

波長板への AR コートについて

池田 優二

2001 年 2 月 8 日

1 はじめに

半波長板に AR コートを施すことによって、波長板トータルの透過率が上昇し、さらにリップルに対しても振幅を弱める効果が見られるということは、以前のレポートで既に紹介した。そこで、波長板に AR コートを施すことを考えたのであるが、既に貼り合わせを行った波長板に対しては、蒸着の際に接着材が揮発してしまう危険があり技術的に困難であることが分かった。代換案として、AR コートを施したガラス板を波長板に貼りつけるという方法が挙げられる。この方法だと安全に波長板の透過率を上げることができるが、ガラス板層を増やすことになり、リップルがさらに複雑にならないかという懸念がある。また、結果として波長板を含めた他層膜となってしまうので、期待される透過率の増加が見込めない可能性もある。そこで、今回業者からの提案のあったガラス材と接着材で波長板に AR コートした場合に、透過率そしてリップルがどのように現れるかを数値計算で予想した。その結果について報告する。

2 モデル計算

2.1 層構造

波長板は、6 枚層の無色波長板である。軸を互いに 90 度傾けて水晶 (SiO_2) とフッ化マグネシウム (MgF_2) を貼り合わせた位相板を更に 3 枚重ね合わせた構造になっている。真ん中の位相板の軸は、上下の位相板の軸に対して約 60 度ずれている。この波長板に更に接着材によって AR コートを施したガラス板を貼りつけるのであるが、ガラス材の候補としては業者の指定により BK7 ($n_d = 1.52$) もしくは SQ ($n_d = 1.43$) に限られる。ガラス材と波長板を構成する硝材 (SiO_2 と MgF_2) との間に反射を生じては意味がないので、したがって、 SiO_2 ($n_d = 1.55$) 側には BK7、 MgF_2 ($n_d = 1.38$) には SQ と貼りつけるべき硝材が必然的に決まる。接着材は、 $n = 1.45 - 1.55$ の間で選ぶことができる。当然ながら、反射率が小さくするために、ガラス材もしくは波長板硝材と屈折率が近いものを選ぶのが良い。BK7 側には SiO_2 と同じ屈折率の 1.55 のものを、SQ 側には最も反射率が小さくなる 1.45 のものを用いることにした。

2.2 ガラス材の厚み

ガラス材の厚みは 1mm とした。もし、ガラス材内のファブリペロー干渉でリップルが生じたとしても、その周期が装置の分解能より十分小さくなるように設定である。

2.3 面精度

リップル有無は、波長板硝材の面精度が一つの大きな要素である。硝材の面精度はここでは公称値である $\lambda/10$ とした。この面精度では、我々の装置で分解可能な波長幅に対しては出現しうる全てのリップルの周期が生じていると言っても良い。

2.4 結果

以下の4つの場合について計算を行った(図1)。多層膜のARコートの透過率の計算には、2000年9月13日のレポートで使用したのと同じものを用いた。

1. ARコートを全く施していない場合
2. SiO_2 側のみにBK7を貼りつけ、 MgF_2 単層コートを施した場合。
3. SiO_2 側のみにBK7を貼りつけ、 MgO-MgF_2 2層コートを施した場合。
4. SiO_2 側にBK7、 MgF_2 側にSQを貼りつけ、その両方に MgF_2 単層コートを施した場合。

図から以下のことが読みとれる。

- ARコートをを用いた場合、どの場合も透過率は上がり、さらにリップルの振幅が減少している。
- 単層コートと2層コートでは、2層コートの方が全体的に透過率は高くなるが、単波長側で透過率が急激に落ちている。(ARコートの効果を示す波長範囲が狭くなる)
- MgF_2 側へのコートの効果は低い。

ARコートは本来の目的である透過率の向上を十分果たしていると言える。広い波長幅に渡って使用することを考えれば、ある波長域で効率の落ちる多層膜より、波長依存性がよりフラットな単層膜方がよいかもしれない。また、 MgF_2 側のコートは効果がほとんど認められないので、わざわざ施す必要はないと考える。

3 結論

SiO_2 側に屈折率1.55の接着材を用いて、 MgF_2 で単層コートした厚さ1mmのBK7を貼りつけるのがよい。それによって、透過率の向上し、リップルが低減する。効率の向上は、単にBK7にコートを施した場合と同定度のものが見込め、BK7を貼りつけることによって新たに生じるリップルも問題にならない。

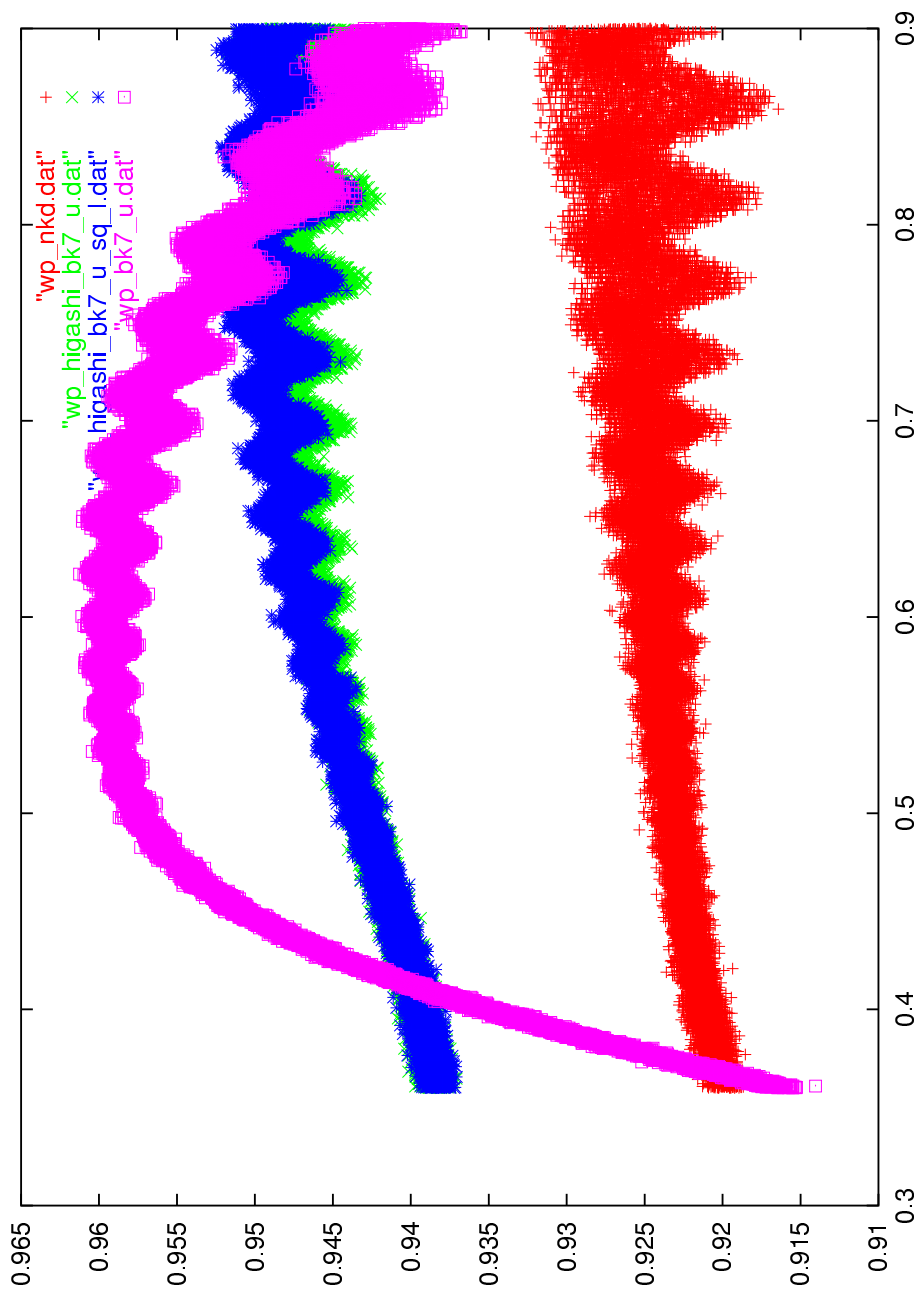


図 1: モデル計算の結果。赤線がコートなし、青線が片面単層コート、緑線が両面単層コート、紫線が片面 2 層コート。