを押さえられた。

表1の通り、1 dB挿入損失の時の帯域は20 MHzから16 GHzだが、外付け部品を足せば1 MHzから16 GHzの使用も可能と

なる。

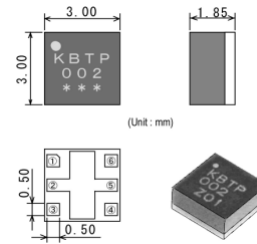


図9 SMDタイプ・バイアス-Tモジュール

Parameter	Unit	Value	Condition
Freq. Range (-3dB)	MHz	8 to 18,000 (typ)	DC in Shunt
Insertion Loss (1dB)	MHz	20 to 16,000 (typ)	DC in Shunt
Rated Current	mA	300	—

表1 バイアス-Tの電気的仕様

5 まとめ

実測値とシミュレーションの結果は、傾向は似ているが差異が生じており定性的な評価はできるが、広帯域にわたる議論では、定量的な評価はまだ難しい。

低域側、高域側で別の等価回路を考えるなど再検討して行くことにより、今後は、製品の改良に貢献できると考える。

参考文献

- [1] K.Kikushima, T. Fujiwara, S. Ikeda "Simultaneous Optical Transmission of AM-VSB / 64-QAM / FM / TC8PSK / QPSK Multi-Channel Television Signals by Super-Wideband FM and BS/CS-RF Conversion Techniques" No.11.2006 IEICE TRANS. COMMUN, Vol.E89-b,
- [2] 西仁司、北村一哉、赤澤幸雄、桜井哲真、菊池浩二 "FM一括変換型伝送方式におけるONU伝送特性シミュレーション手法"電子情報通信学会論文誌 B VOL. J89-B No. 11 pp2082-91

連絡先

連絡先氏名 小宮 邦文
 所属機関 ケイアールエフエム(株) 横浜本社
 所在地 〒235-0033 横浜市磯子区杉田 2-12-8
 電話番号 (045) 772-4441
 E-mail komiya@krfm.co.jp

連絡先氏名 和田 光司
 所属機関 電通大 電気通信学部 電子工学科
 所在地 〒182-8585 調布市調布ヶ丘 1-5-1
 電話番号 (0424) 43-5212 (FAX)
 E-mail wada@ee.uec.ac.jp