

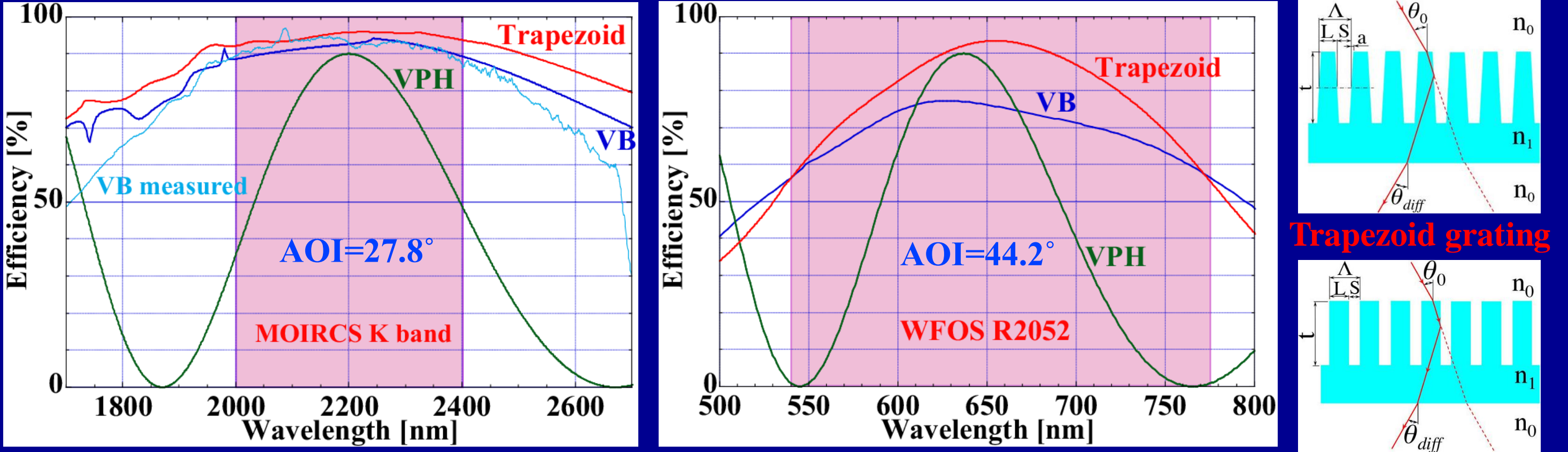


# 次世代観測装置用の新しい回折格子 VI

海老塚 昇, 細島 拓也, 竹田 真宏, 山形 豊 (理研), 岡本 隆之 (元理研), 佐々木 実 (豊田工大), 西牧 真木夫, 山本 和也, 西尾 幸暢 (ナルックス (株)), 小西 真広, 松林 和也 (東大天文センター), 田中 幸, 東谷 千比呂, 服部 堯, 尾崎 忍夫, 青木 和光, 櫛引 洸佑, 本原 顕太郎 (国立天文台)



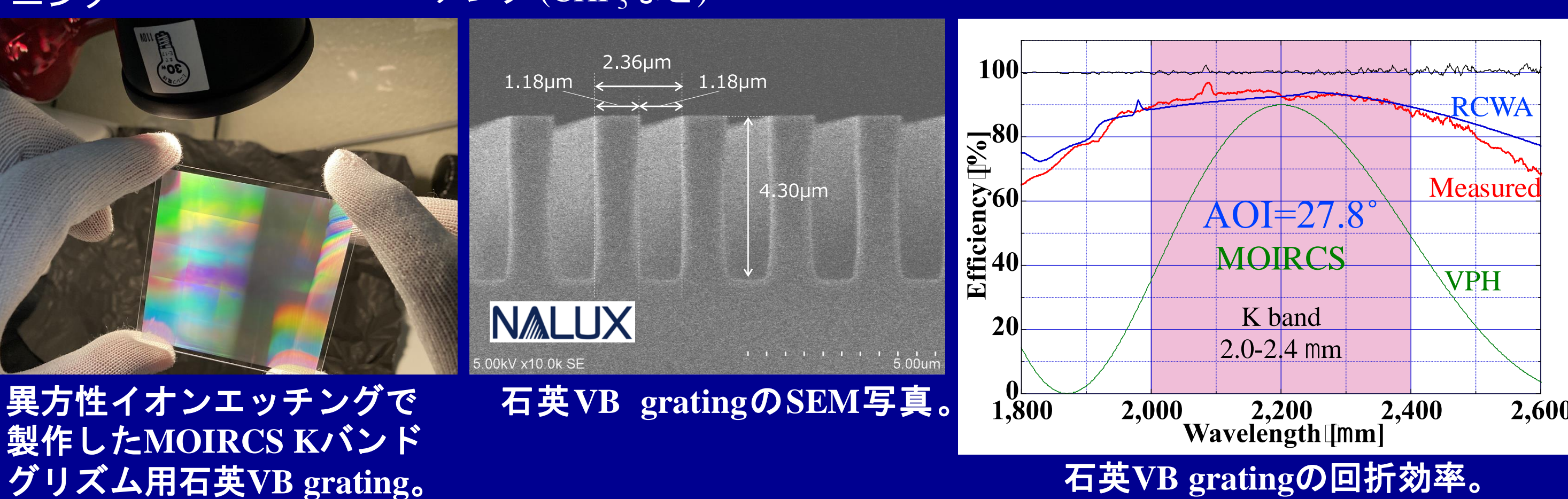
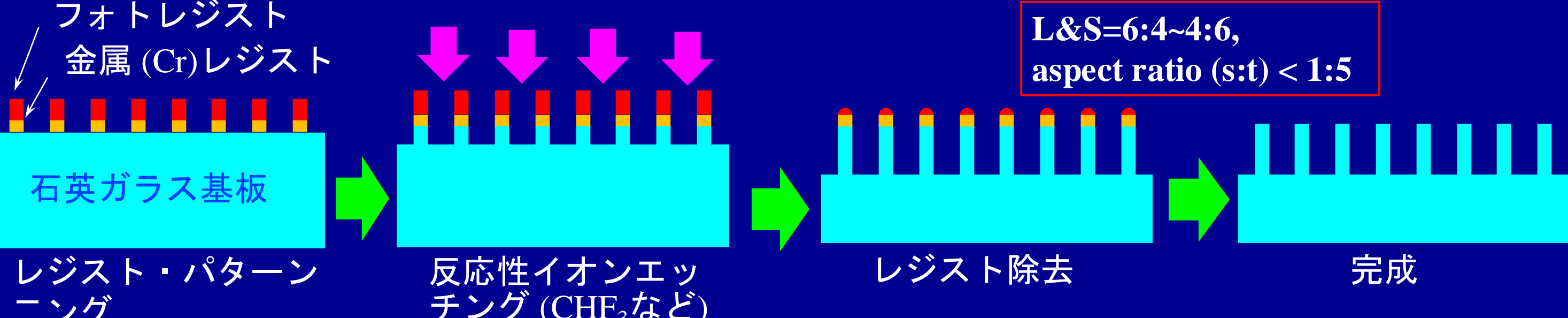
## Volume binary (VB) gratingとTrapezoid grating



**MOIRCS Kバンド用**  
 $\Lambda=2.36\mu\text{m}$  (423.7 g/mm)  
 VB Trapezoid  
 L&S=1:1 L&S=7:5  
 $t=4.25\mu\text{m}$   $t=4.5\mu\text{m}$   
 $a=0.28\mu\text{m}$   
 AOI $\sim 30^\circ$ ではTrapezoidとVB gratingの効率は大きな差はない。

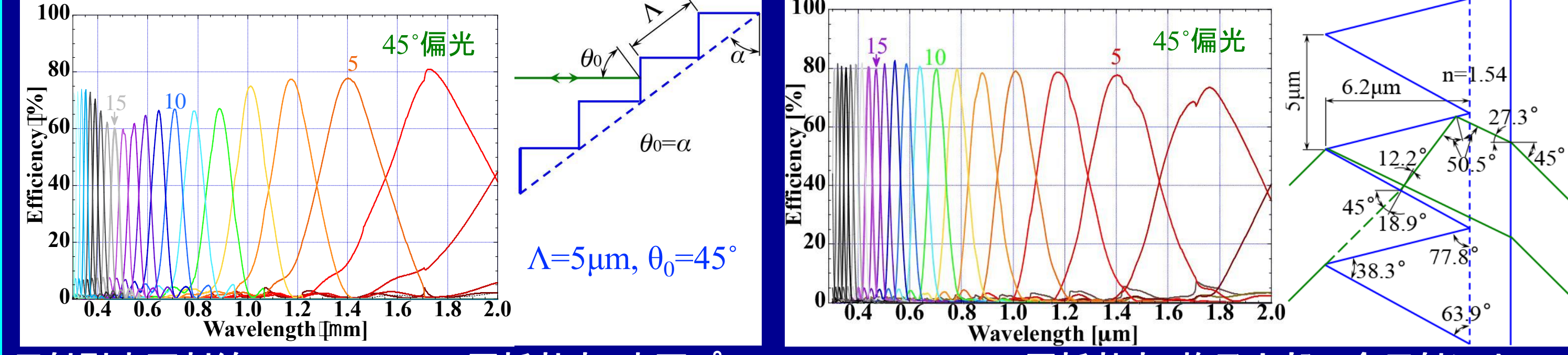
**TMT WFOS用**  
 $\Lambda=0.489\mu\text{m}$  (2,045g/mm)  
 VB Trapezoid  
 L&S=55:4 L&S=2:1  
 $t=1.06\mu\text{m}$   $t=1.36\mu\text{m}$   
 $a=0.07\mu\text{m}$   
 AOI $\sim 45^\circ$ ではTrapezoid gratingの効率高い。

## 異方性ドライエッチングによる石英VB gratingの直接加工



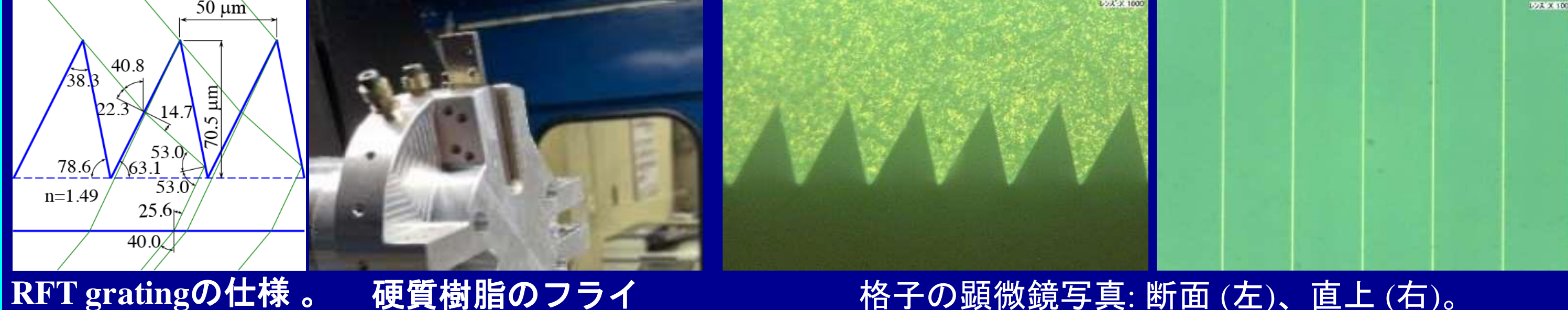
異方性イオンエッチングで製作したMOIRCS Kバンドグリズム用石英VB grating。石英VB gratingのSEM写真。石英VB gratingの回折効率。

## Reflector Facet Transmission (RFT) Grating

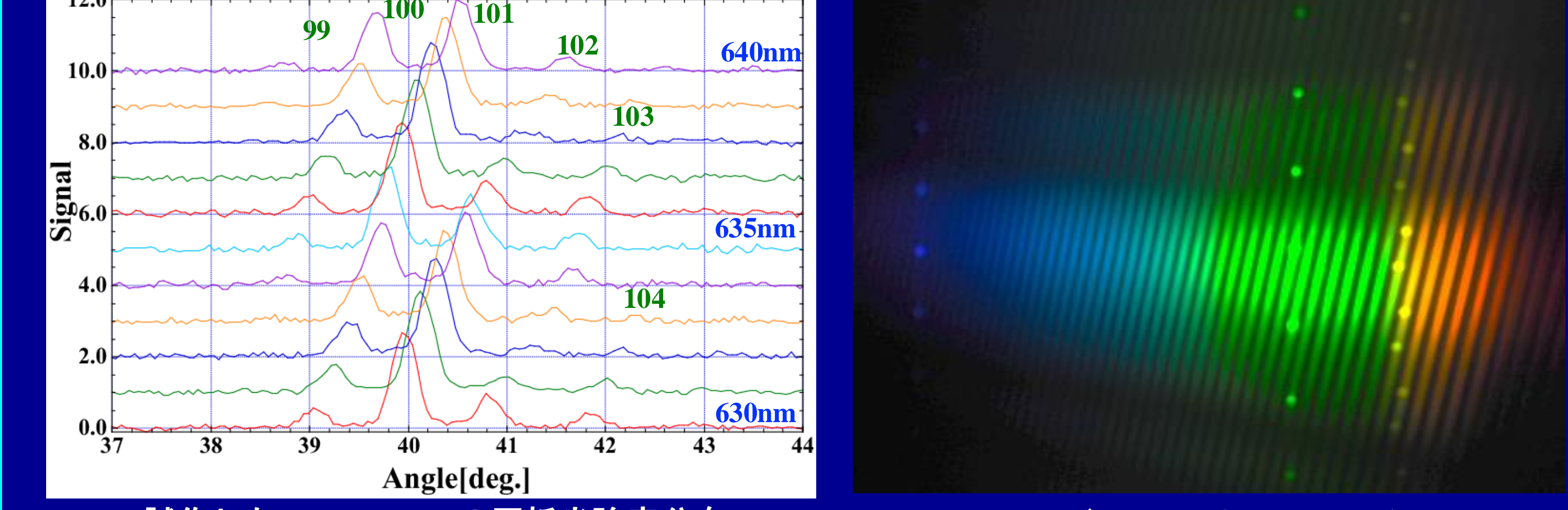


反射型表面刻線 (SR) gratingの回折効率: 表面プラズモン散乱の影響により、p偏光の効率が長波長側にシフトし、特定の次数の効率が低下する。  
RFT gratingの回折効率: 格子内部の全反射によって高い回折効率を達成できる。

## 硬質樹脂のRFT gratingの試作 (2023.3)



RFT gratingの仕様。硬質樹脂のフライカット加工。格子の顕微鏡写真: 断面 (左)、直上 (右)。



試作したRFT gratingの回折強度分布。エシェルグラム (白熱電球と水銀灯)。

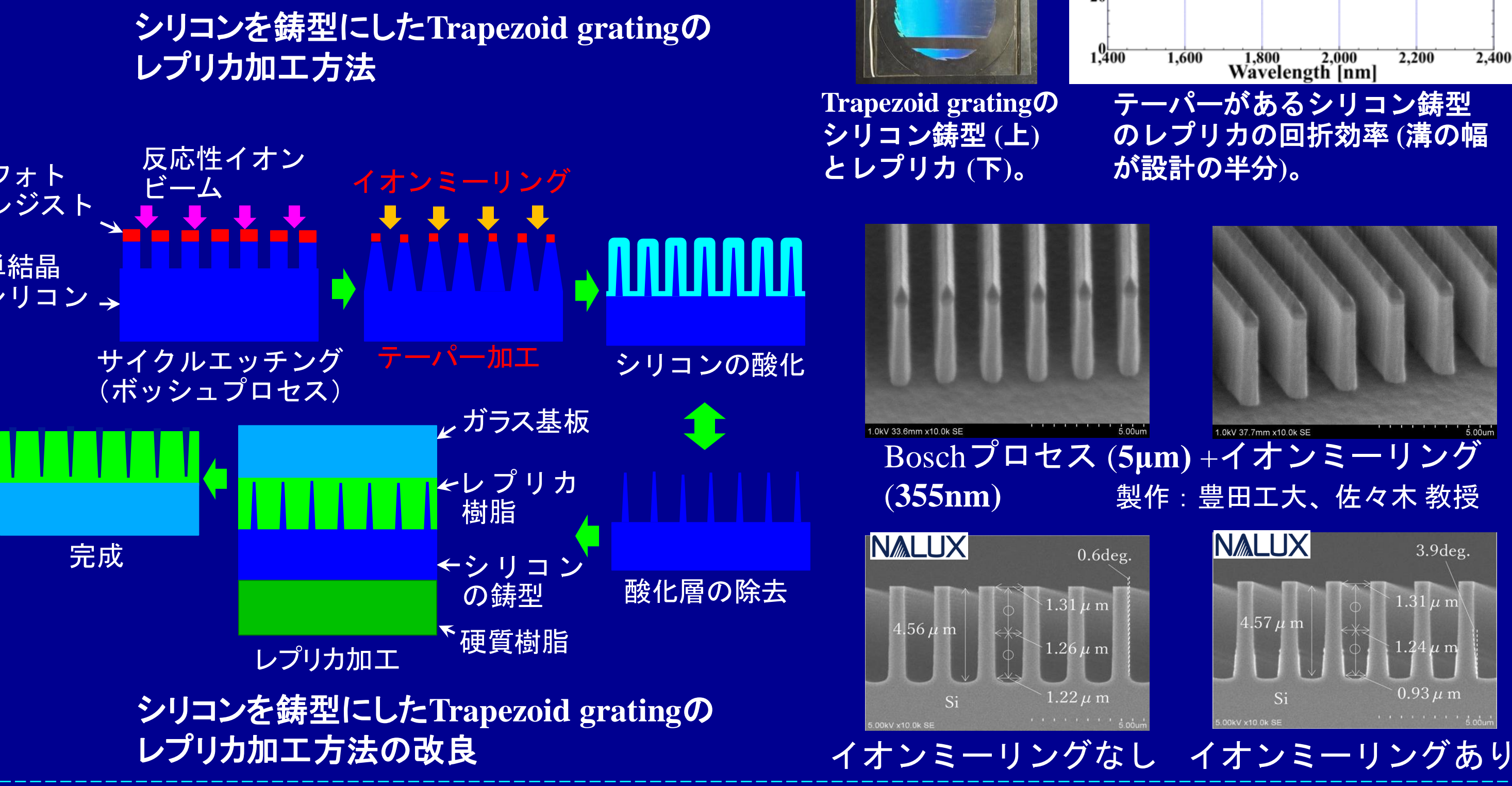
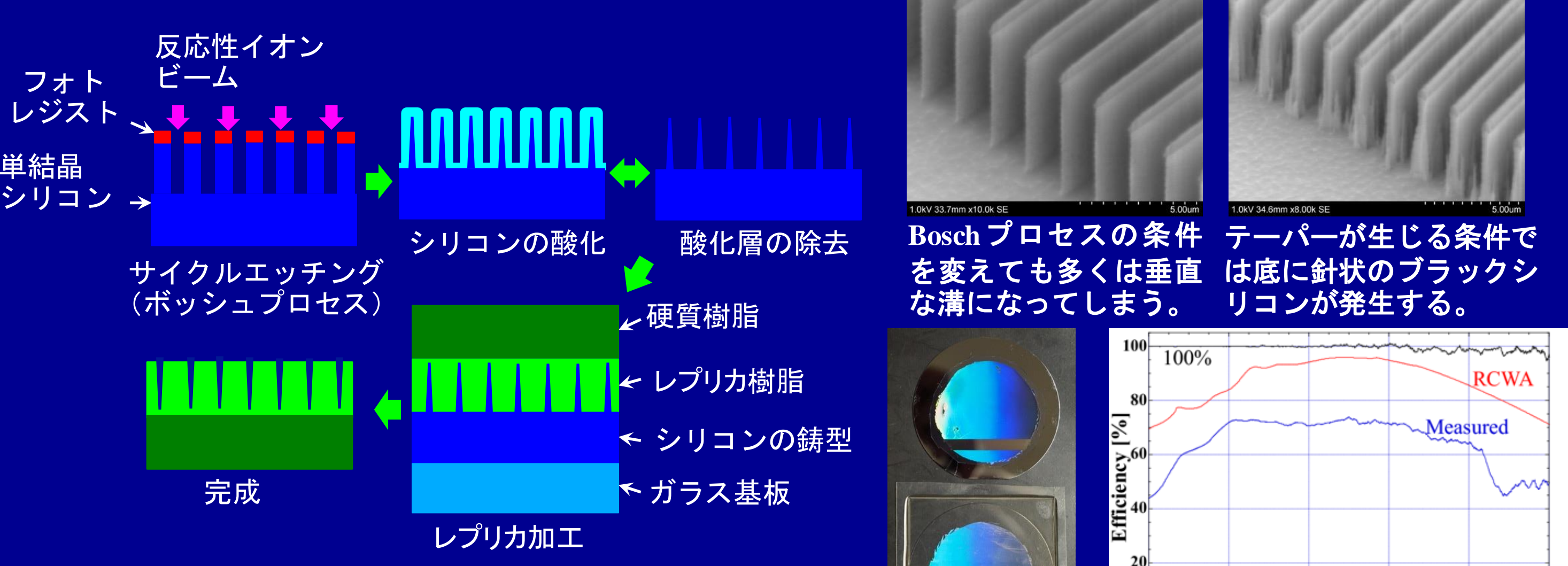
## 回折効率の数値計算と実測値

RFT grating ( $\gamma=38.3^\circ, \Lambda=50\mu\text{m}, \text{AOI}=40^\circ$ )

RCWA Efficiency [%]	Measured (633nm) Orders	Measured (633nm) Efficiency [%]	Measured (1,100nm) Orders	Measured (1,100nm) Efficiency [%]
1.1	98	0.2	55	—
1.2	99	0.6	56	2.9
0.9	100	10.0	57	1.4
84.4	101	59.1	58	66.5
2.7	102	5.1	59	5.8
1.4	103	5.7	60	2.6
0.6	104	2.9	61	1.5

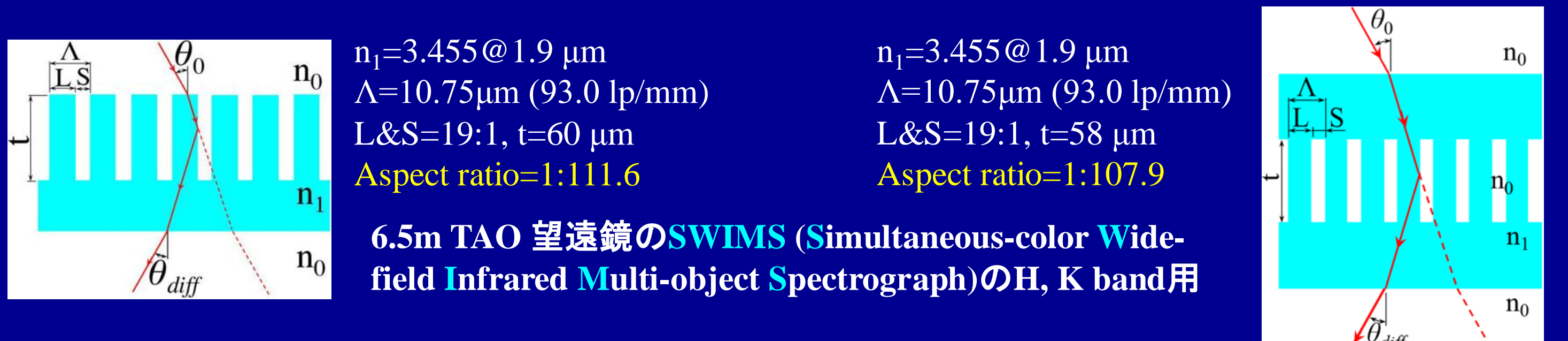
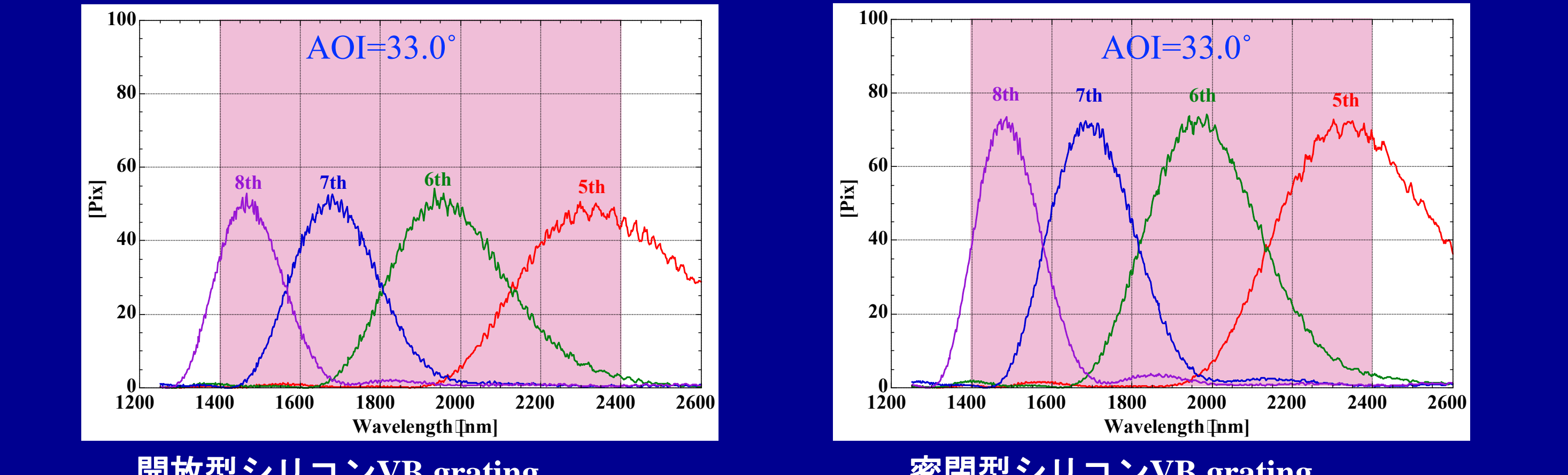
長波長の方が中心次数の効率高いことから、表面粗さによる前方散乱のために前後の次数に回折光強度が分配されたと考えられる。→シェーパー加工による試作を行なっている。

## シリコンを鋳型にしたTrapezoid gratingのレプリカ加工

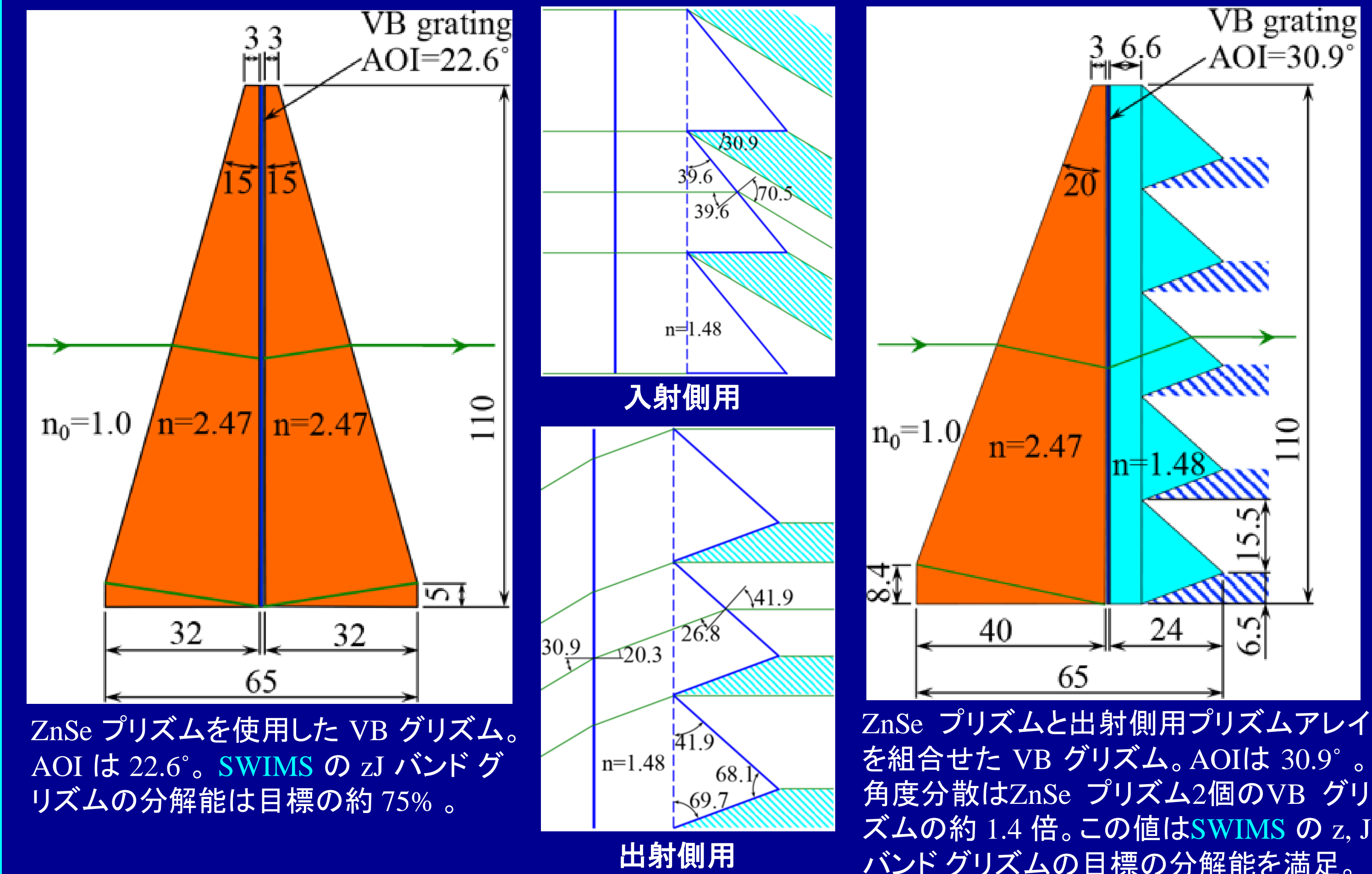


シリコンを鋳型にしたTrapezoid gratingのレプリカ加工方法。シリコンを鋳型にしたTrapezoid gratingのレプリカ加工方法の改良。

## シリコン VB grating



## グリズム用プリズムアレイ



ZnSe プリズムを使用したVBグリズム。AOIは22.6°。SWIMSのzJバンドグリズムの分解能は目標の約75%。ZnSe プリズムと出射側用プリズムアレイを組合せたVBグリズム。AOIは30.9°。角度分散はZnSe プリズム2個のVBグリズムの約1.4倍。この値はSWIMSのz, Jバンドグリズムの目標の分解能を満足。

## まとめ

- Volume phase holographic (VPH) grating: すばる望遠鏡のFOCASやMOIRCS、岡山天体物理観測所のKOOLS等の観測装置用に感光性樹脂のVPHグリズムを開発 (2000~2009)。帯域幅が狭く、マルチスリットモードの場合に視野中心から離れたスリット位置の効率低下が問題。
- Volume binary (VB) grating: MOIRCS K bandのVPHグリズムの後継として石英VB gratingを開発。SWIMSのH, K band用のシリコンVB gratingの開発を開始。
- Trapezoid grating: シリコン格子を鋳型にしてのレプリカ加工による樹脂のTrapezoid gratingの製作方法を開発中。SWIMSのz, J band用のTrapezoid gratingの開発を開始。
- RFT grating: ダイヤモンド切削加工によって20lp/mmの硬質樹脂のRFT gratingを試作し、高い効率を達成できることを確認。散乱を低減するためにシェーパー切削加工による試作やフライカット用のダイヤモンド工具の改良を行っている。
- グリズム用プリズムアレイ: グリズムの厚さを薄くできる。SWIMSのz, J band用のプリズムアレイの開発を開始中。