

近赤外相対測光分光器

<http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/~iwamuro/NIS/>

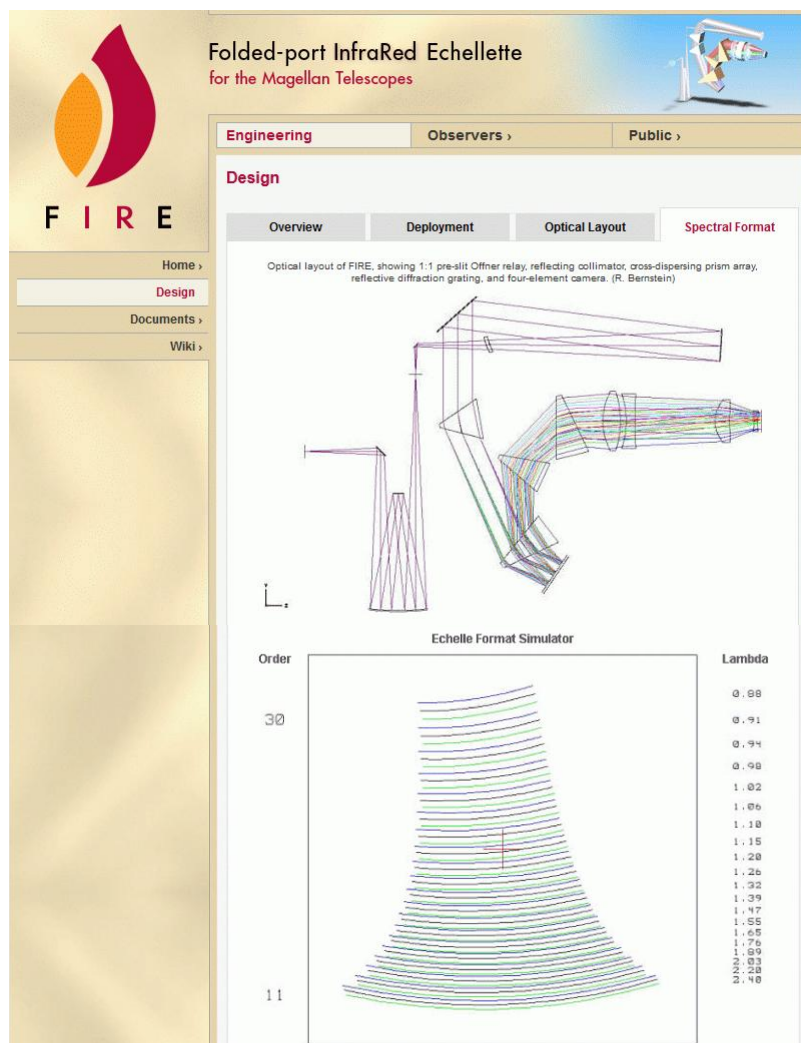
岩室 史英 (京大宇物)

●装置の特徴

[AGN 分光モニター](#)など、長期のモニター観測で微小なスペクトル変動を検出するためには、以下のような装置が必要となる。

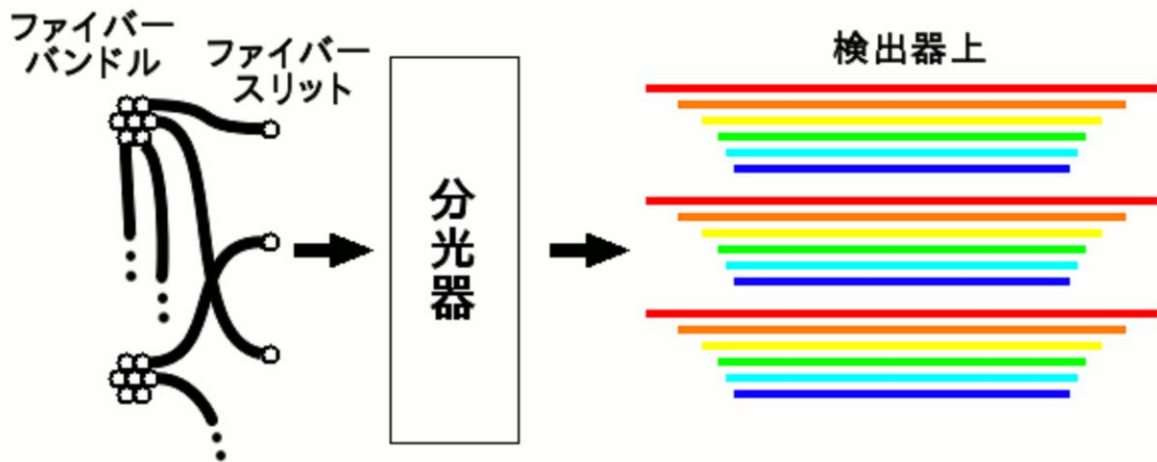
- 広い波長範囲
- 測光分光器(面分光器)
- reference との2天体同時分光

広い波長範囲を観測できる近赤外装置の例 (Magellan 望遠鏡 FIRE)



プリズムでの次数分離は必須だが、ZnSe プリズムの多用は避けたい
(近赤外で用いられる材質の $1/\lambda - n$ のグラフで直線になる必要あり
[ZnSe](#), [ZnS](#), [Silica](#), [BK7](#), [CaF2](#), [BaF2](#), [MgO](#), [Al2O3](#))

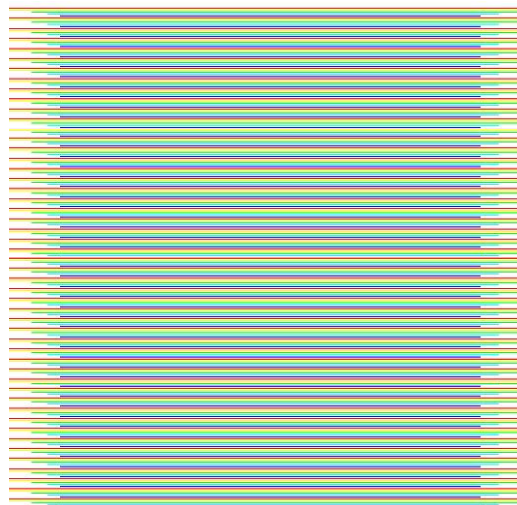
- 離散 slit で cross disperser に必要な分散を極力減らす
- その場合、光学系は色収差のない反射光学系であることが必須
- ファイバーバンドルで2天体同時面分光することで、信頼性を確保



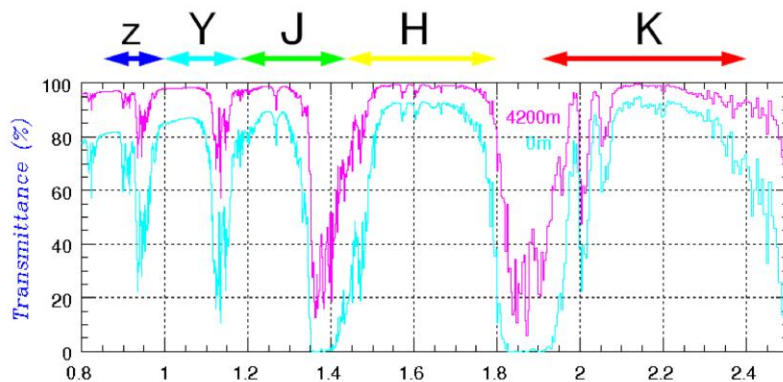
とりあえず $F/5 \Rightarrow F/2$ で色消し光学系ができたとして...

- ファイバーコア $100 \mu\text{m} \Rightarrow$ 無収差像サイズ $40 \mu\text{m}(2\text{pix}) \Rightarrow$ 収差込みで 3pix
- スペクトル間隔は $8\text{pix} \times 5\text{列} \Rightarrow 40\text{pix} \Rightarrow$ ファイバー50本

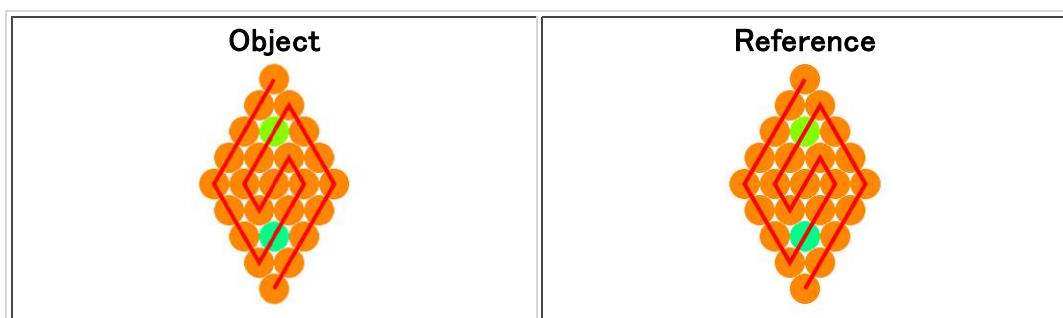
スペクトルフォーマットのイメージ (波長分解能 2700)



バンド	次数	左端	右端
K	3	1.920	2.400
H	4	1.440	1.800
J	5	1.178	1.440
Y	6	0.997	1.178
z	7	0.864	0.997



ファイバーバンドル形状は、5" x 8" のひし形で、
 object, reference を交互にファイバースリットに配置。
 点光源の場合はひし形内部の2点を往復させて観測する。
 バンドルは融着させてコアが六角形に近い形になるようにする。



具体的に設計してみた。Zemax のマクロが使えないので、回折格子はとりあえず5次の J-band で計算したが、他の次数でもそれほど悪化しないことは確認した。装置は 2m サイズで、biconic 6面の反射で検出器全面で1pixel 以下の結像が可能。

[配置/焦点面/スポット1 2 3 4 5](#)

以下、どこまで装置を小さくできるか調べる。
 全体のサイズを 2/3 倍、分散強度を 3/2 倍にして最適化

[配置/焦点面/スポット1 2 3 4 5](#)

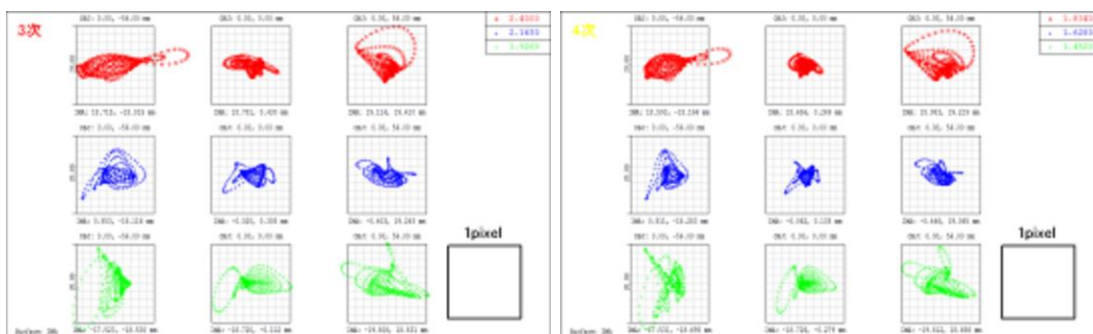
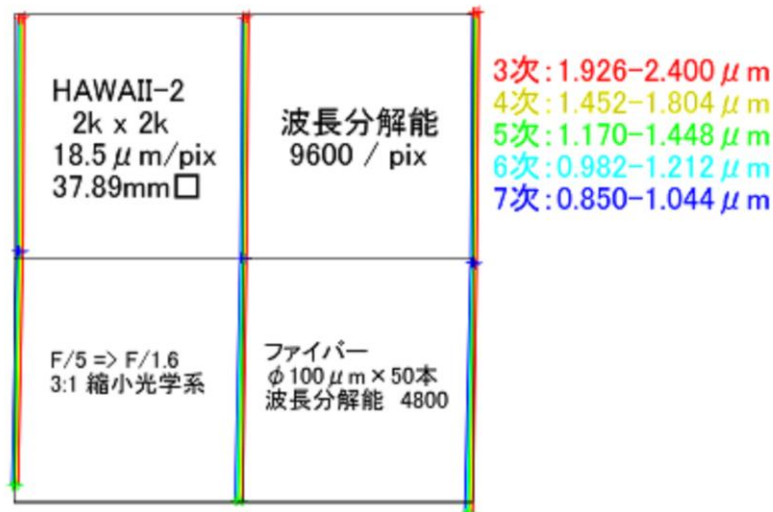
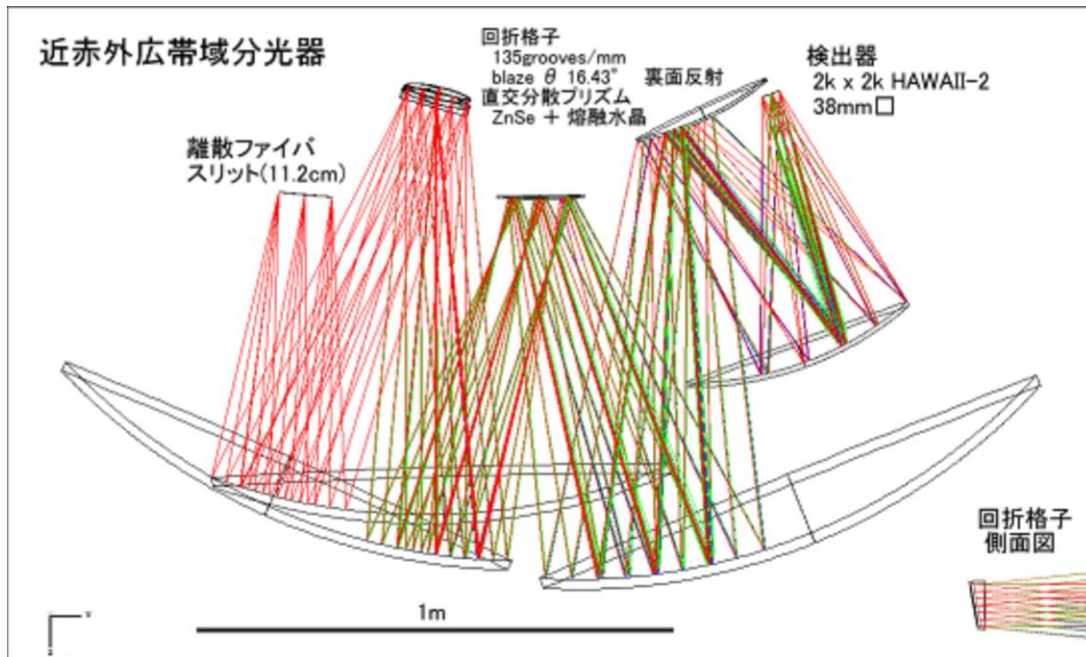
更に全体を 3/4 倍して最適化

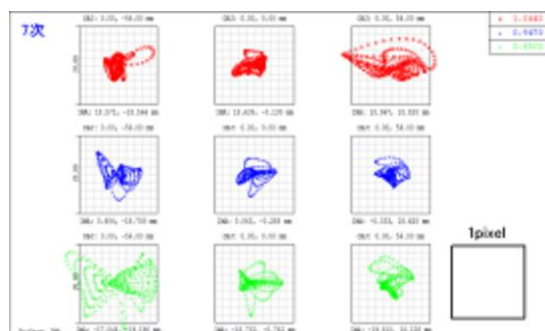
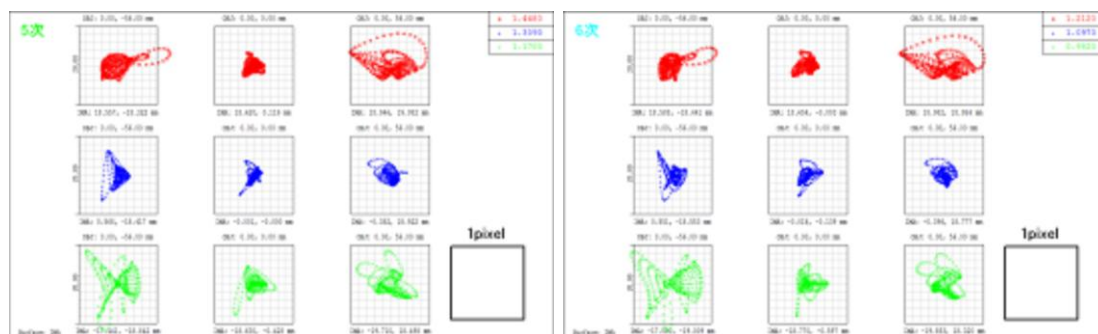
[配置/焦点面/スポット1 2 3 4 5](#)

2番目のものについて微修正

[配置/焦点面/スポット1 2 3 4 5](#)

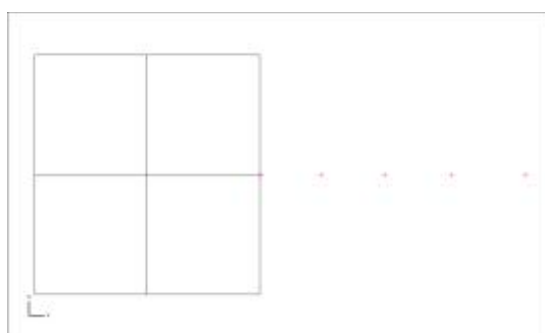
上記解では、短波長ほどスペクトルの間隔が広がる状態になっていたので、クロスディスパーザのプリズムを ZnSe+溶融水晶とし、スペクトルがほぼ等間隔になるようにした (135~170 μm, 7.3~9.2pix)。それに合わせてパラメータを最適化し直した。





Zemax ファイル

このままでは、プリズム表面での反射光が波長帯中心付近にかなりのゴースト像を作りそうなことに気がついた。

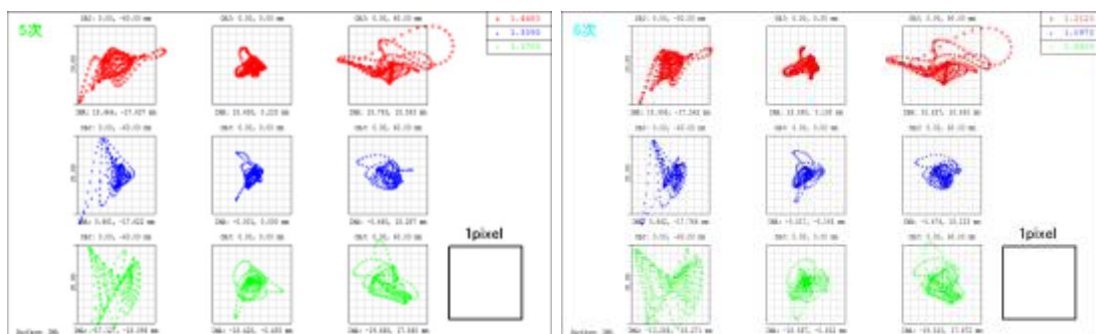
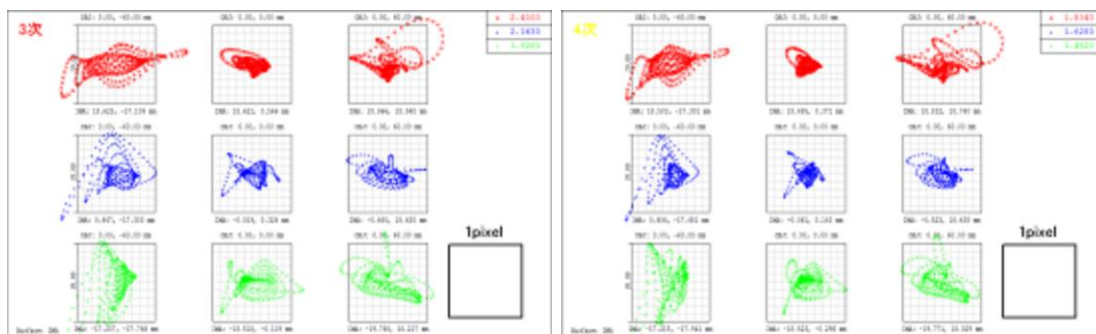
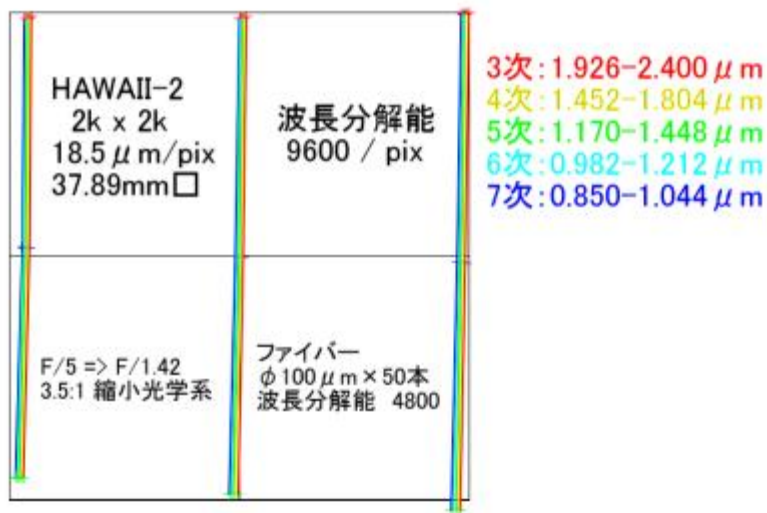
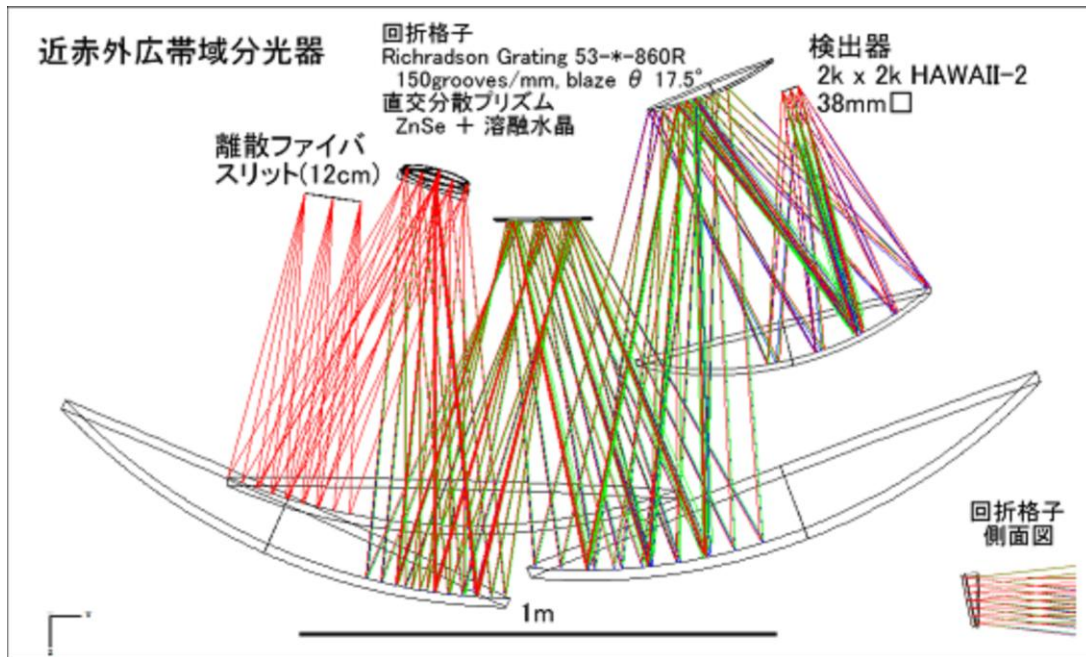


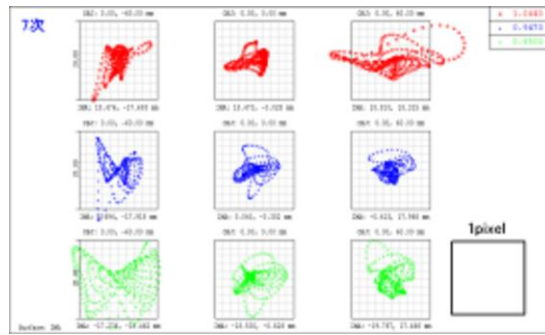
ぎりぎりセーフと言ったところだが、もう少し離れている方がいい。クロスディスペーザのパワーをもう少し上げると離すことが可能。

次に、回折格子をマスターが既に存在する [Rechadson Gratings 53-*860R](#) で代用する場合について調査してみる。

上記回折格子を使うと溝本数が1割増しになるので、その分更に縮小光学系にして波長域を検出器上に入れる必要がある。以下が最適化結果。上記解に比べて、検出器周りがかかり窮屈になったのと、スポットサイズが 1.4 倍に悪くなったが、まだどちらも許容ぎりぎり。スリット長は12cm としたが、もう少し長くできる。

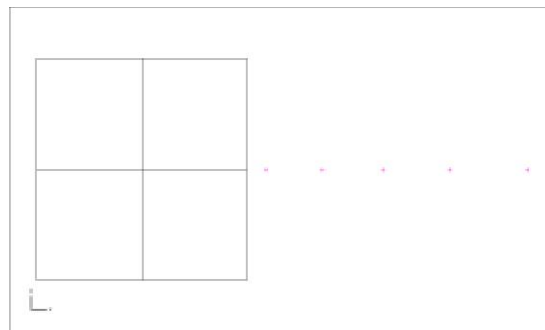
この場合問題となるのは回折格子を作る際のレジンの屈折率で、 17.5° のブレイズ角に合わせるにはレジンの屈折率が $N_d=1.66$ のものでないといけない(通常は 1.59)。そのような高屈折率かつ吸収の少ないエポキシがあるかどうか問題となるだろう。





Zemax ファイル

少しプリズムの分散を強めにして、プリズム表面の反射光が十分に離れるようにした。この程度離れていれば問題ないだろう。



iwamuro@kusastro.kyoto-u.ac.jp