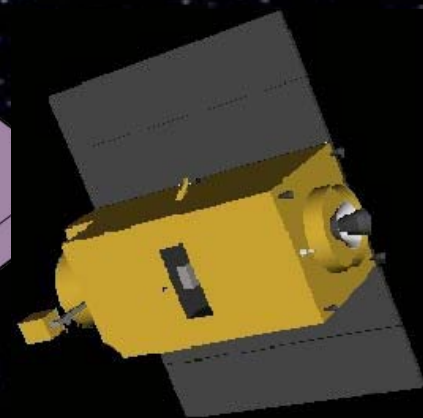
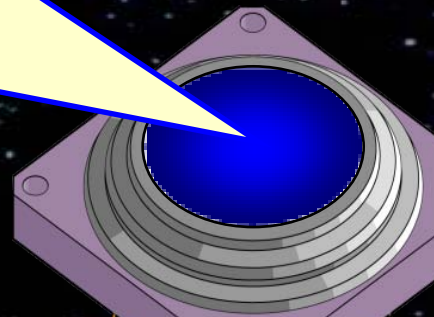


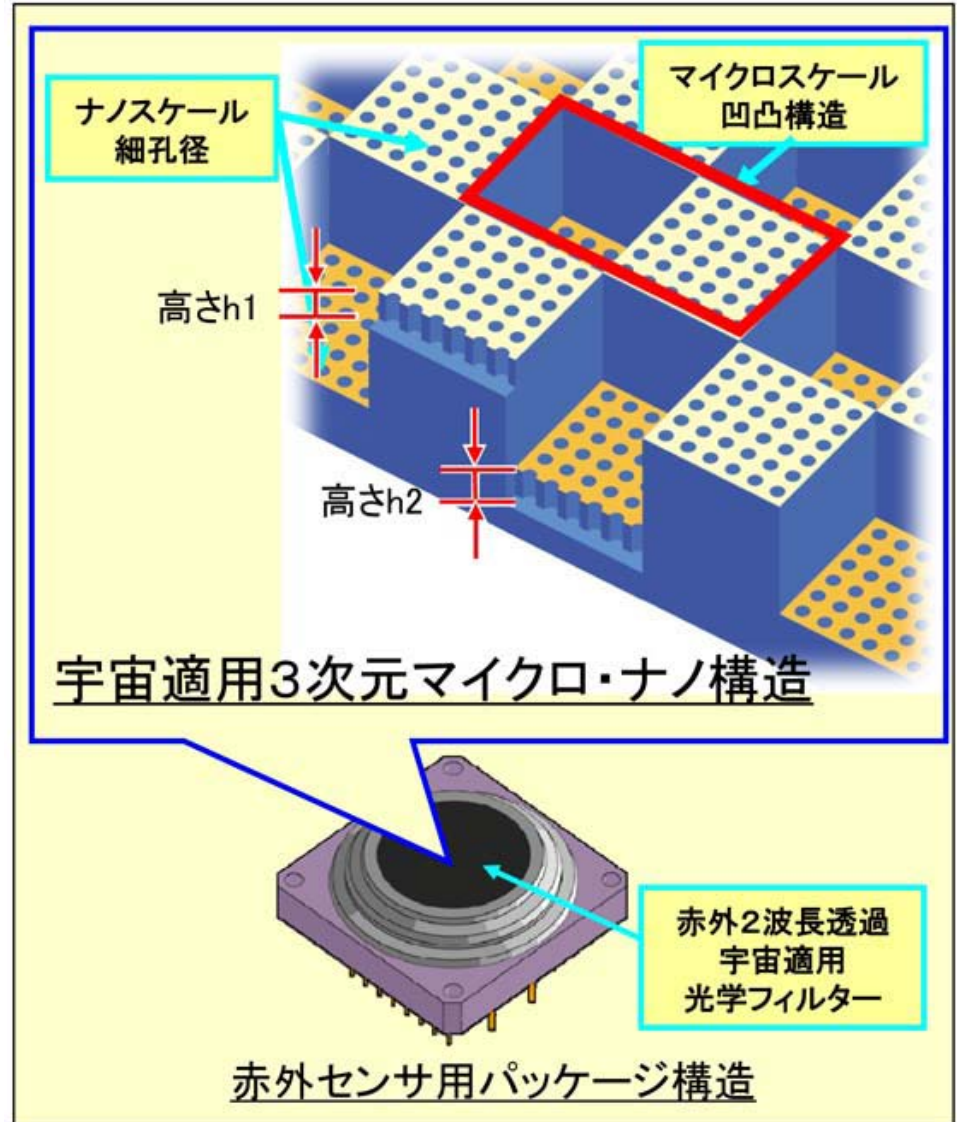
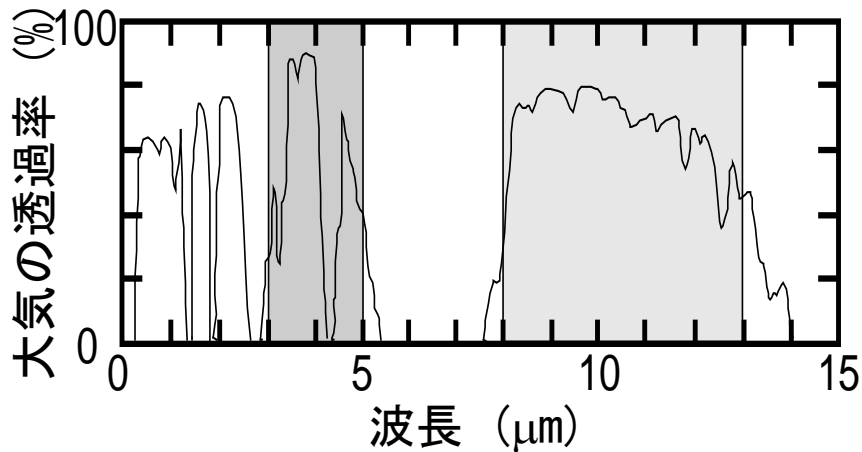
マイクロ・ナノ加工技術の 宇宙用赤外センサへの応用



3D BEANS 滋賀
立命館大学
木股 雅章

研究開発の目的

赤外線2波長帯において
選択的透過特性を有する
宇宙適用光学フィルターを
**サブ波長
マイクロ／ナノ構造**
で実現する。





開発目標

最終目標

- (1) 宇宙空間でのマルチバンド観測を実現する3次元ナノ構造形成技術として、トップダウンにより形成された3次元構造に均一に100nmレベルのナノ構造を転写形成する技術を確立する。
- (2) 3次元ナノ構造を形成したフィルタにより宇宙空間において複数の波長の光が選択的に検出できることを検証する手法を確立し実証する。

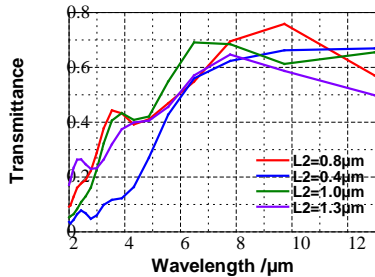
中間目標

- (1) トップダウンにより形成された3次元構造に均一に100nmレベルのナノ構造を転写形成する基本プロセスを構築する。
- (2) 3次元ナノ構造を形成したフィルタにより宇宙空間において複数の波長の光が選択的に検出できることを検証する基本手法を確立する。

技術開発内容

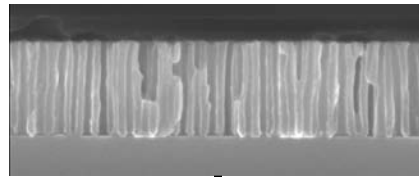
光学設計技術

サブ波長構造
光学シミュレーション



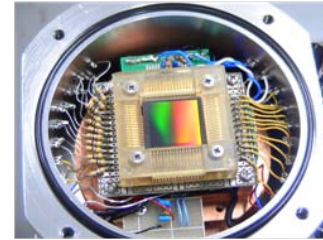
製造技術

AI陽極酸化
自己組織化マスク



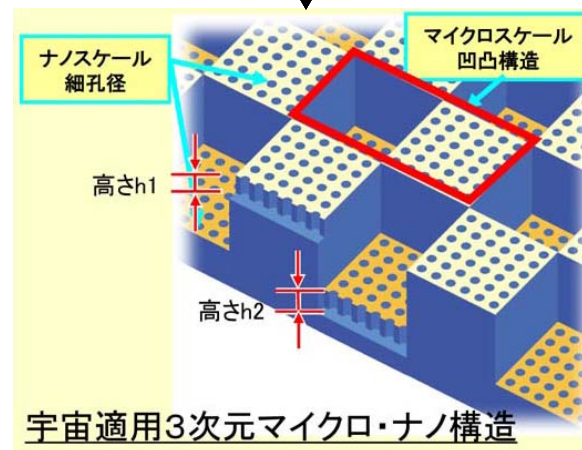
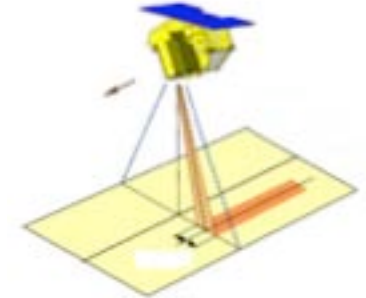
評価技術

大フィルター評価

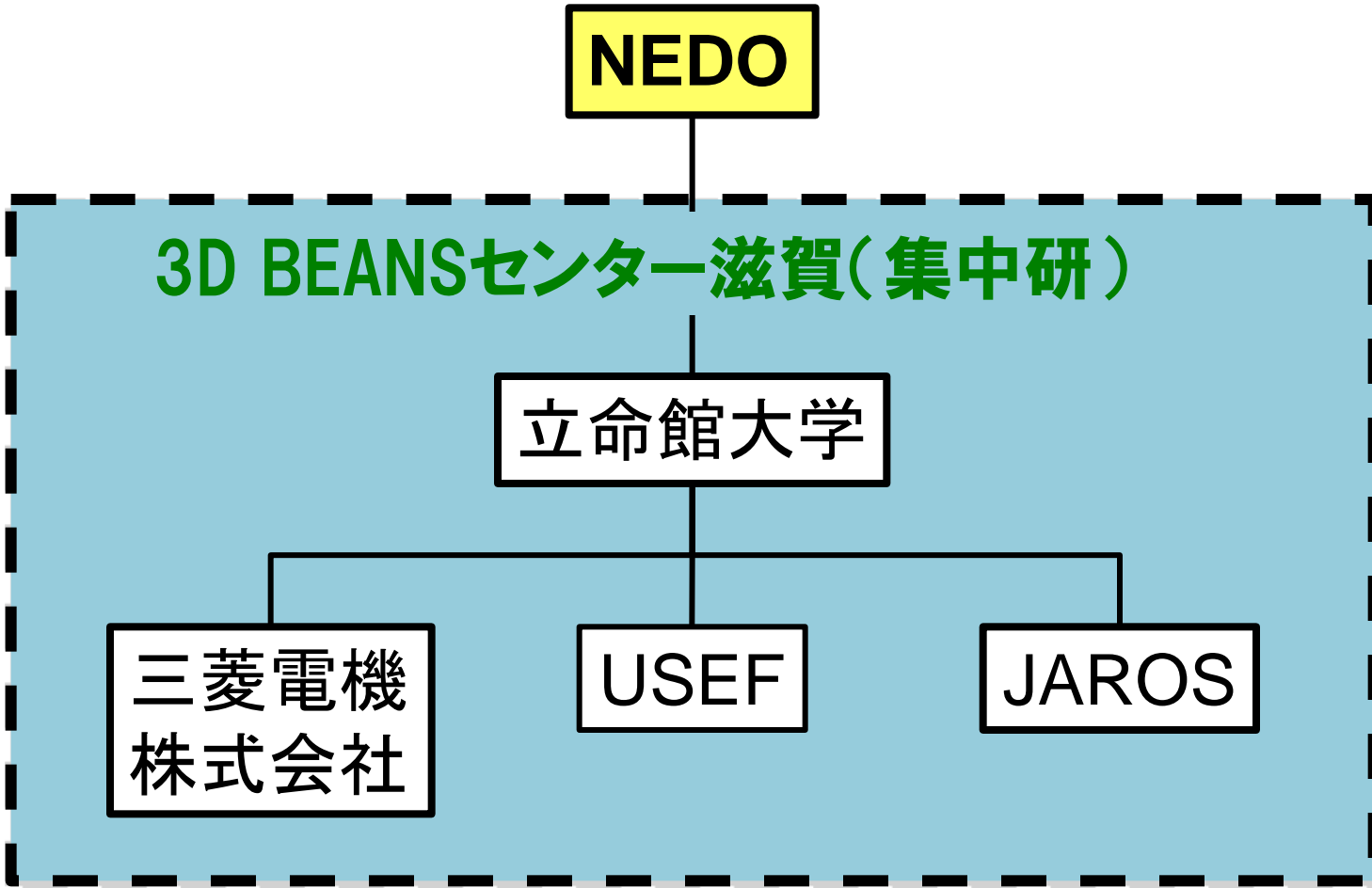


宇宙適用性

目標仕様
信頼性要求



開発体制

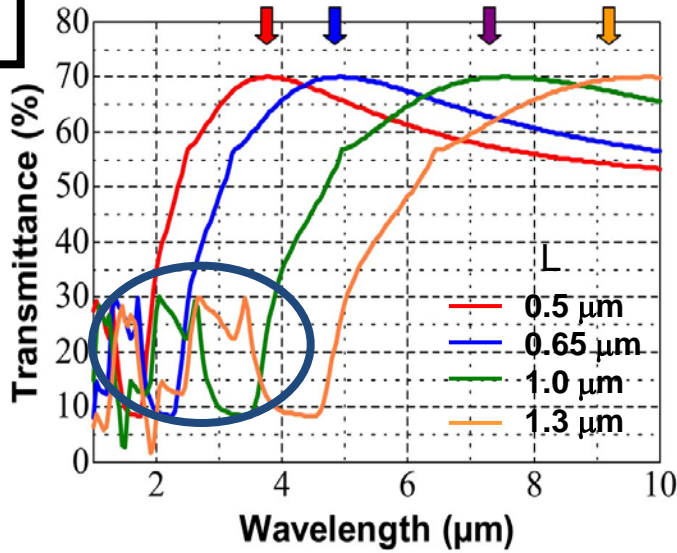


USEF: 財団法人 無人宇宙実験システム研究開発機構

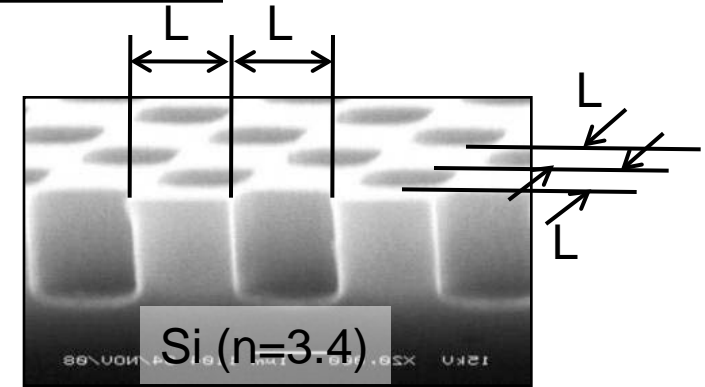
JAROS: 財団法人 資源探査用観測システム・宇宙環境利用研究開発機構

1層構造SWSフィルターの設計

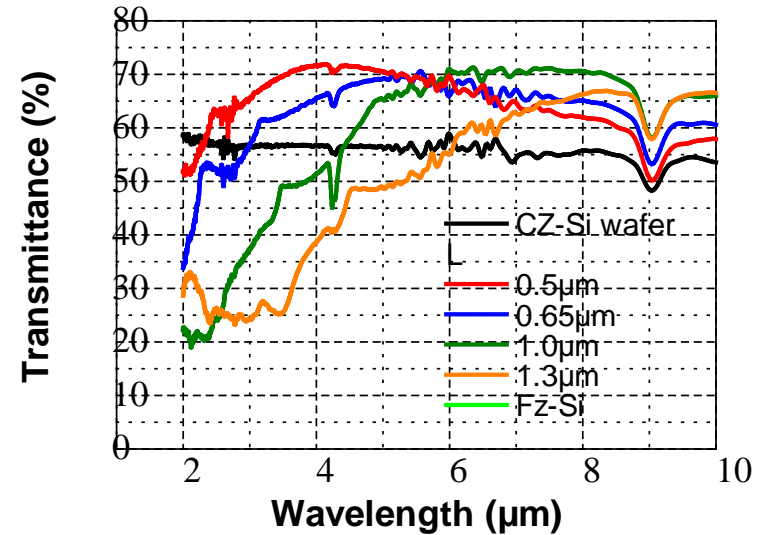
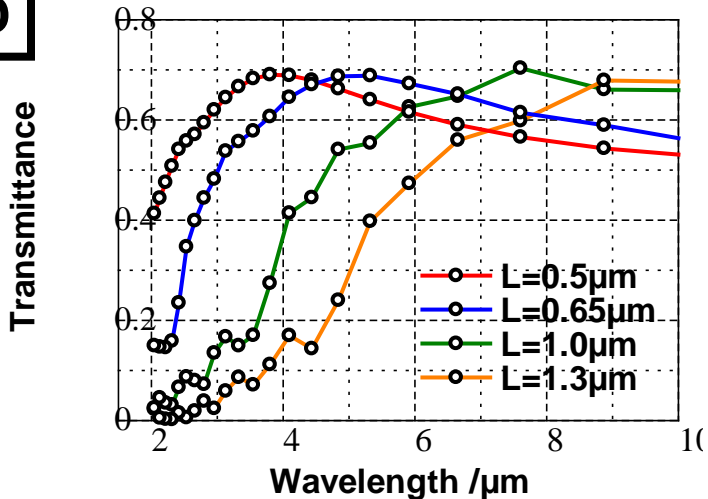
RCWA



実測結果

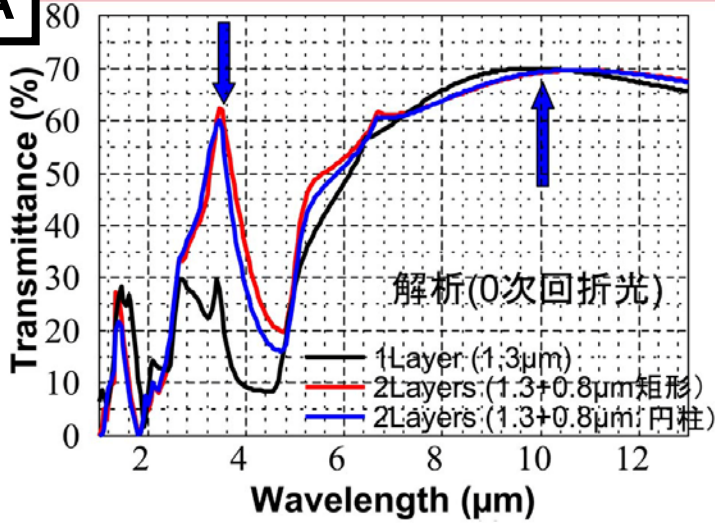


FDTD

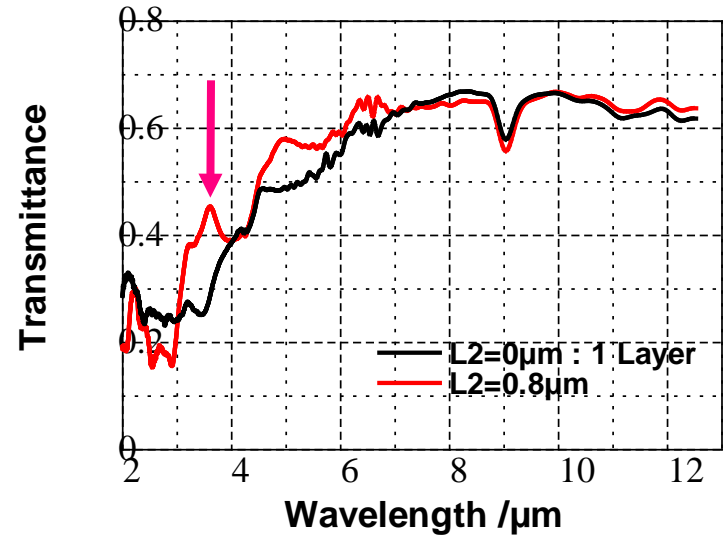
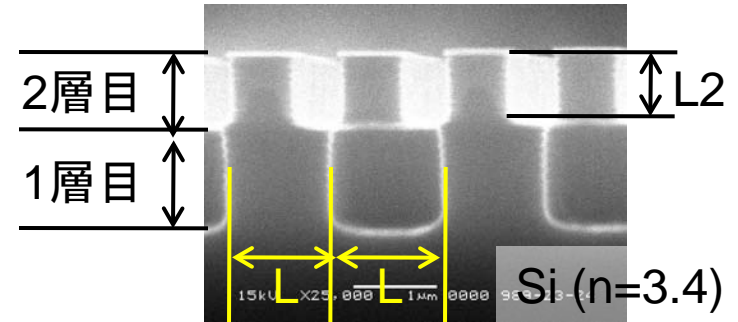


2層構造SWSフィルターの設計

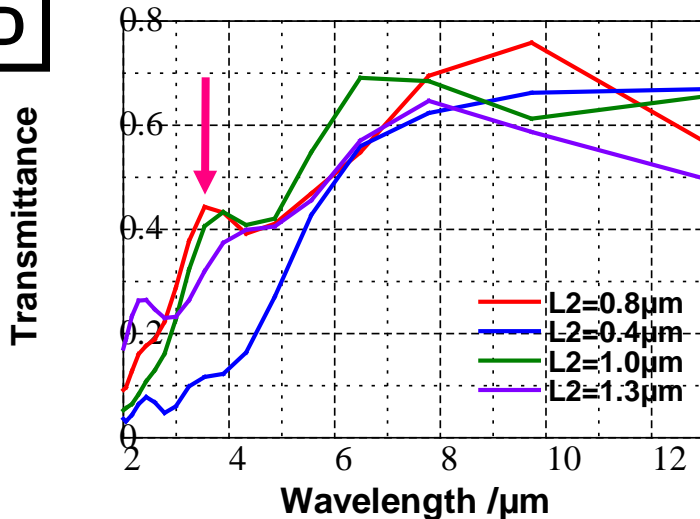
RCWA



実測結果



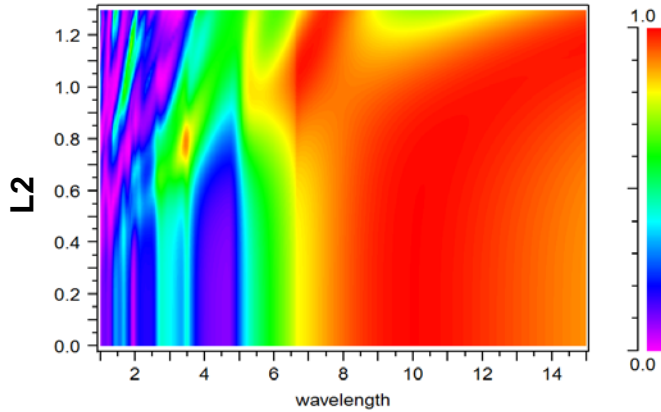
FDTD



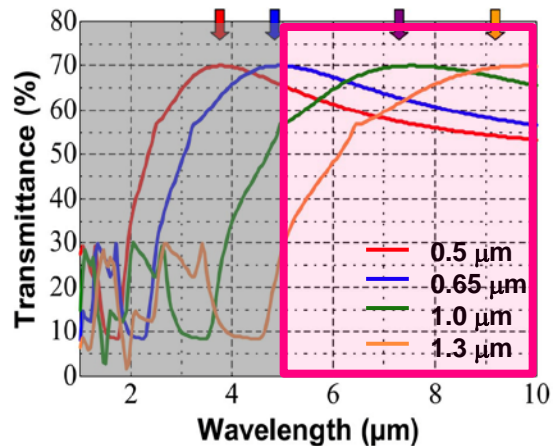
最適設計手法

Step1: RCWA法

■ パラメトリック解析

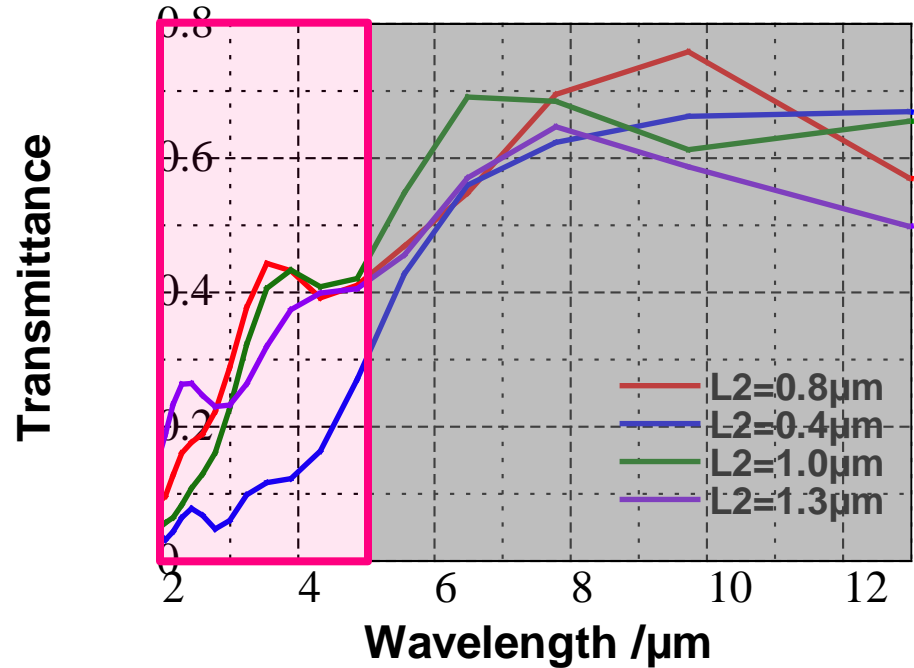


■ 長波長側特性の把握



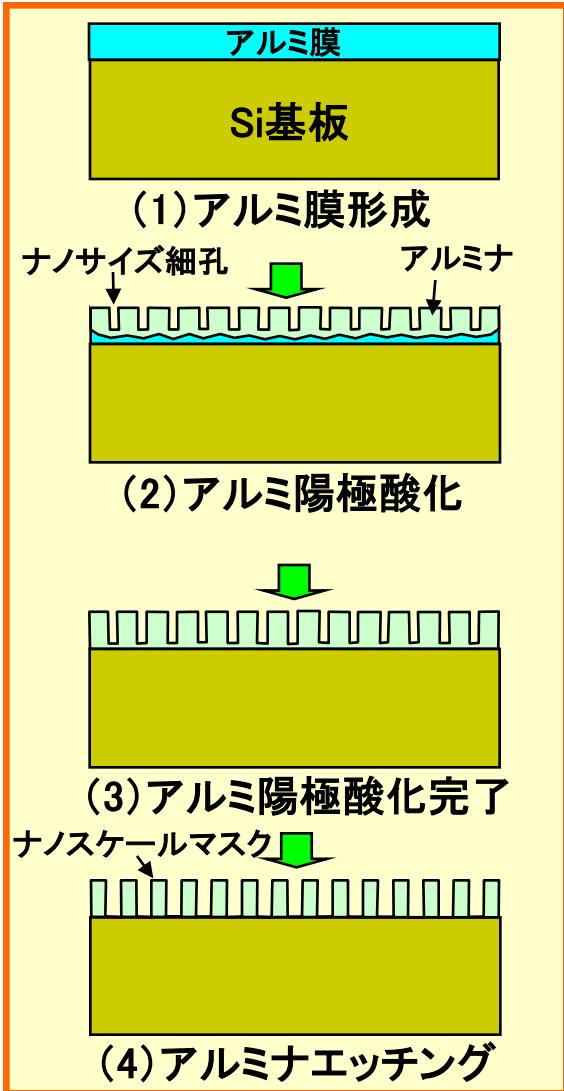
Step2: FDTD法

- 短波長側特性の把握
- 設計精度向上

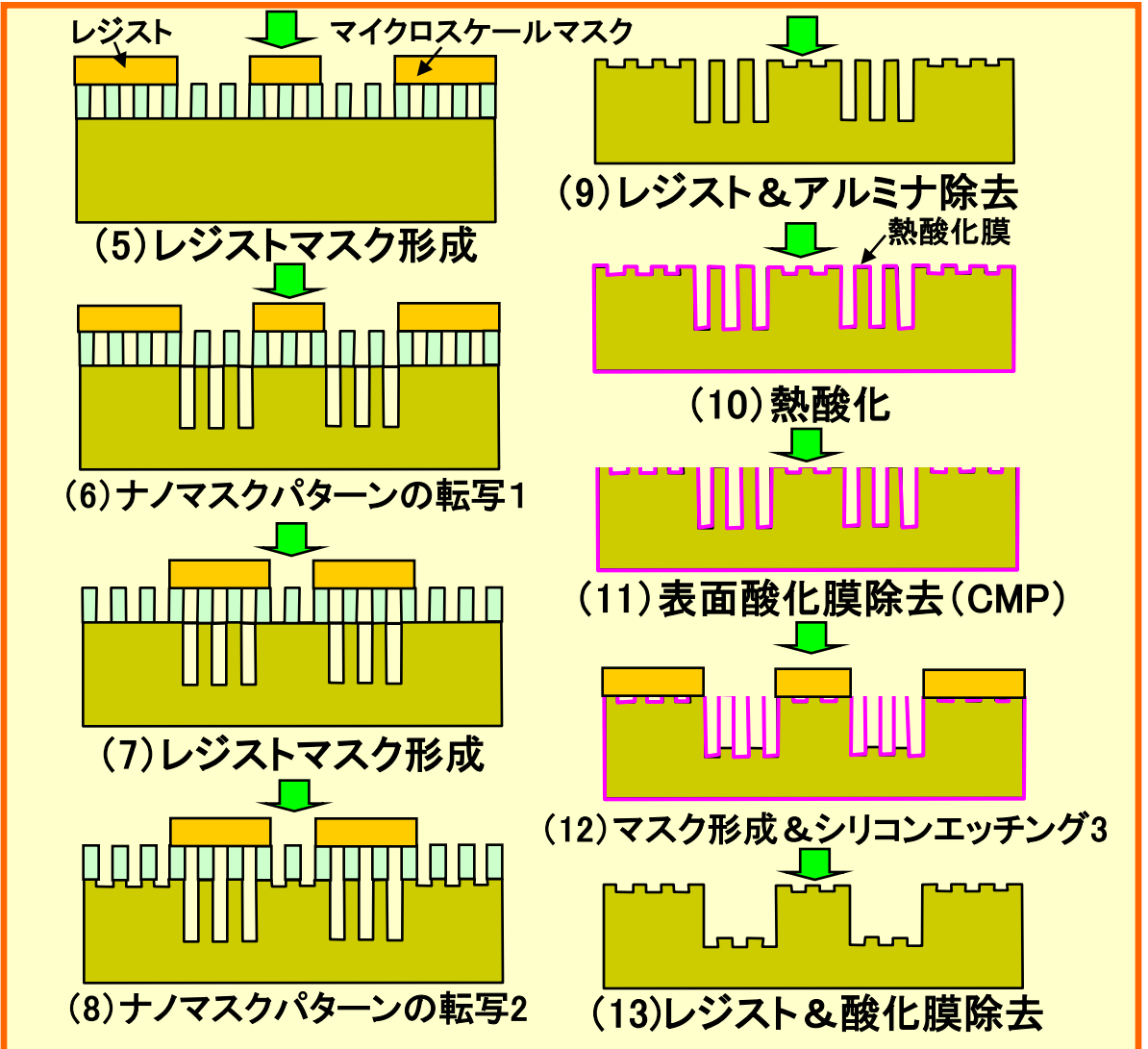


マイクロ+ナノ構造製作プロセス構想

均一なナノマスク作成法



ナノマスク⇒シリコン構造への転写プロセス



陽極酸化プロセス開発

電源+温度コントローラ

電源制御器

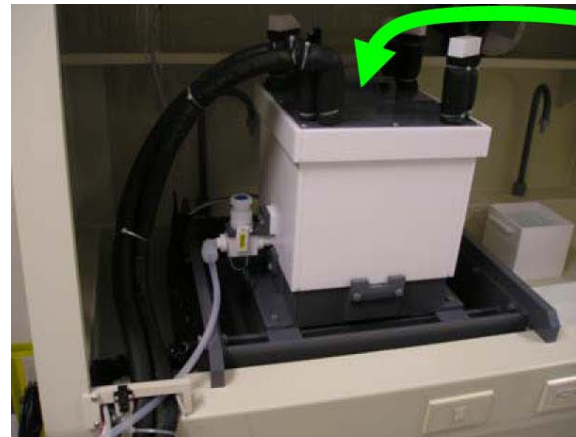
PC



電源

温度コントローラ

陽極酸化槽



ウエハホルダー

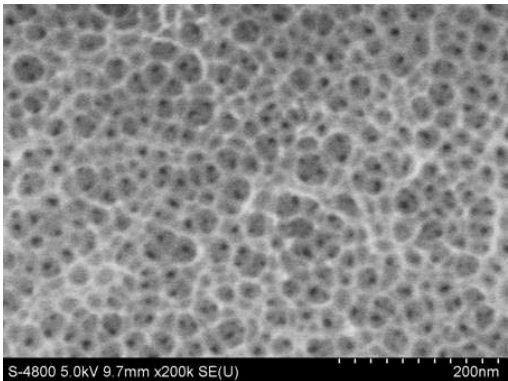
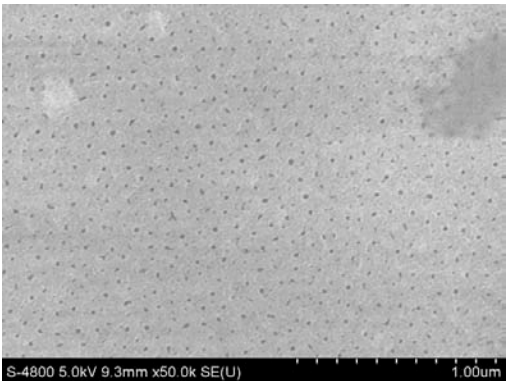
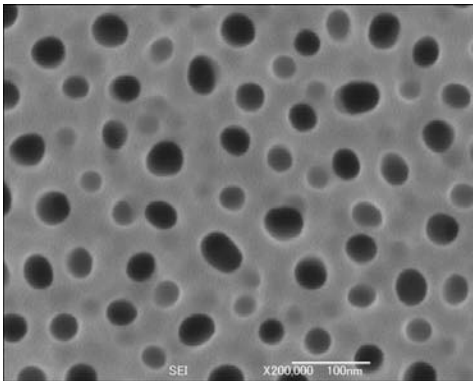
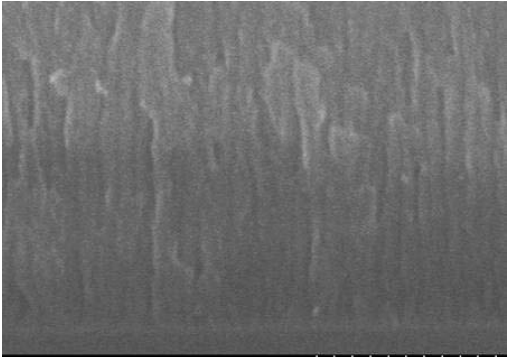
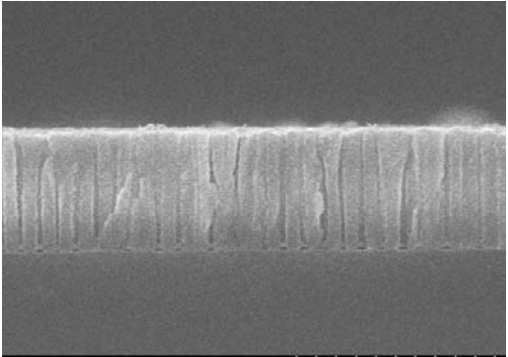
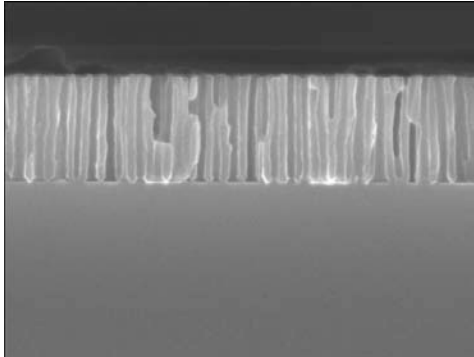
陰極



実験パラメータ

- ① Al膜質
- ② 電解液の種類(硫酸、リン酸、シュウ酸)
- ③ 印加電圧
- ④ 陽極酸化時間
- ⑤ ワイドニング処理(リン酸処理)

電解液依存性

電解液	硫酸 10V/5min	リン酸 40V/10min	シュウ酸 40V/10min(＊)
表面	 <p>S-4800 5.0kV 9.7mm x200k SE(U) 200nm</p>	 <p>S-4800 5.0kV 9.3mm x50.0k SE(U) 1.00um</p>	 <p>SEI X200,000 100nm</p>
断面	 <p>S-4800 5.0kV 10.5mm x150k SE(U) 300nm</p>	 <p>S-4800 5.0kV 9.4mm x50.0k SE(U) 1.00um</p>	 <p>SEI X50,000 100nm</p>

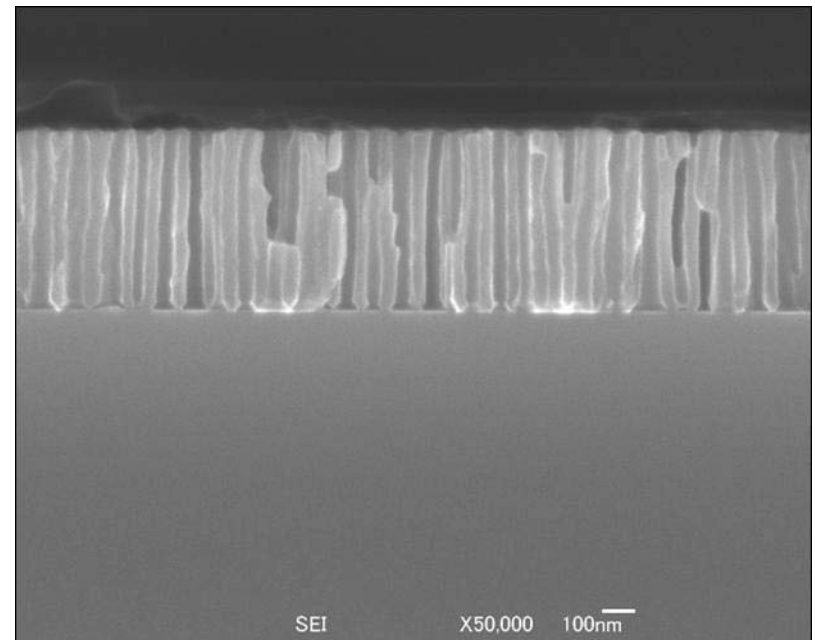
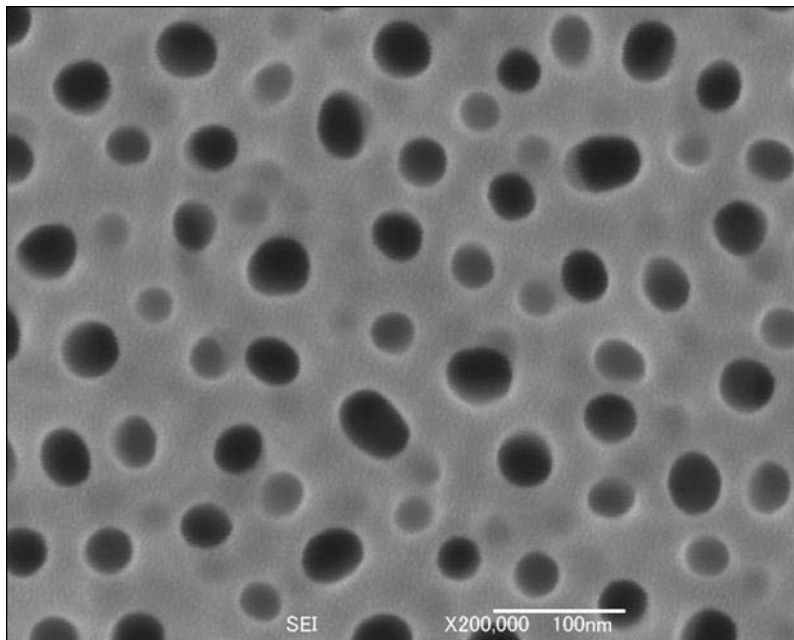
(＊)ワイドニング処理有り

陽極酸化最適条件

電解液: シュウ酸

印加電圧 / 陽極酸化時間: 40V / 10min

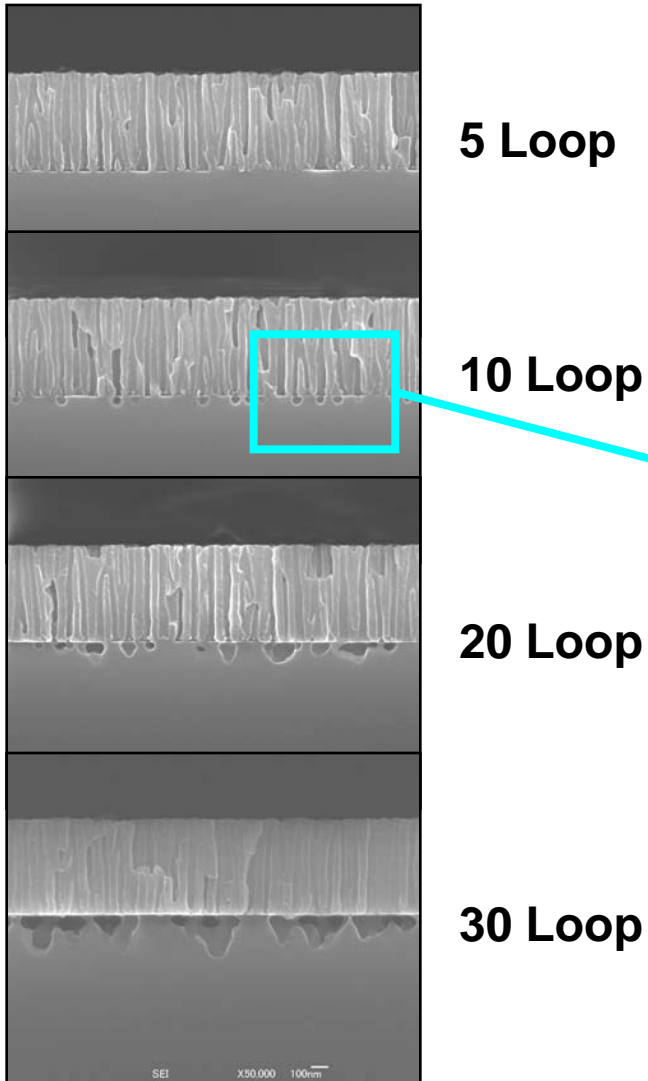
ワイドニング処理: リン酸、10min



100nmクラスの垂直なアルミナマスクの形成に成功

陽極酸化膜のマスキング性確認

ICP-RIEによるエッチング



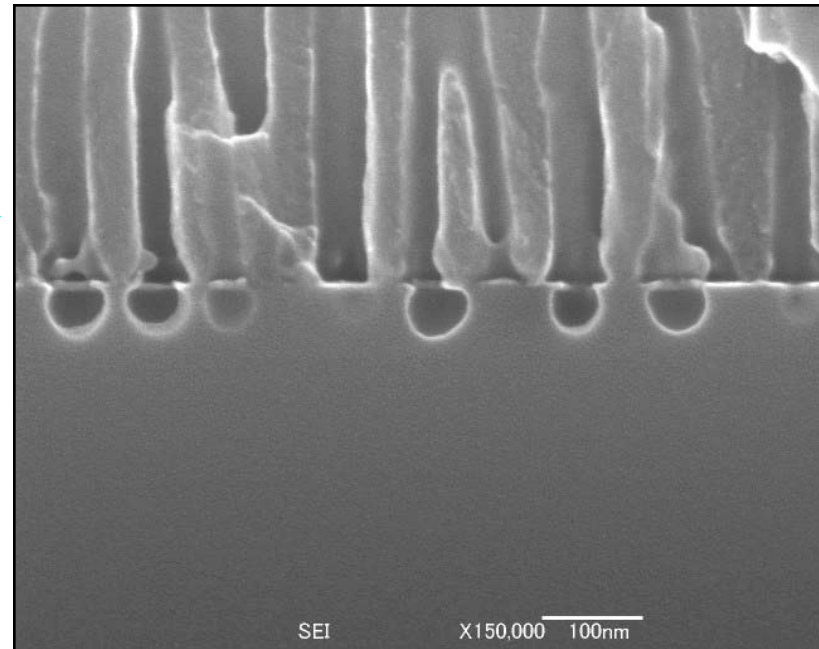
Al処理条件

前処理:脱脂

電解液種類:しゅう酸

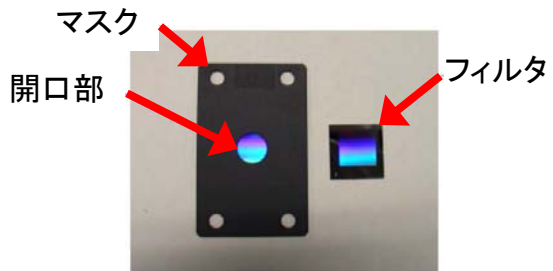
陽極酸化:最大電圧40V、時間12分

孔径拡大処理:リン酸処理(120cc/L)、10分

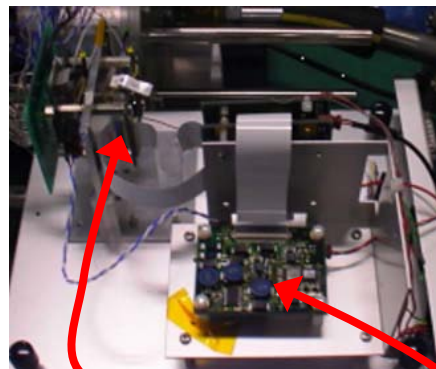


マスクとして機能することを確認

評価技術

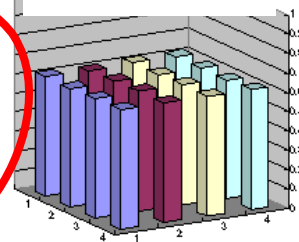


3次元ナノ構造フィルタ

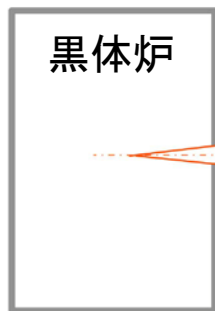


面内均一性

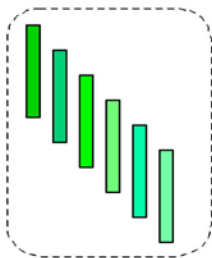
透過率



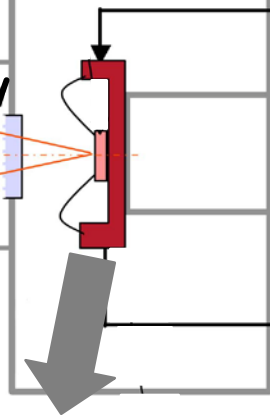
PC



レンズ



真空槽

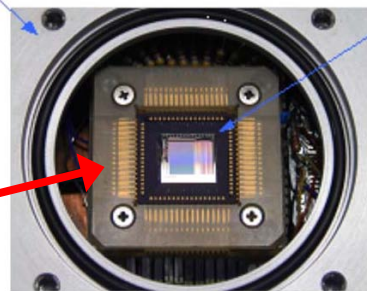


駆動装置

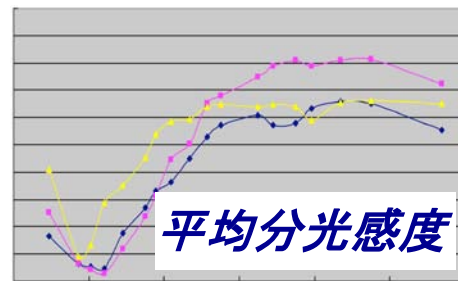
I/F

赤外線検出器

25 μ m 320x240画素
25 μ m 640x480画素



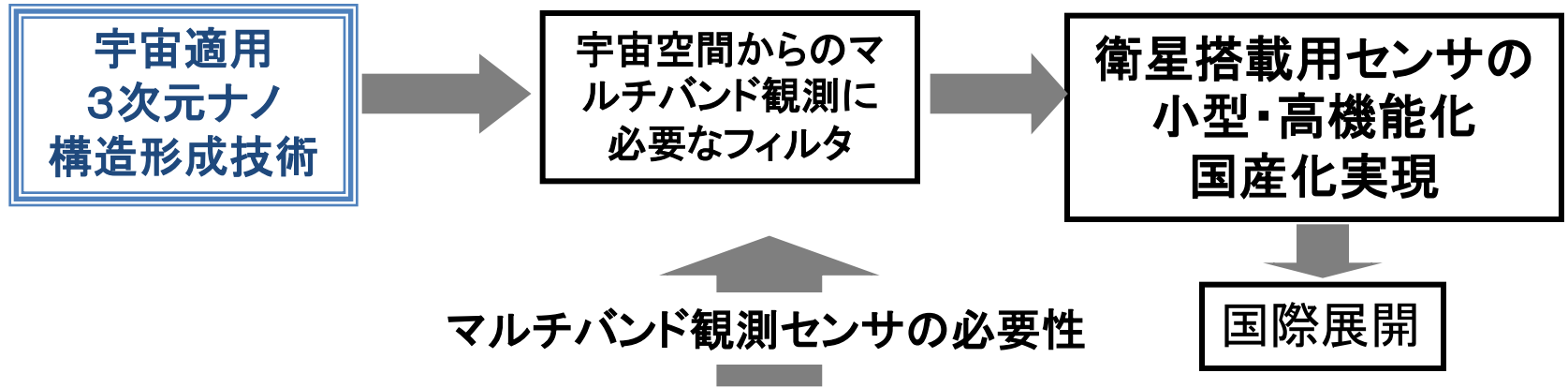
平均透過率



平均分光感度

波長(μm)

成果の実用化



関連機関の調査研究

財団法人 無人宇宙実験システム研究開発機構 (USEF)

・NEDO

H19年度 小型化等による先進的宇宙システムの研究開発に関する先導調査

・機械システム振興協会

H18年度 高度なマヌーバビリティを有する地球観測監視衛星に関する調査研究

H19年度 高度なマヌーバビリティを有する地球観測監視衛星の具体化に関する調査研究



財団法人 資源探査用観測システム・宇宙環境利用研究開発機構 (JAROS)

・日本機械工業連合会

H17年度 MEMS技術を用いた熱赤外センサの実用化に関する調査研究

H19年度 次世代衛星搭載サーマルイメージセンサに関する調査研究



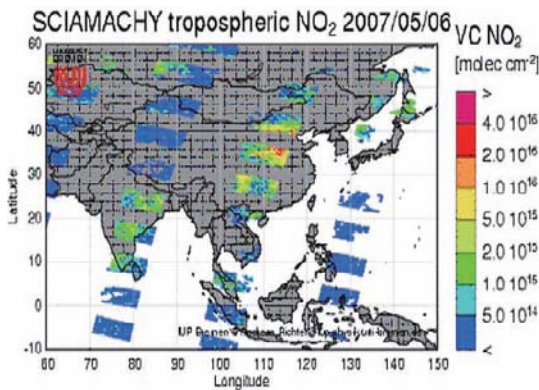
成果の実用化イメージ

衛星搭載
赤外線放射計測

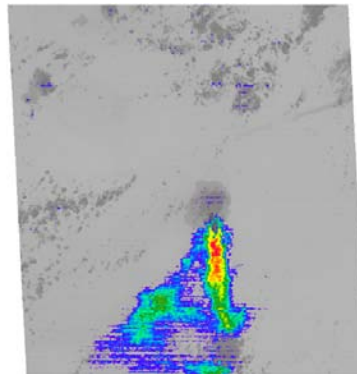


マイクロ・ナノ構造
2波長帯域選択フィルタ付
高性能赤外線センサ

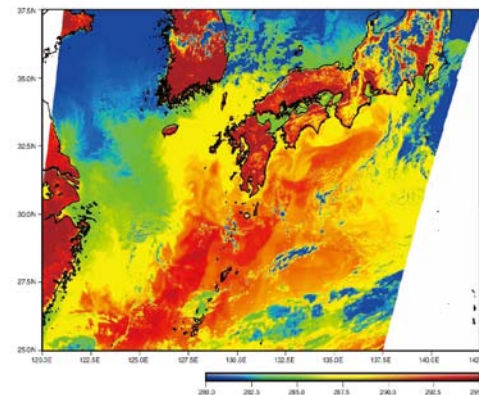
大気汚染



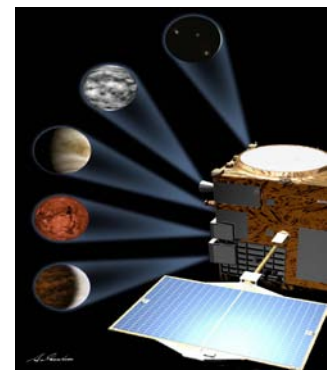
火山ガス観測



海流観測



惑星探査



JAXAにおける赤外線センサ研究開発



赤外センサメーカー



宇宙用高感度
赤外センサ研究会
(主宰: 立命館大学)

まとめ

1. RCWA法とFDTD法を併用した2層サブ波長構造光学フィルターの設計手法を確立
2. Si上にスパッタ成膜したAlを陽極酸化することで100nmレベルの細孔を形成する手法を確立
3. 2の手法で形成した陽極酸化膜をマスクとしてSi基板をエッチングできることを確認
4. 高解像度赤外線イメージセンサに適用可能な大型2層サブ波長構造光学フィルターの評価手法を確立
5. 衛星搭載用としての仕様、信頼性要求を提案