

GA によるロバスト性を考慮した光通信用フィルターの設計

Gain Flattening Filter Design considering robust by Genetic Algorithm

市川 親司

Chikashi ICHIKAWA

Abstract: This paper describes Genetic Algorithm (GA) for minimizing the error of GFF. However, film thickness has been changed by process of manufacture. So it is necessary that considering robustness for real problems, like GFF. Therefore it is important that the objective function in consideration of robustness is optimized by GA.

1 はじめに

現代の高度情報化社会では、きわめて大量のデータを瞬時に伝送することが不可欠であり、その手段として光通信が用いられている。

光通信では中継器内で光アンプが用いられているが、光電変換¹を行わない光アンプでは、すべての波長を等しく増幅することは物理的に不可能である。このため、光増幅を行った後に光の利得を平坦化する必要がある。この際に用いられる利得等化器の一つに誘電体多層薄膜を用いた利得等化フィルタ (Gain Flattening Filter : GFF) がある。本研究では遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm : GA) を用いて、より利得誤差の小さい GFF を設計することを目的としている。本発表では実際に製造の際に発生する誤差を考慮にいたれた評価関数を実装し、数値実験を行った。

2 GFF とは

2.1 GFF の設計

光は屈折率が異なる物質境界で反射と透過を起こす性質があり、この反射率と透過率は光の波長、物質の屈折率および膜厚により変化する。

この原理を利用して、GFF は任意の厚さの薄膜を低屈折率/高屈折率と交互に積み重ね、利得等化を行う。設定された目的特性と一致する多層薄膜を設計することが、GFF 設計の目的となる。

2.2 GFF の評価関数

設計した GFF の各波長成分ごとの利得を計算し、各波長ごとの目標特性との誤差の 2 乗和 ($sumerror$) と、正の最大誤差 ($maxerror$) から負の最大誤差 ($minerror$) を引いた値 ($maxerror - minerror$) から評価値を求める。これを GFF の評価関数とし、Equ.(1) に示す。なお、 w_1 、 w_2 は重みを示す。

¹光 電気, 電気 光の変換を行わず、直接光のまま変換すること

$$ObjectiveFunction = w_1 \times sumerror + w_2 \times (maxerror - minerror) \quad (1)$$

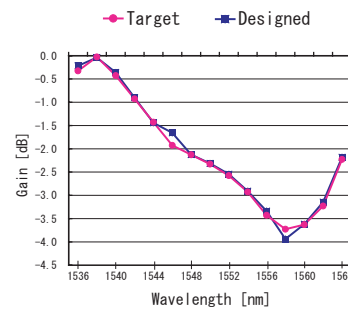


Fig. 1 GFF の評価関数

3 ロバスト性を考慮した GA による数値実験

3.1 ロバスト性を考慮する必要性

GFF のような実問題に対しては、ロバスト性を考慮する必要がある。その理由は、製造の際に生じる誤差を考慮しなければならないためである。このことを無視すれば、現実の問題に対応できないものになってしまう。したがって、膜厚が少しでもずれた場合であっても、それほど評価値が変化しない膜厚の設計が必要となる。

3.2 ロバスト性を考慮した評価関数

ロバスト性を考慮するためには、それに対応した評価関数を実装しなければならない。そこで、GA で最適化された膜厚に、正規乱数によって発生させた誤差を加えたものを評価関数とした。つまり、誤差を発生させて、元の膜厚に加える。GA で最適化された膜厚と誤差を考慮して変化させた膜厚の評価値の平均を、その個体の適合度とする。この評価関数は、誤差によって生じる評価値の変化を反映する。

3.3 ロバスト性に関する実験結果

GAによるGFFの設計を行うために、GFFにおけるパラメータの検討を行う。本実験で用いたGAのパラメータをTable 1、GFFのパラメータをTable 2に示す。

Table 1 GAのパラメータ

Parameters	Value
Population	500
Chromosome length	30
Island	50
Elite	5
Selection	Tournament
Tournament size	4
Crossover	Two-point Crossover
Crossover rate	1.0
Migration interval	5
Migration rate	0.5
Mutation rate	0.03
Standard deviation	600
Generation	1000
Trial	20

Table 2 GFFのパラメータ

Parameters	Value
Number of layers	30
Domain	[1,1000 ~ 4000)
w_1, w_2	0.99, 0.01
Error value	-1.0 ~ 1.0(nm)

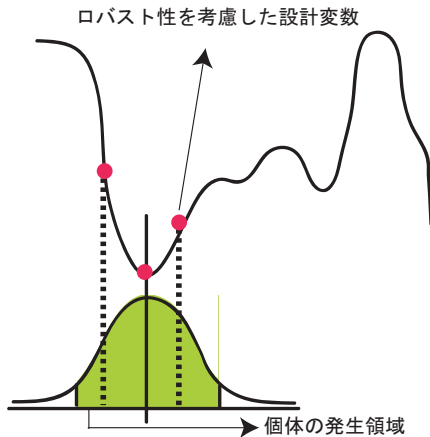


Fig. 2 ロバスト性を考慮したGFFの評価関数

3.4 実験結果

3.4.1 ロバスト性を考慮しない評価関数における結果

ロバスト性を考慮しない評価関数を用い、ロバスト性を取り入れたGAとそうでないGAの結果を比較した。その結果をFig.3に示す。縦軸には得られた評価値を、横軸には100試行の誤差の最良値、最悪値、平均値を示した。

Fig.3より、ロバスト性を取り入れたGAは、取り入れないGAとほぼ同等の値を示している。このことから、ロバスト性を考慮したGAは、通常のGAとほぼ同等の性能を示すことが分かる。

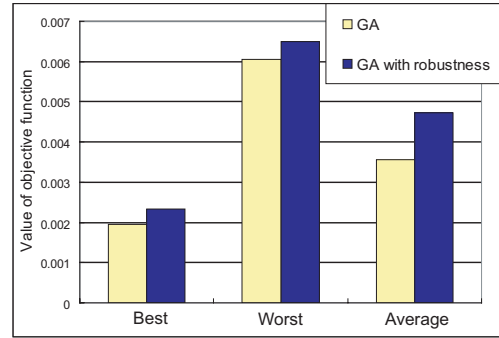


Fig. 3 ロバスト性を考慮しない評価関数における比較

3.4.2 ロバスト性が考慮した評価関数における結果

ロバスト性を考慮した評価関数を用い、ロバスト性を取り入れたGAとそうでないGAの結果を比較した。その結果を、Fig.4に示す。

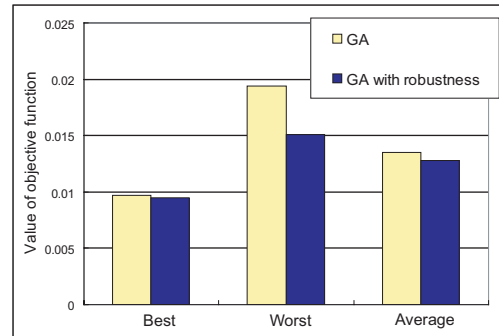


Fig. 4 ロバスト性を考慮した評価関数における比較

Fig.4より、多少は評価値に差があるが、0.001程度の評価値の差では、製造の誤差を考慮されているとは考えにくい。そのためGFFの評価関数では、ロバスト性を考慮することなく、通常のGAで最適化すれば、それほど製造の誤差を考慮することなく、設計することができる。

4 まとめ

本実験では製造の誤差を考慮した設計を目標としたが、それほど考慮する必要がないことが分かった。しかし、実問題に対しては、ロバスト性を考慮する必要があるため、製造の誤差を考慮したプログラムの実装は必要である。今後は、誤差のサンプリング点を増やすことで、ロバスト性に関する検証をさらにを行う予定である。

参考文献

- 1) 味村 裕. 誘電体多層膜の特性とその膜設計および光学膜厚制御. 古河電気工業株式会社 ファイナルフォトニクス研究所 光部品開発部, 2002.
- 2) 新保 豊. 徹底図解・光ファイバーの全て. PHP 研究所, 2001.