

メタ表面で赤外放射を 制御する技術を確立

横浜国立大学 大学院工学研究院 知的構造の創生部門

准教授 西島 喜明

2026年6月23日

本日発表する技術の特徴

レンズやミラーを使わずに、赤外の光を効率よく集光できる
赤外放射デバイス(2025年度発表)

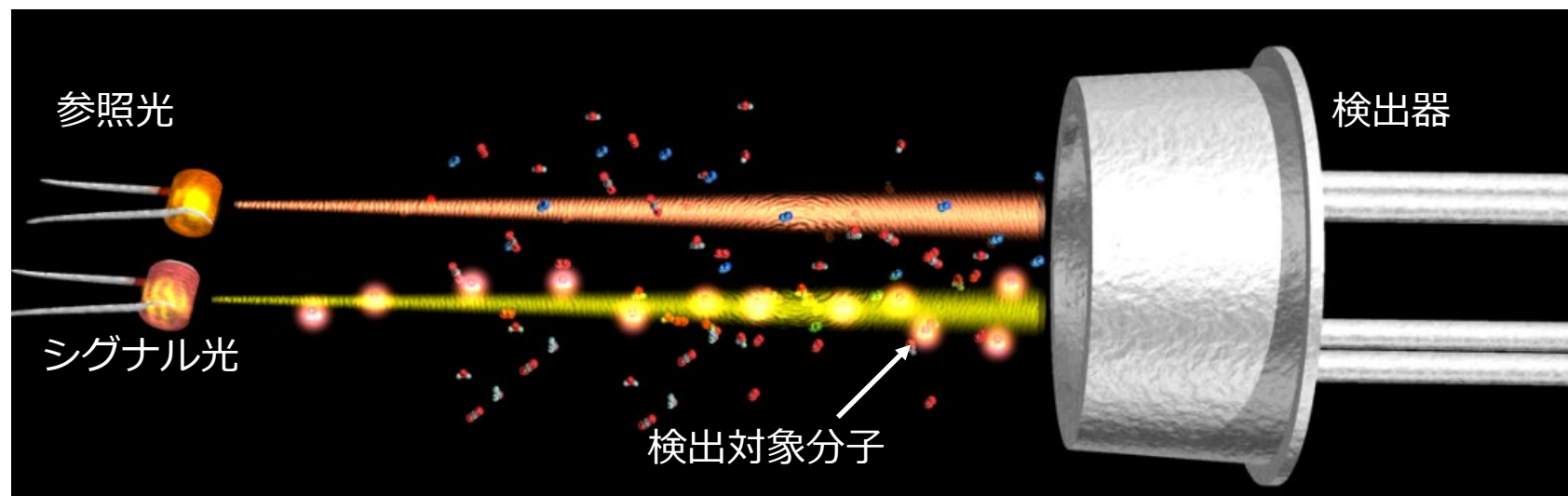


さらなる設計改良

- ・波長ごとに異なる焦点を実現
- ・円偏光などの光発生を実現

想定される用途

赤外光センサーによる分子検出



NDIR (non-dispersive infrared) 方式のセンサー



今回の発表技術
これまでにない新しい赤外光源を実現した

新技術の特徴・従来技術との比較

各種赤外光源の比較

	黒体放射	赤外LED	量子カスケードレーザー	プラズモン放射	本研究の狙い
出力	○	×	○	○	○
電力効率	○	○	×	△	○
小型化	○	○	×	○	○
放射線幅	×	△	◎	△	○
駆動方法	CWのみ	パルスのみ	CW/パルス	CW/パルス	CW/パルス
放射拡がり	×	×	○	×	○

1. 真の完全吸収と完全放射の実現（放射効率の改善）
2. メタレンズ構造による赤外集光（放射拡がりの改善）

プラズモンによる光熱変換

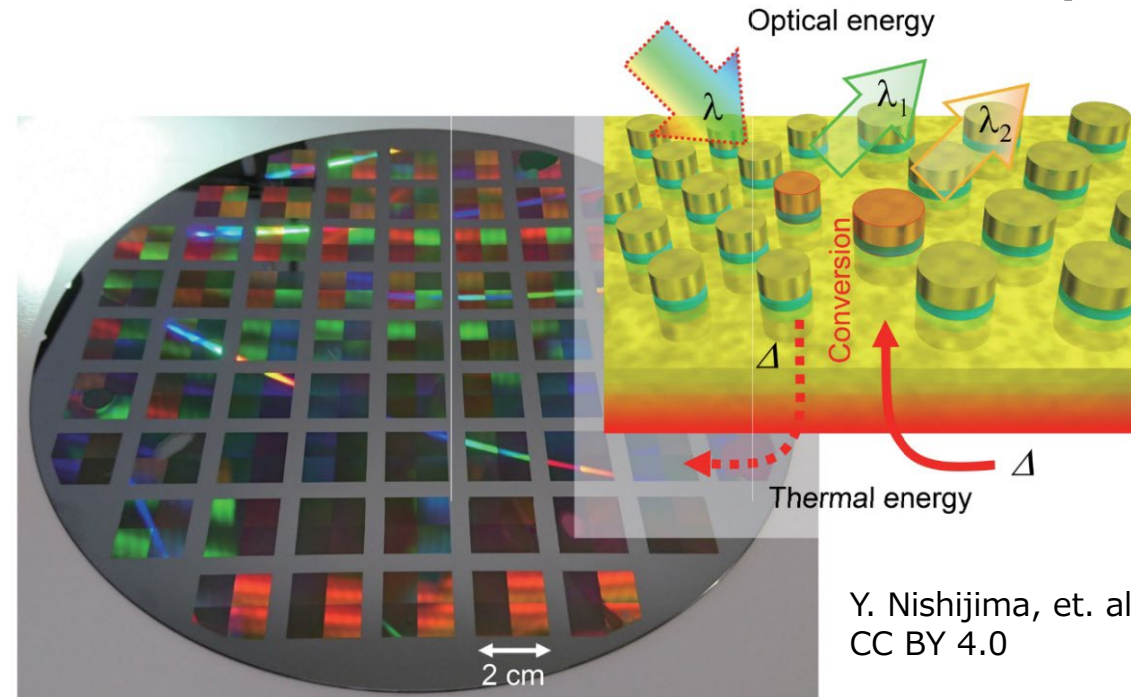
Kirchhoff's law of thermal radiation

Thermal radiation efficiency (ε) = absorption efficiency (α)

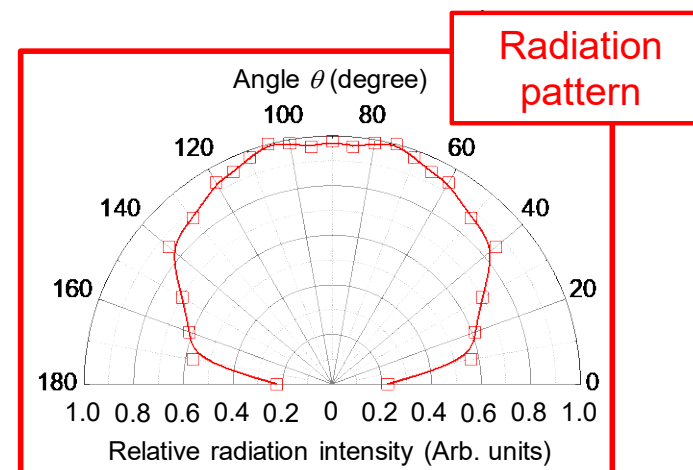
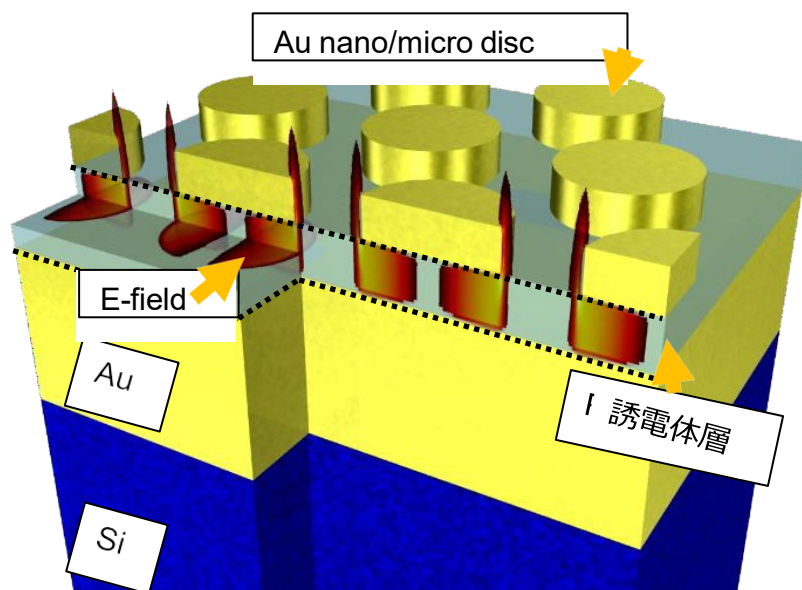
良く光を吸収するもの（黒体）は良く光を放射する

光吸収性の高いプラズモン材料

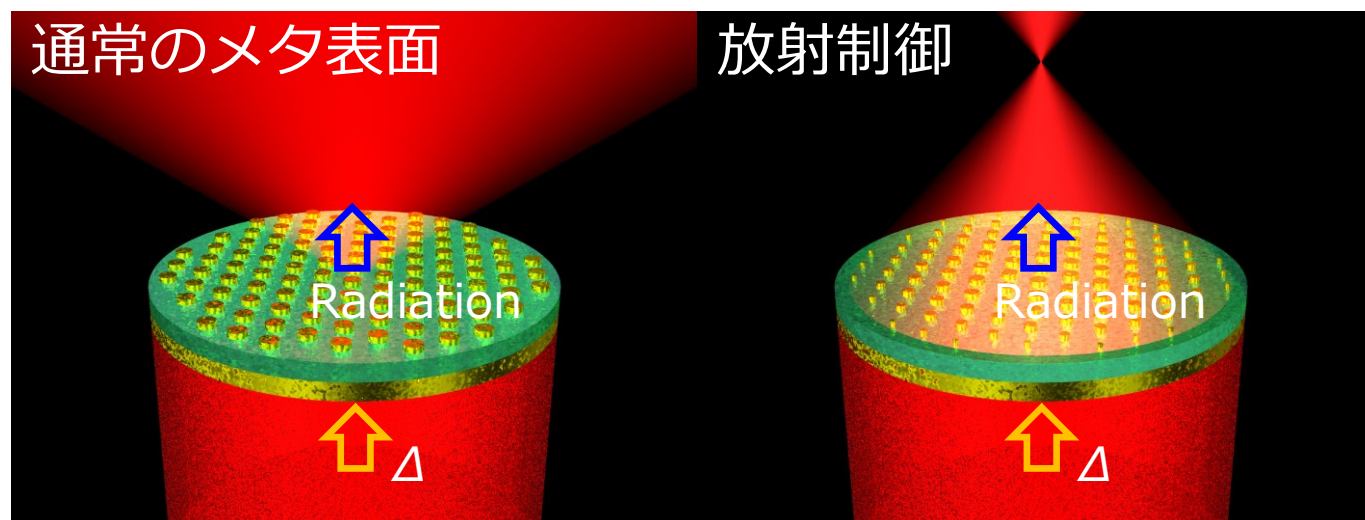
→金属－誘電体－金属ナノ構造（MIM）メタ表面



メタ表面の放射パターンを制御



Y. Nishijima, et. al, ChemRxiv. 2021, 10.26434/chemrxiv-2021-4mktw, CC BY 4.0

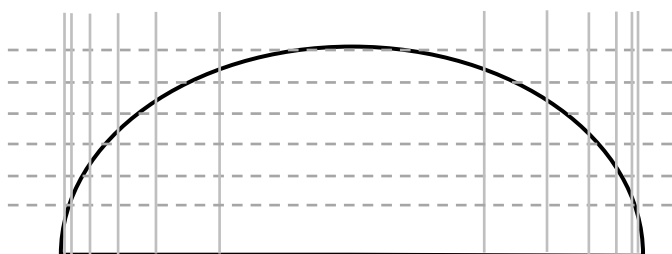


メタ表面の放射指向性を制御（メタレンズ構造を提案）

レンズ薄膜化技術の概要

屈折式レンズ

球面レンズ



2次元薄型化



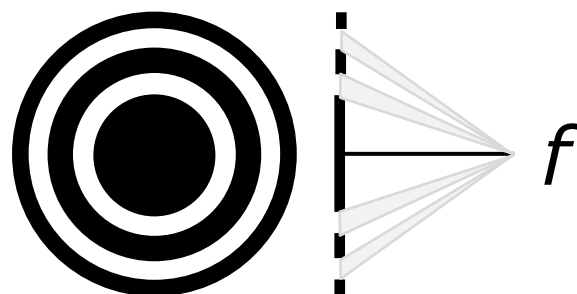
フレネルレンズ



灯台、太陽光集光
などに利用

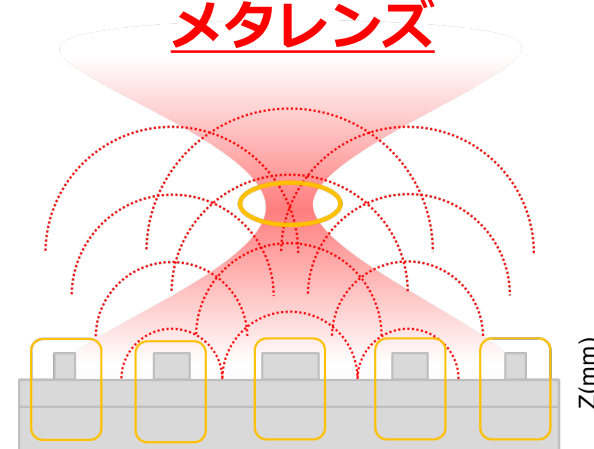
回折式レンズ

フレネルゾーンプレート



$$f \sqrt{1 + \left(\frac{r_n}{f}\right)^2} = n \left(\frac{\lambda}{2}\right)$$

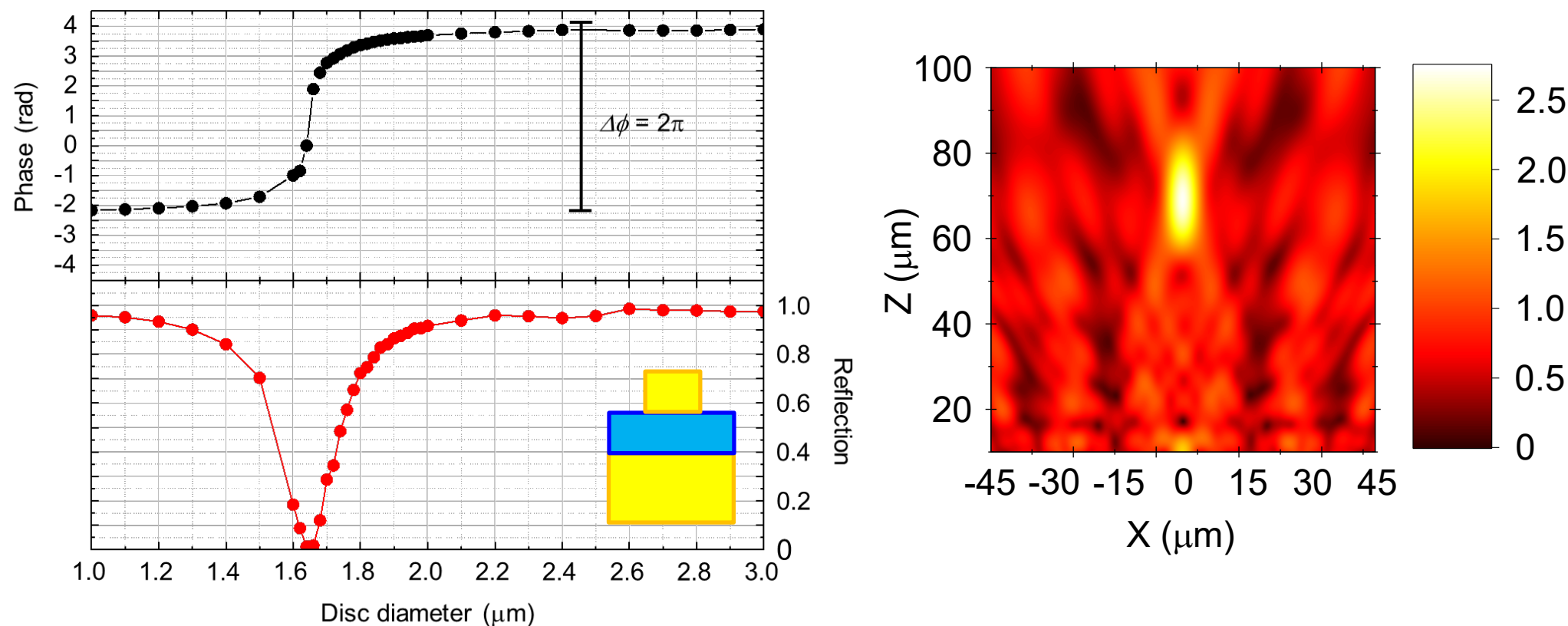
メタレンズ



$$\varphi(x, y) = \frac{2\pi}{\lambda} (f - \sqrt{f^2 + x^2 + y^2})$$

MIM型メタ表面の熱放射にメタレンズ構造を導入
→放射部=レンズ：レンズフリーで光を集光

メタレンズを導入したMIMの放射制御

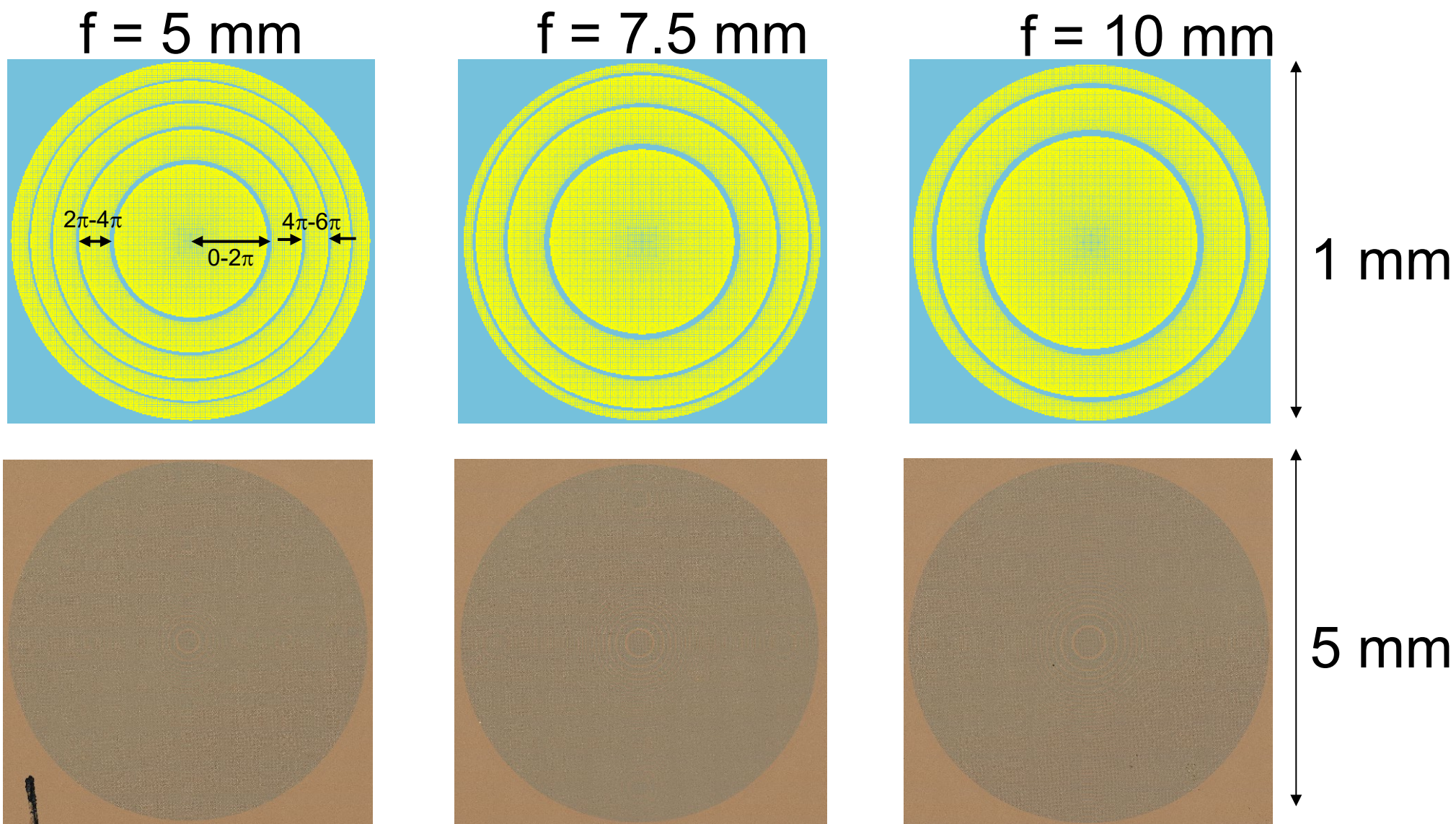


Y. Nishijima, et. al, ChemRxiv. 2025, 10.26434/chemrxiv-2025-swmcj, CC BY 4.0

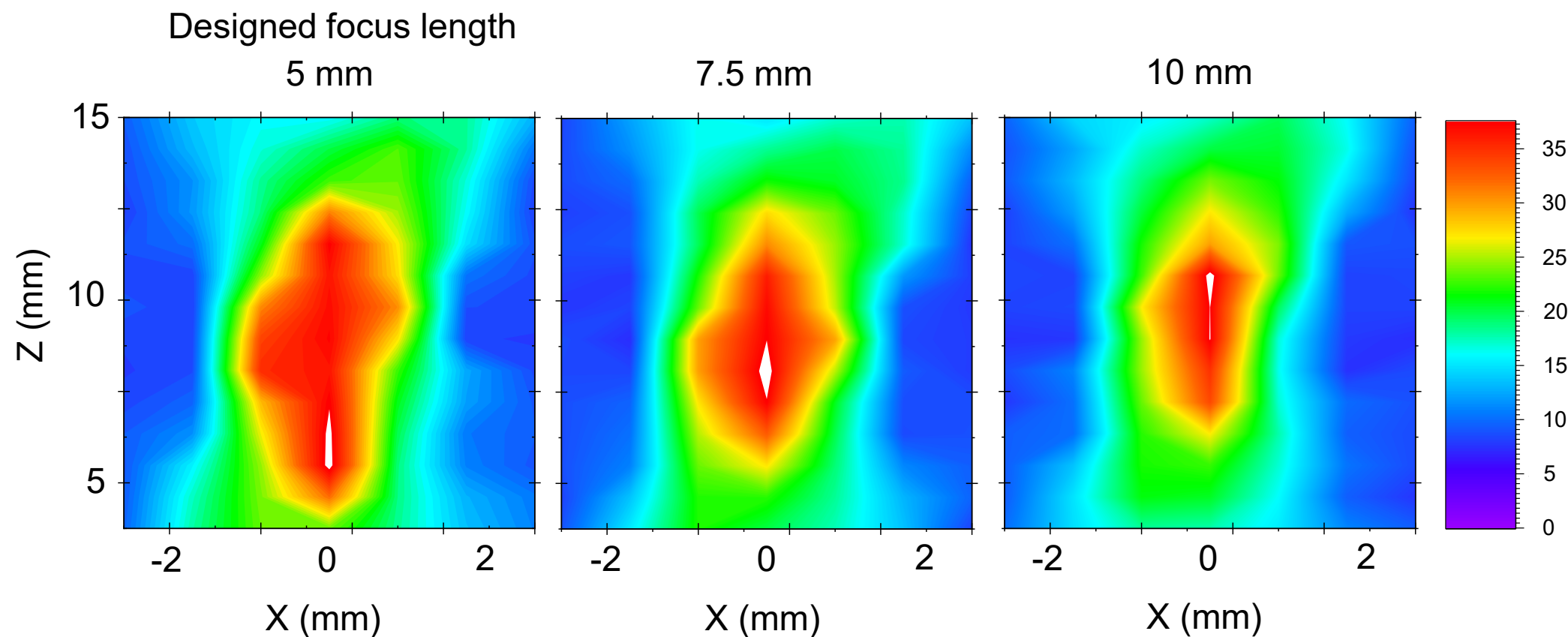
0~ 2π の範囲の位相変化を持つメタ表面の条件を見出した
FDTD計算により、集光状態を確認した。

CADデザインと試作した構造

様々な焦点でCADをデザインし、電子線リソグラフィーで作製



放射実験結果

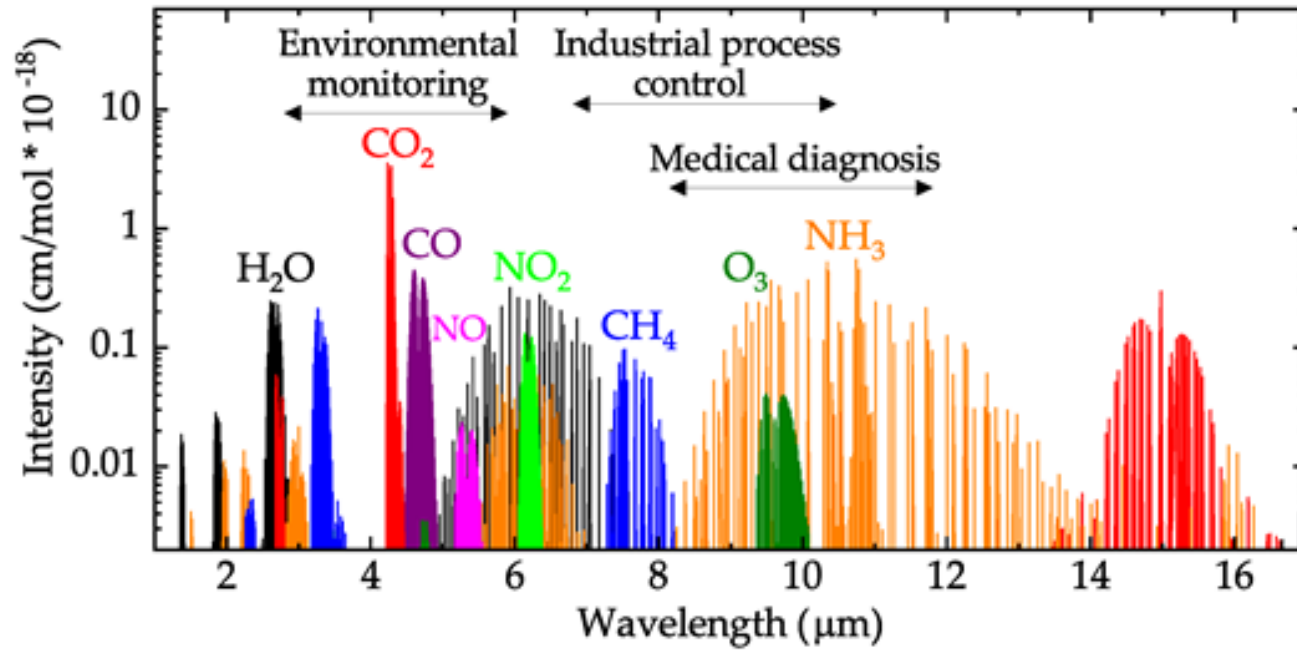


Y. Nishijima, et. al, ChemRxiv. 2025, 10.26434/chemrxiv-2025-swmcj, CC BY 4.0

新たな技術として、波長制御性を付与

マルチガスセンシングに向けた波長による放射制御

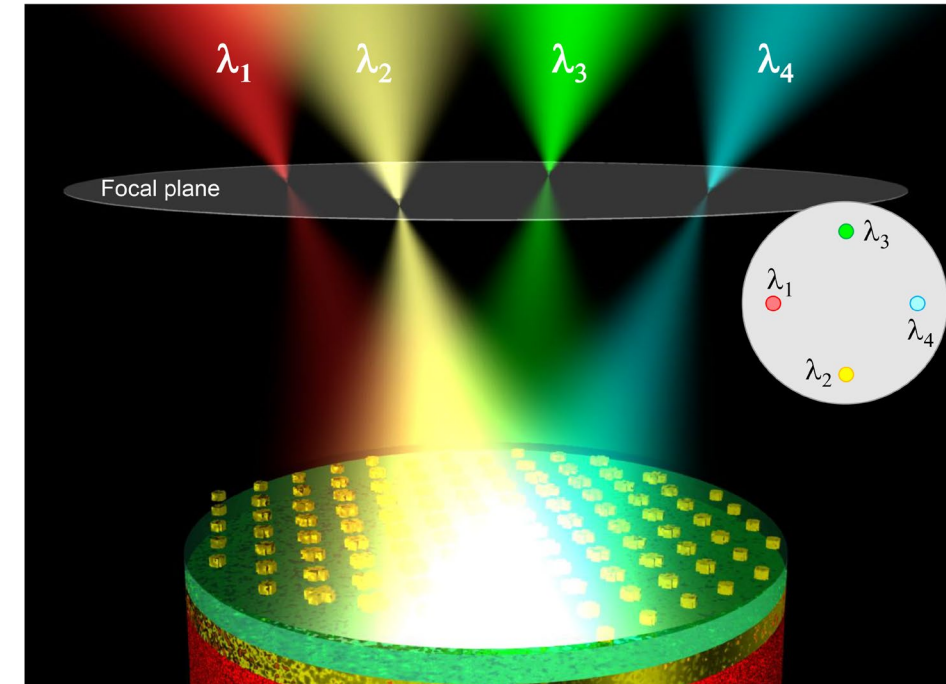
本研究の目的



ガス分子の吸収スペクトル

Daniel Popa and Florin Udrea, *sensors*. **19**,(2019)1-15. (CC BY 4.0)

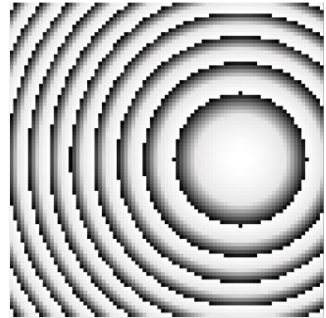
四波長分割放射集光型メタ表面の構築



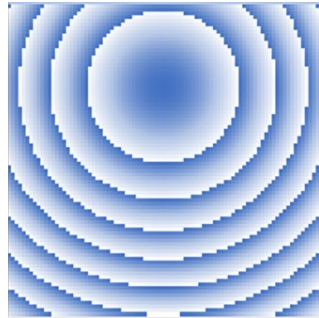
四波長分割放射集光型メタ表面

波長による共鳴を制御 (FDTD計算による設計)

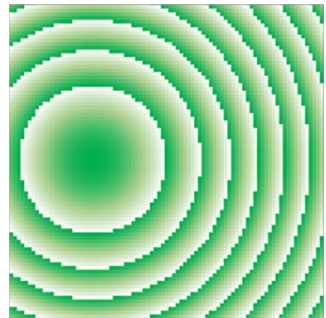
$$\phi(x, y, \lambda) = -\frac{2\pi}{\lambda_i} \left(\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + f^2} - f \right)$$



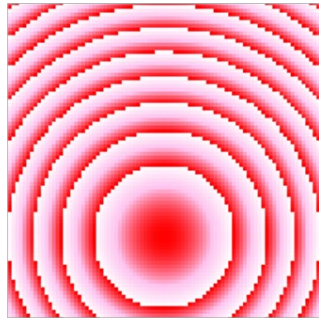
$\lambda = 5.0\mu\text{m}$



$\lambda = 5.5\mu\text{m}$

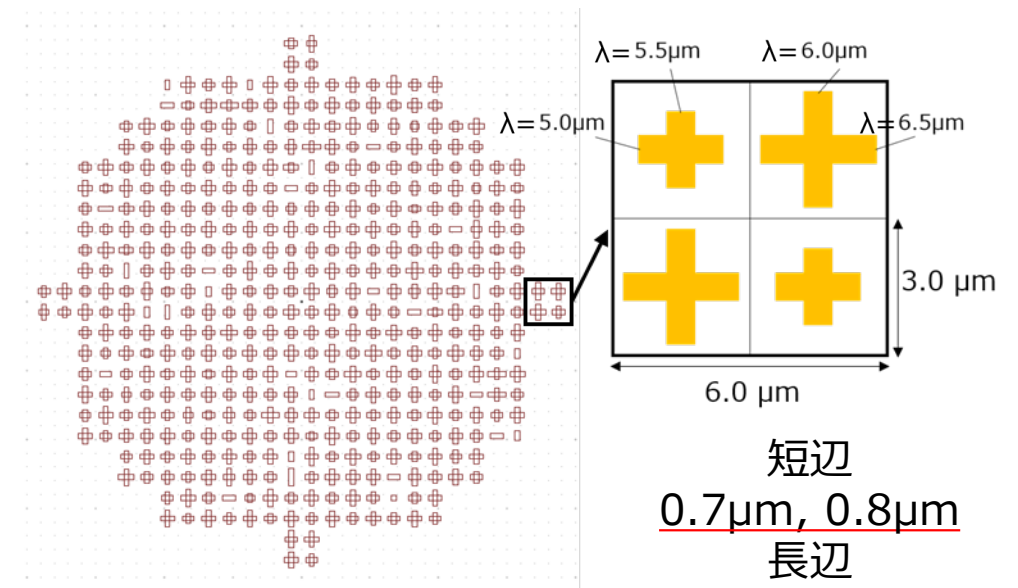
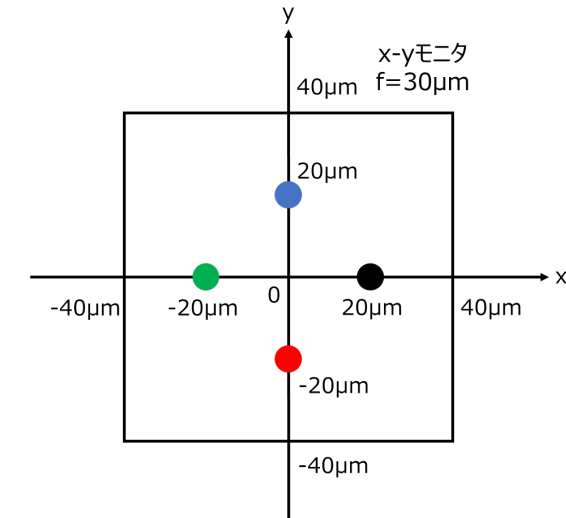
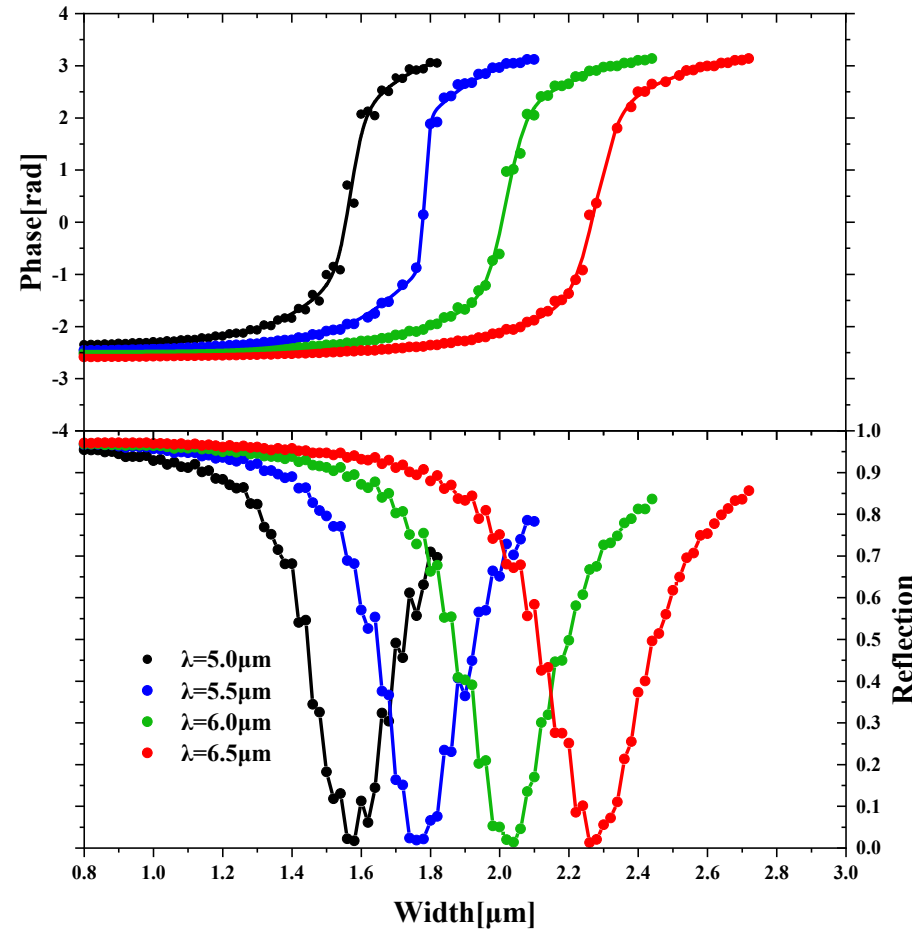


$\lambda = 6.0\mu\text{m}$



$\lambda = 6.5\mu\text{m}$

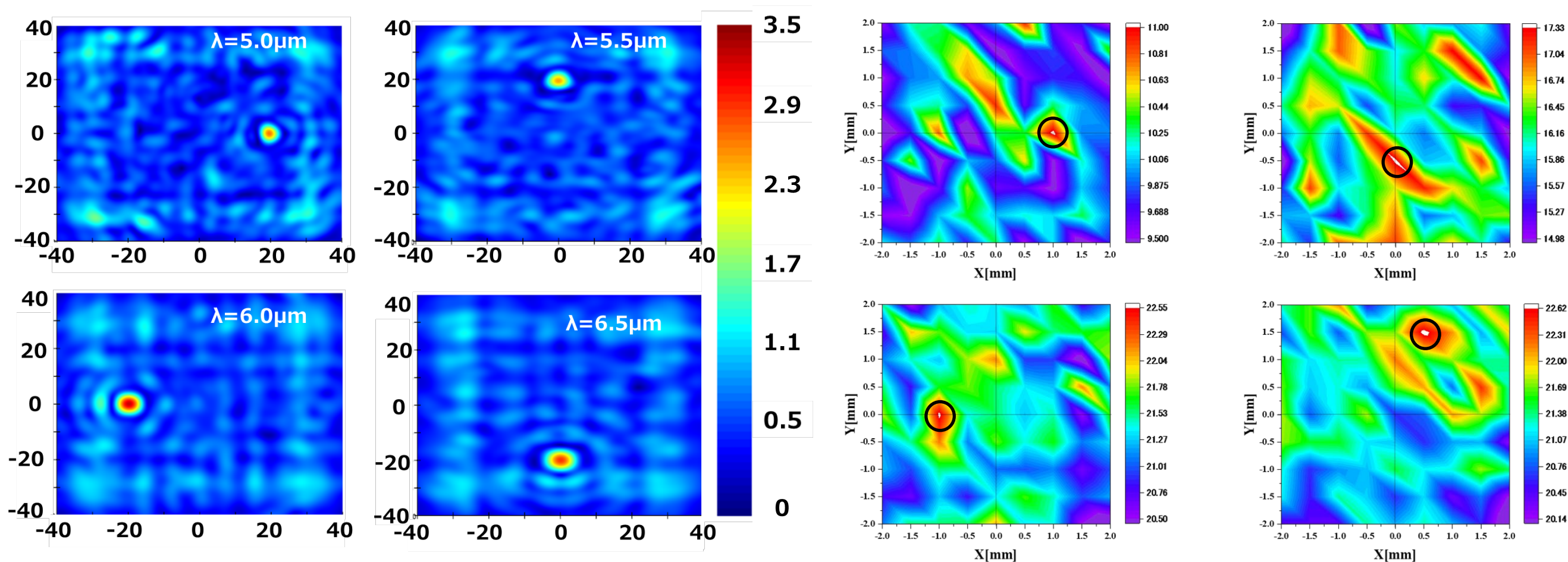
位相分布例(四波長分割)



メタサーフェス(直径80 μm)

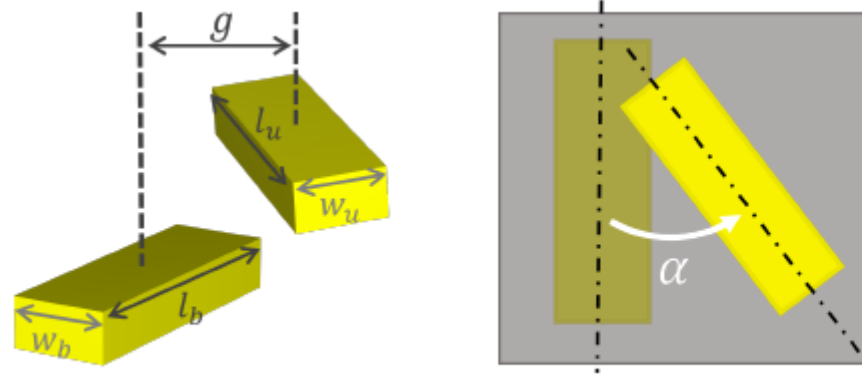
短辺
0.7 μm , 0.8 μm
長辺
1.0 μm ~2.8 μm

FDTD並びに実験的に実証

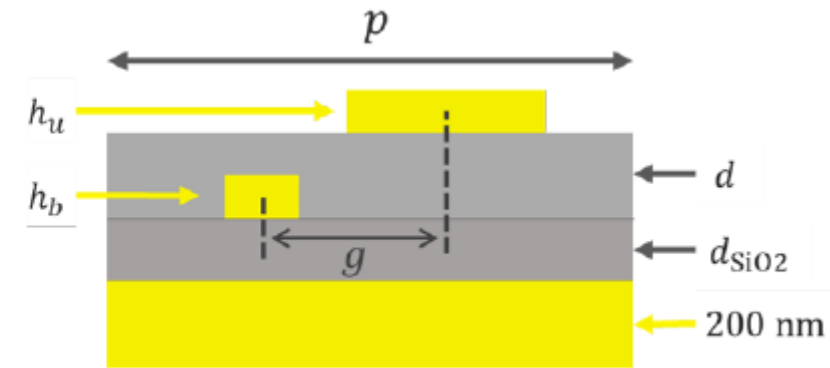


波長だけではなく、偏光特性も制御

円偏光特性の付与



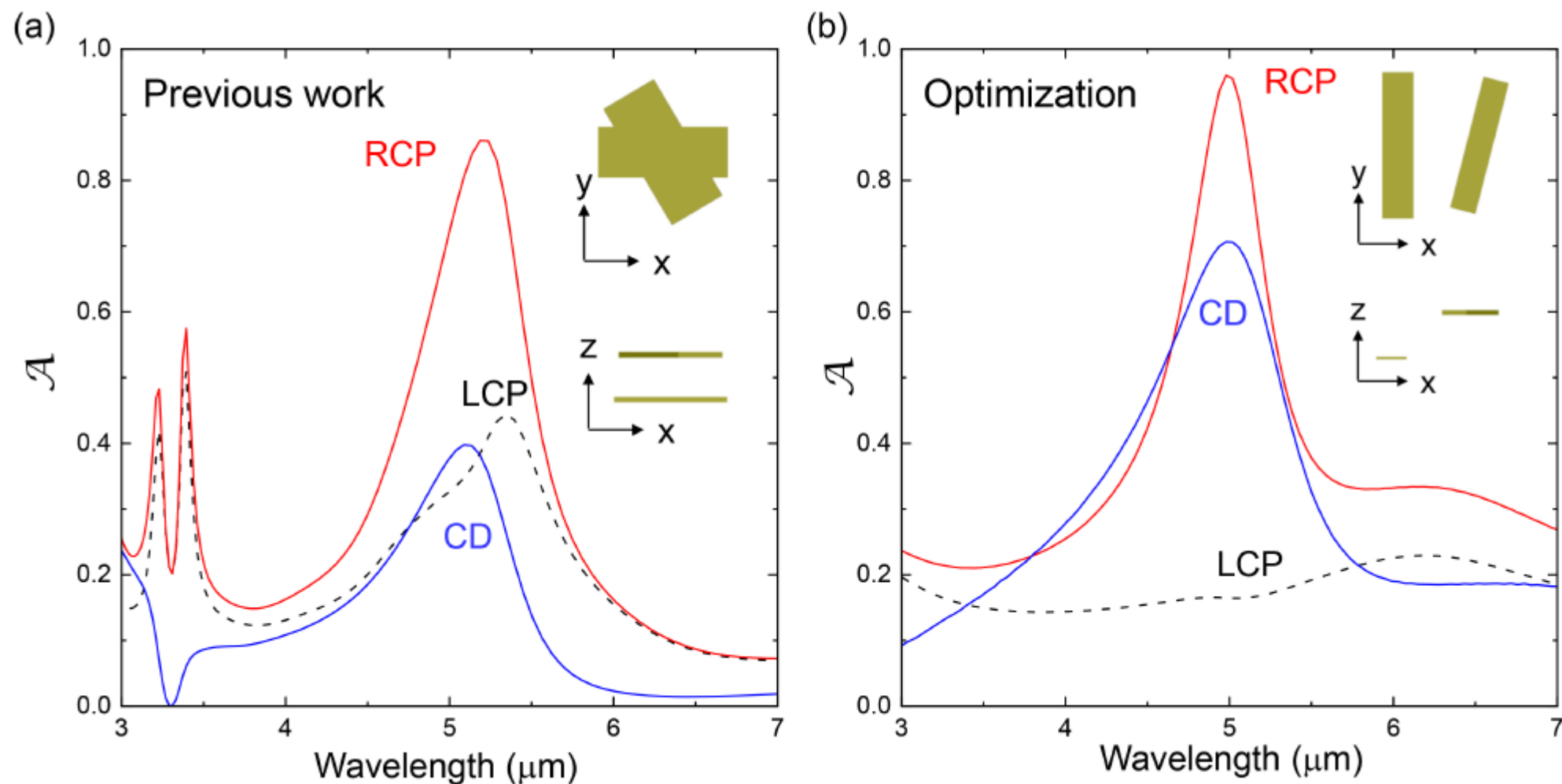
(a) 3D & top- view.



(b) Side-view cross section.

三次元構造によりキラリティーを付与

粒子群最適化法により、構造の最適化を実現



円偏光度0.7を達成
LCPの放射はベースライン程度

社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
基礎研究	・完全放射、光集光の実現を実証	
現在	・メタ表面の設計方法と放射計測手法が実現	
5年後	・放射効率の進展 ・メタレンズに関する集光効率の向上が実現	・デモンストレーション実施 ・JSTのA-STEP事業へ応募し研究資金獲得
10年後	・電気系を接続し集積型光源を実現	サンプル提供の実現
15年後	・長時間安定性の性能向上（耐性調査実験の検討）	試験サービスの実現

企業への期待

- 製品化に向けて集積化、パッケージングができる技術を有する企業との共同研究を希望。
- また、赤外光センサを開発中の企業、赤外線力メラ分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

企業への貢献、PRポイント

- 本技術の導入にあたり必要な追加実験を行うことで科学的な裏付けを行うことが可能。
- 本格導入にあたっての技術指導等が可能
- 関連する赤外光利用に関する連携も可能

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : メタレンズとその設計方法
 - 出願番号 : 特願2026-030844
 - 出願人 : 横浜国立大学
 - 発明者 : 西島 喜明、近藤 怜央、荻田 侑来
-
- 発明の名称 : メタレンズとその設計方法
 - 出願番号 : 特願2026-031381
 - 出願人 : 横浜国立大学
 - 発明者 : 西島 喜明、近藤 怜央、荻田 侑来

産学連携の経歴

- 2019年度-2024年度 A社と共同研究実施
- 2021年度 JST A-STEP産学共同（育成型）採択
- 2021年度-2022年度 NEDO官民による若手研究者発掘支援事業/マッチングサポートフェーズ採択
- 2025年度 NEDO官民による若手研究者発掘支援事業
スタートアップ課題解決支援型採択

お問い合わせ先

横浜国立大学

研究推進機構 産学官連携推進部門

産学官連携支援室

T E L 0 4 5 – 3 3 9 – 4 4 5 0

e-mail sangaku-cd@ynu.ac.jp