

医療用ARグラスとその周辺技術

東京科学大学 工学院 電気電子系
准教授 雨宮 智宏

2025年6月19日

2社1大学 で、医療用に特化したARグラスを開発中

M社

① ARレンズの素材開発

様々な高分子の設計技術

Institute of
SCIENCE TOKYO

② 医療用ARレンズの開発

半導体クリーンルームを活用した
微細加工技術

Institute of
SCIENCE TOKYO

④ 開発したARレンズの 臨床試験

病院を活用した臨床応用技術

C社

③ 医療用ARグラスの 実装とシステム開発

ARグラスの実装と
空間認識を行うソフトウェア技術



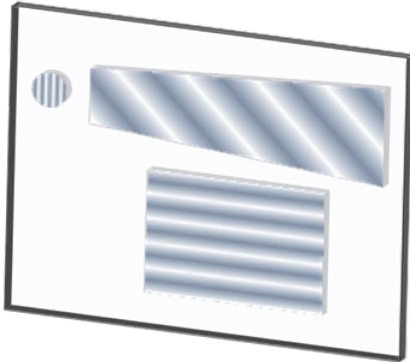
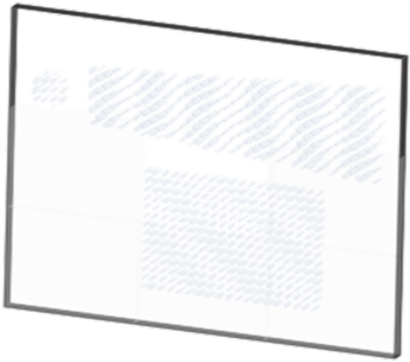
- 拡張現実(AR)スマートグラスは、人々が周囲の世界とやりとりする方法を強化するウェアラブルデバイス。医療における手術や治療の現場にいる医師が、術部から目を離さずに患者のバイタル情報をリアルタイムに確認したり、周囲や遠隔にいる医師やスタッフと同じ視線の画像を見ながらハンズフリーでの情報共有を可能とする。
- AI(人工知能)からのサポート情報を、医師がARスマートグラス経由でタイムリーに取得するという利用シナリオも想定。
- 世界のスマートグラスの市場規模は、2024年の8億7,880万米ドルから2030年には41億2,930万米ドルに成長(CAGR29.4%)すると予想^{*1}されており、手術用スマートグラスの市場規模は、2020年の1億4528万7760米ドルから、2028年には3億393万4140米ドルに増加(CAGR9.9%)すると予想^{*2}されている。

^{*1}: グローバルインフォメーション(2024年9月11日)

^{*2}: グローバルインフォメーション(2021年8月10日)

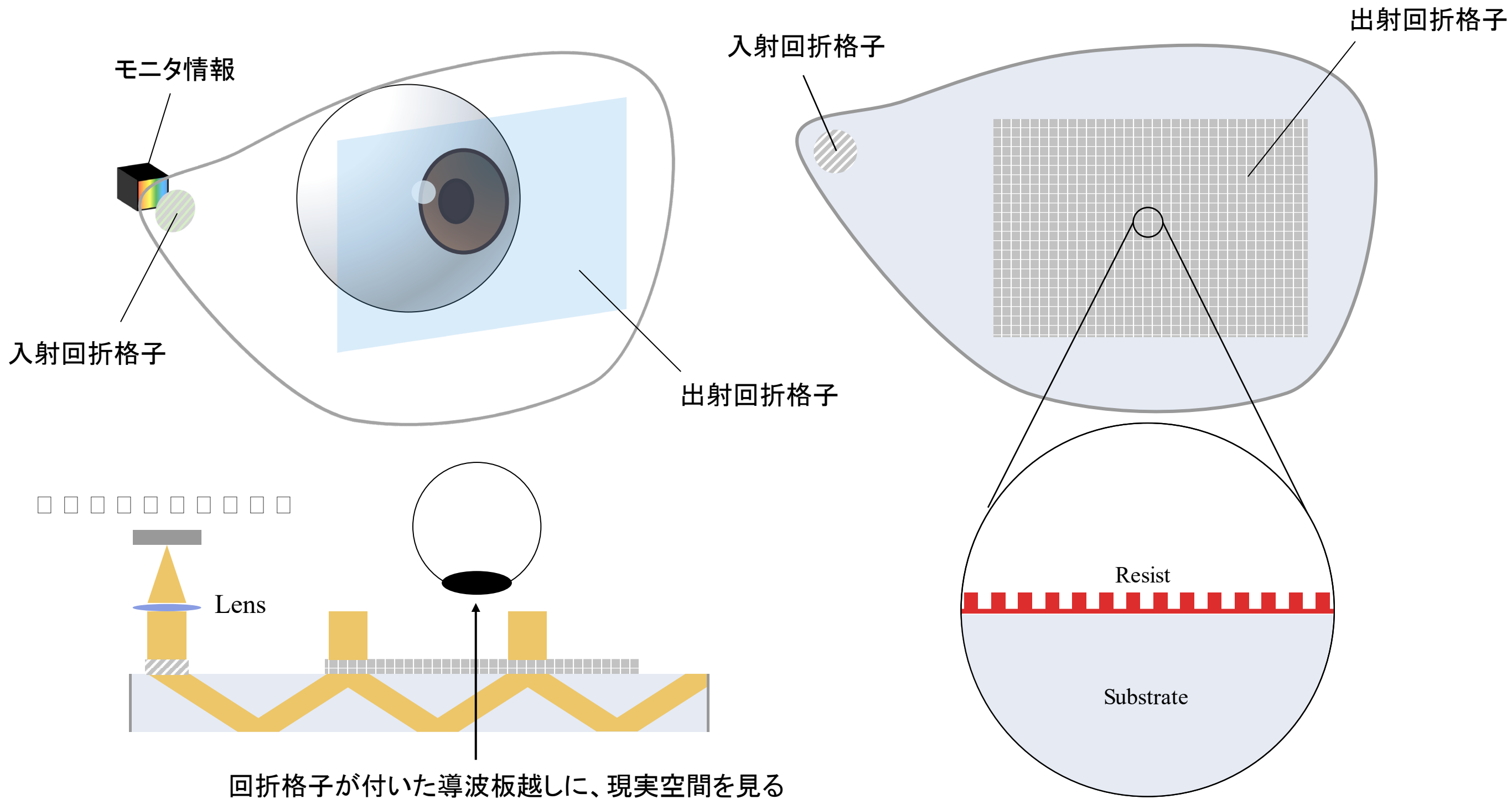
手術	遠隔医療・遠隔支援	トレーニング
●現場の医師へのリアルタイムの情報、リモートアシスタンス、高度な視覚化機能を提供 ●小型軽量でバッテリー動作時間の長いデバイスが必要	●ARグラスにより遠隔地の臨床チームと同じ術部映像を見ながら効果的な連携	●医師や看護師のトレーニング時に効果的なアドバイスをタイムリーに提供 ●過去の手術のライブ映像のデータベース化と教育としての活用

ウェーブガイド方式のARグラスの比較

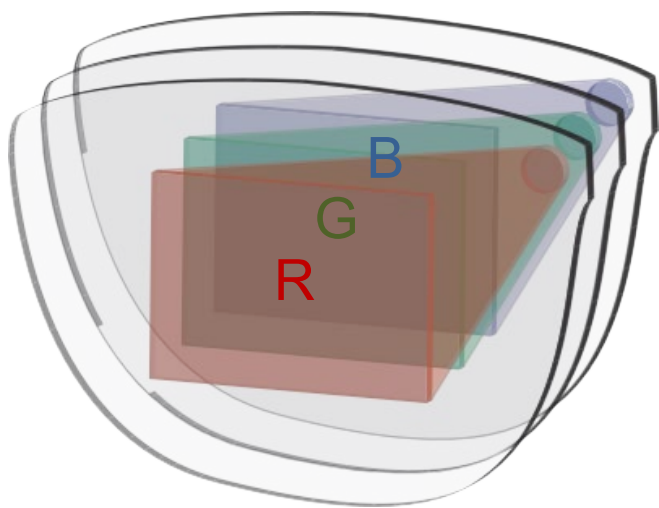
Schematic image			
Grating type	VBG (Volume Bragg Grating)	SRG (Surface Relief Grating)	PVG (Polarization Volume Grating)
Advantages	High efficiency	Mass production	High efficiency
Disadvantage	☐ Limited FOV ☐ Small production	☐ Dispersion Issues ☐ Multi-layering is required for full color	☐ Complexity in manufacturing ☐ Small production
References	[1] Zhang, Tianyao, et al., SPIE 2023	[2] Bro, Tobias, et al., SPIE 2021	[3] Zhang, Xinyue, et al., SPIE 2025

[1] T. Zhang et al., “2D curved holographic waveguide combiner for augmented reality with pupil expansion,” in Proc. SPIE, vol. 12449, Art. no. 124491Q, Mar. 2023.
 [2] T. Bro et al., “Large area diffraction gratings for augmented reality surface relief waveguide masters,” in Proc. SPIE, vol. 11765, Art. no. 1176511, Mar. 2021.
 [3] X. Zhang et al., “PVH waveguides for commercial smart glasses,” in Proc. SPIE, vol. 13414, Art. no. 134141C, Mar. 2025.

ウェーブガイド方式のARグラスの原理

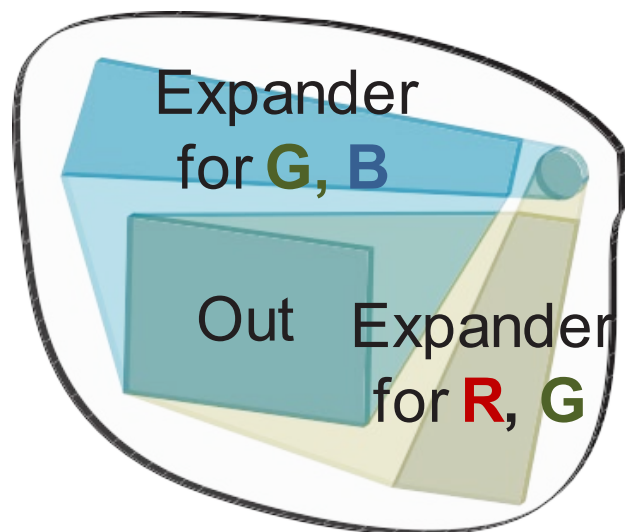


Previous structure



導波板2-3枚でフルカラーに対応

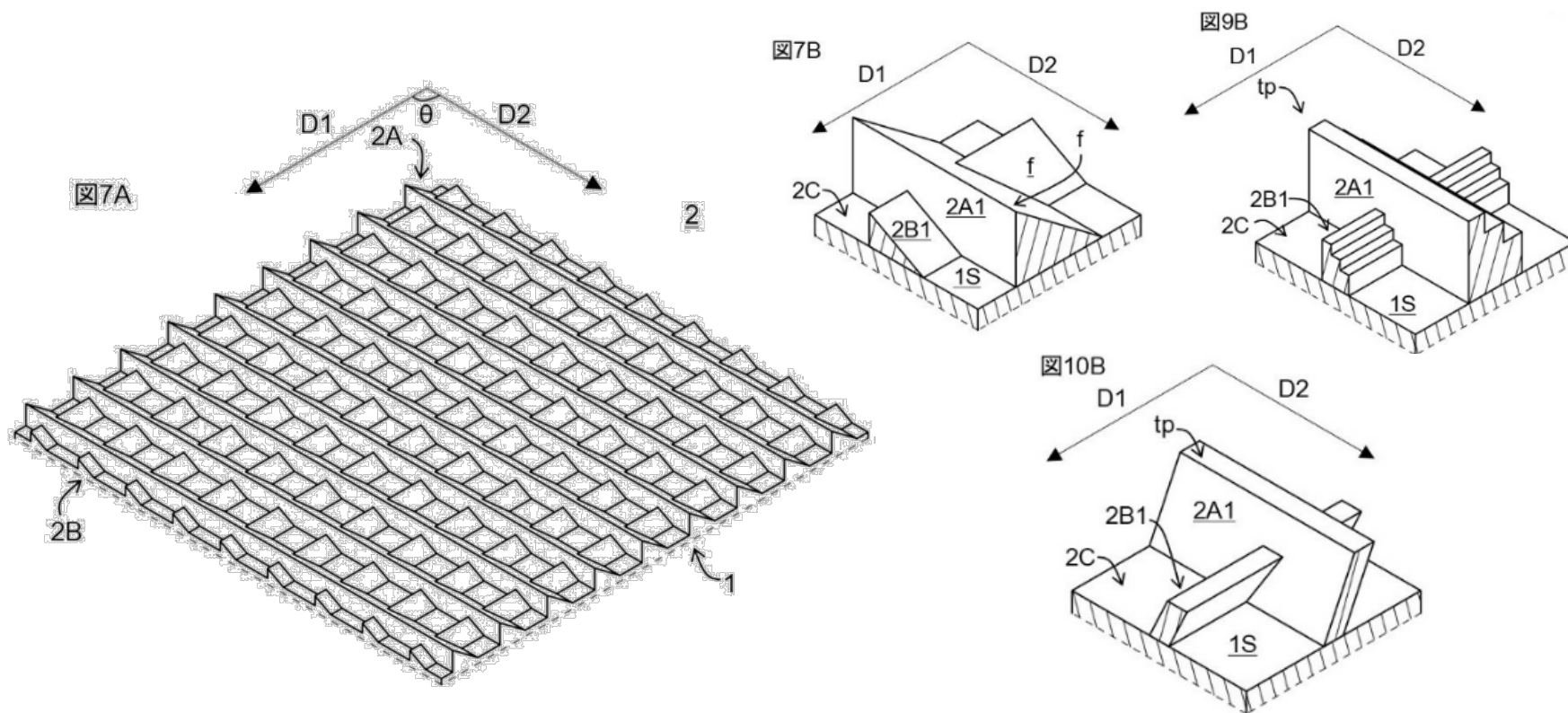
Proposed structure



導波板1枚でフルカラーに対応

メタサーフェスを用いた単層ARレンズ

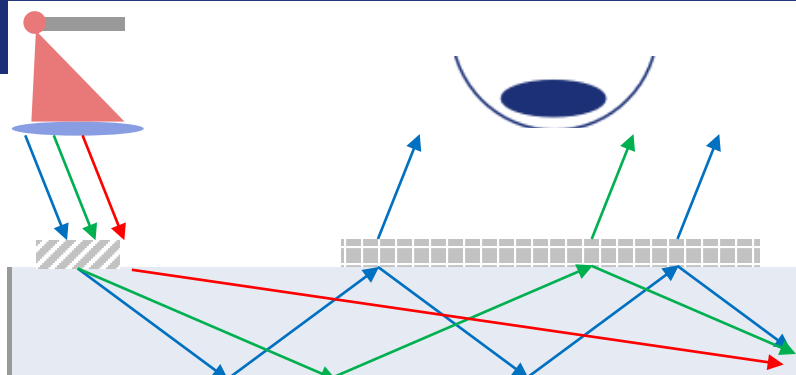
メタサーフェス構造によりRGBの経路を分岐同一導波平面上に構成



T. Amemiya and T. Maekawa, patent PCT/JP2025/015311

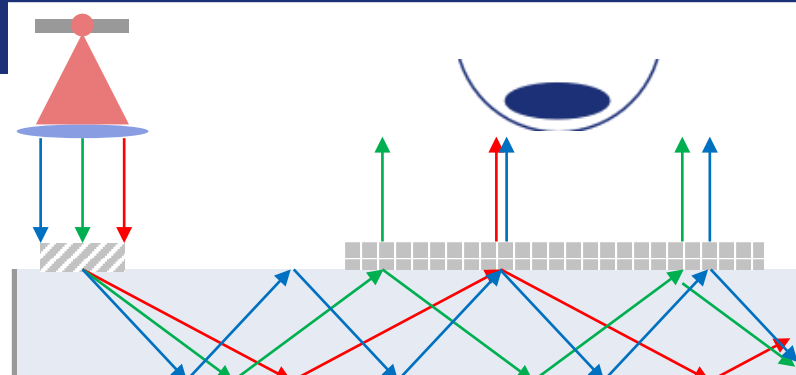
ARレンズの軽量化に向けたアプローチ

画面左側



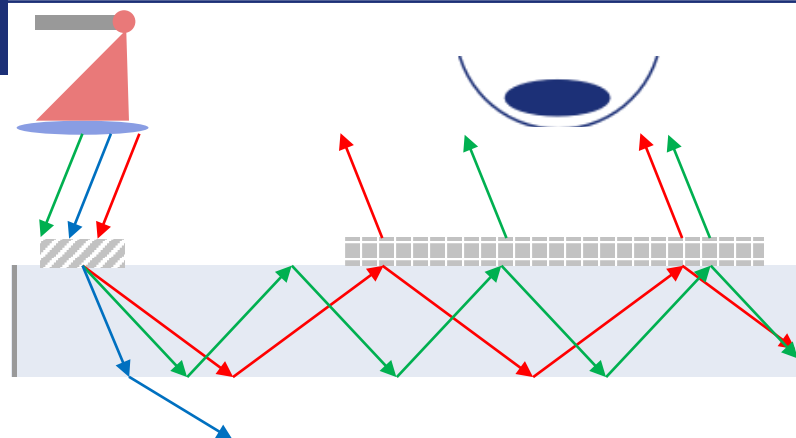
- 緑と青
全反射条件○
出力側回折格子に結合
- 赤
一次回折光が存在しない

画面中央



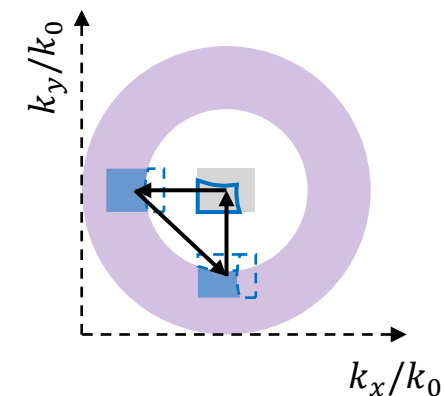
- 赤と緑と青
全反射条件○
出力側回折格子に結合

画面右側

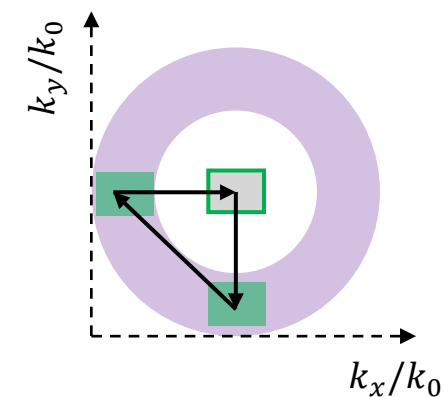


- 赤と緑
全反射条件○
出力側回折格子に結合
- 青
全反射条件×
導光板内の伝搬が不可

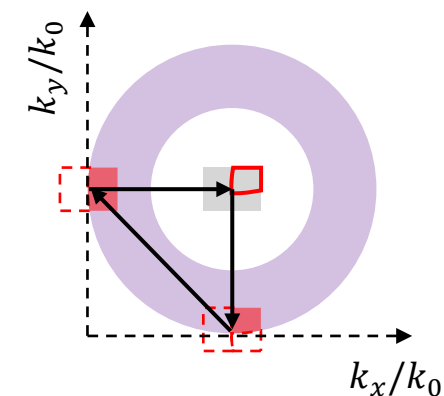
Blue

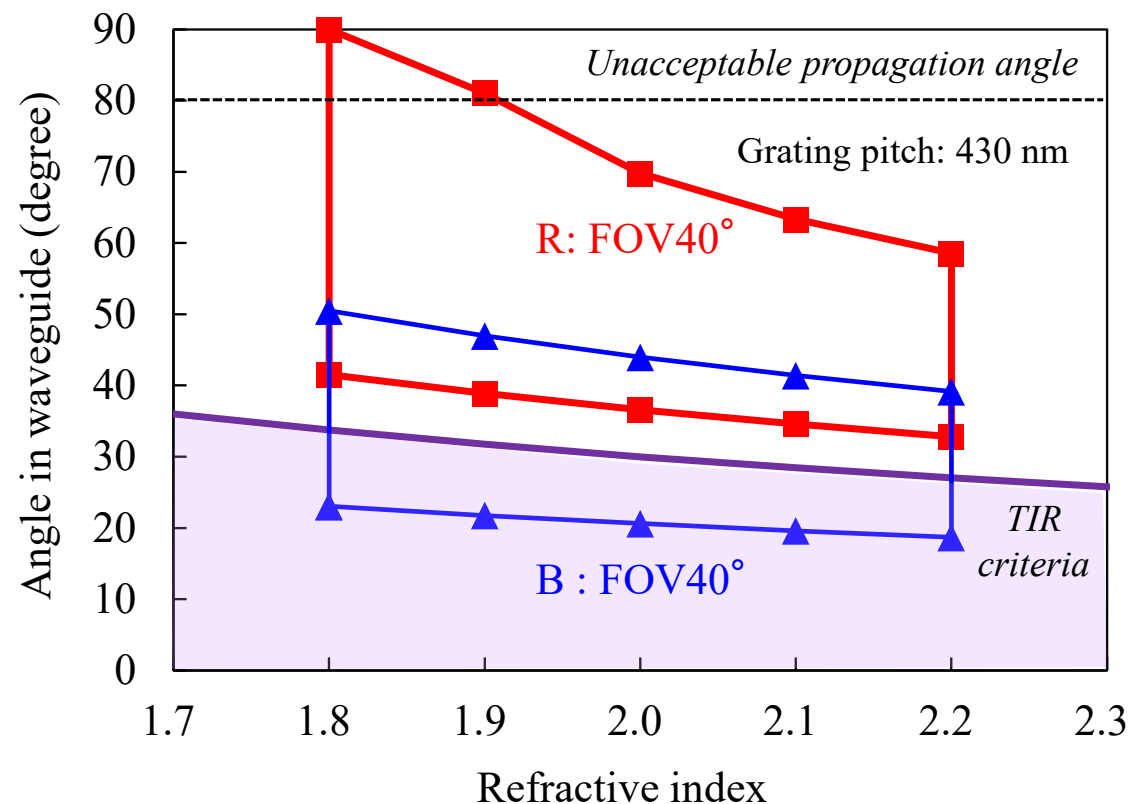


Green



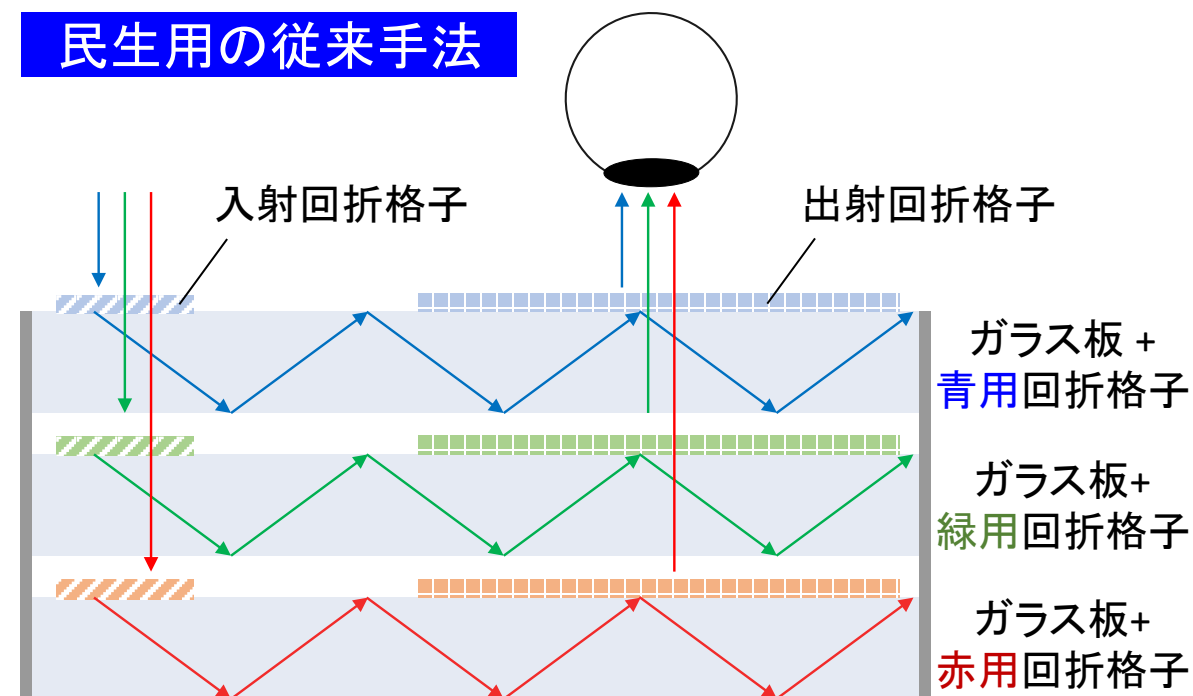
Red





導光板において全反射条件を満たす入射角およびアイボックス確保や輝度均一性を考慮した場合RGB全てに対応した回折格子は実現不可能

民生用の従来手法



回折格子の特性が色に大きく依存するため
そのままではフルカラーに対応不可

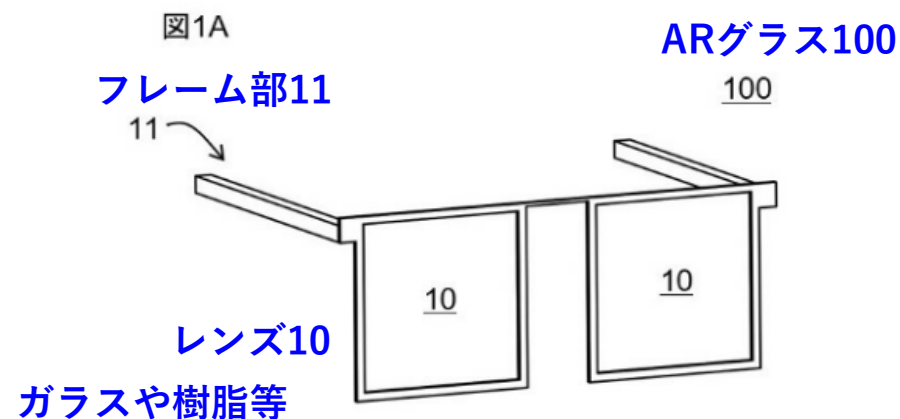


ガラス板を複数枚貼り合わせることでフルカラーを実現

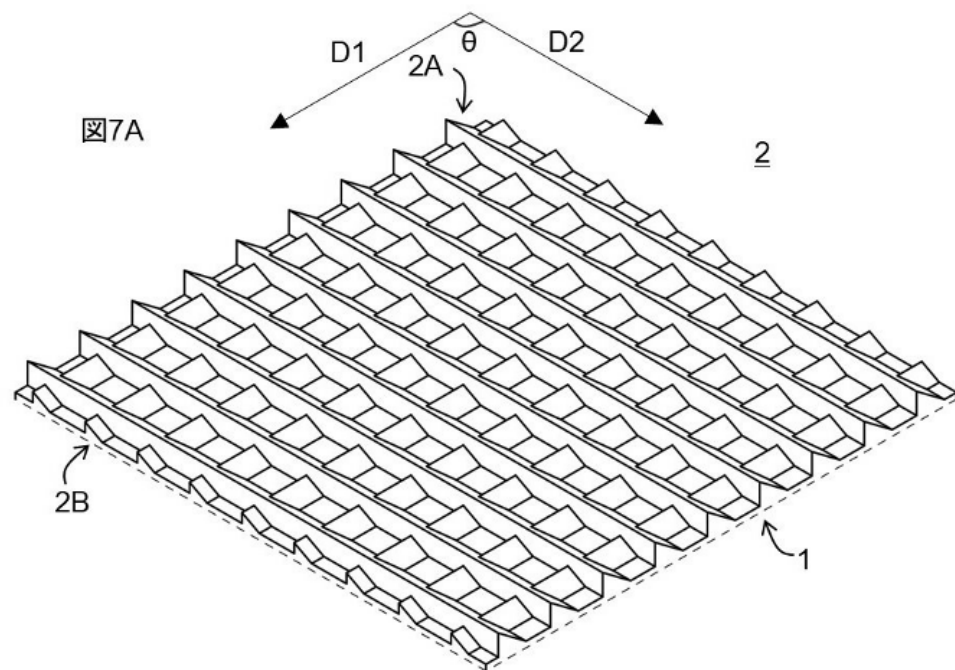


枚数分の重量増加
製造誤差による性能低下
生産コスト上昇

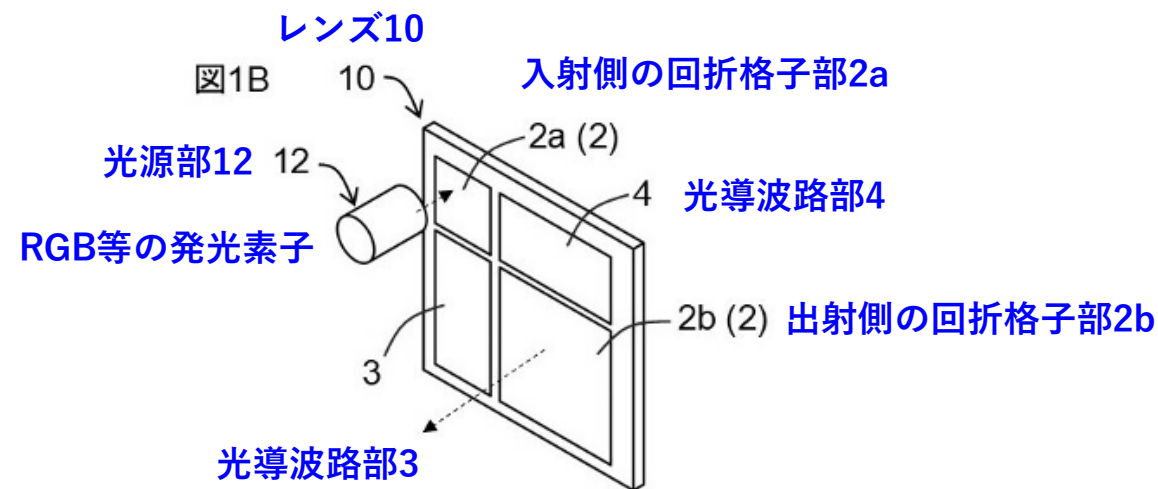
【図 1】



【図 1 A】 実施形態に係る A R グラス 1 0 0 の一例を示す模式的図

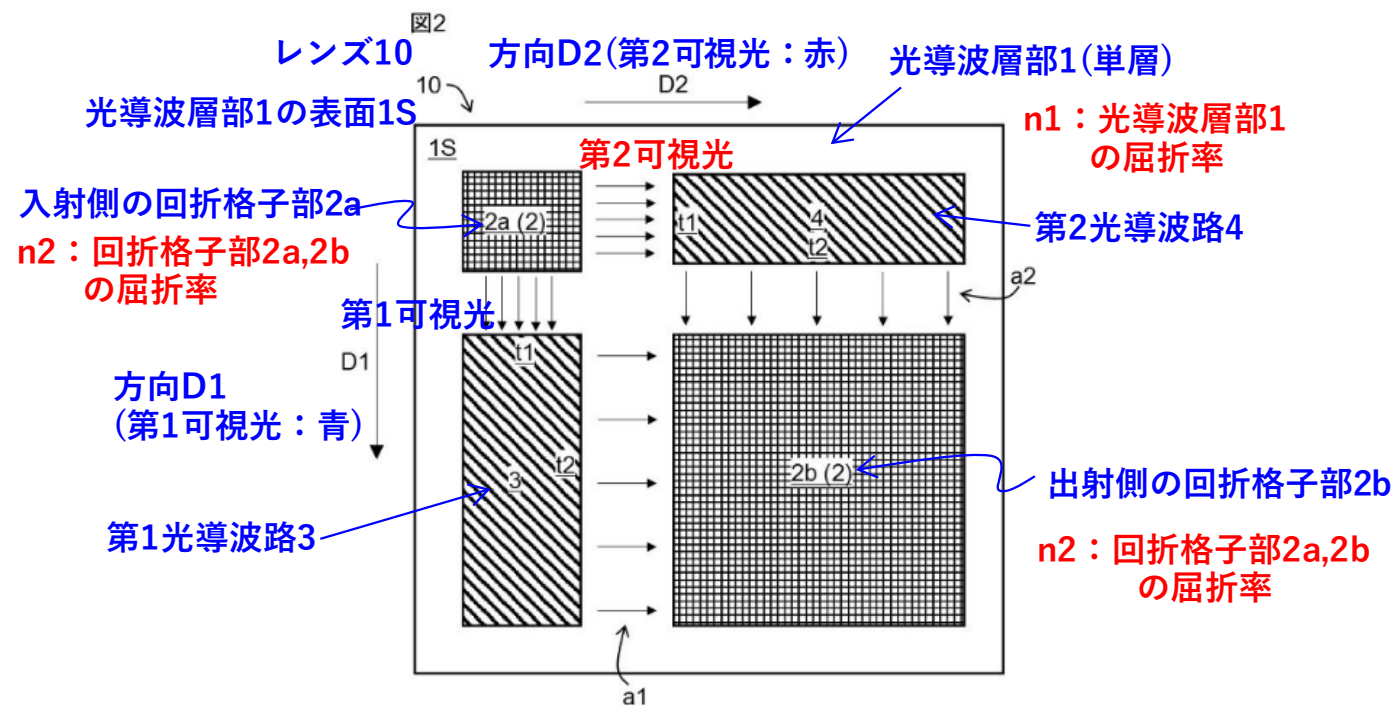


本ARグラスに用いる回折格子

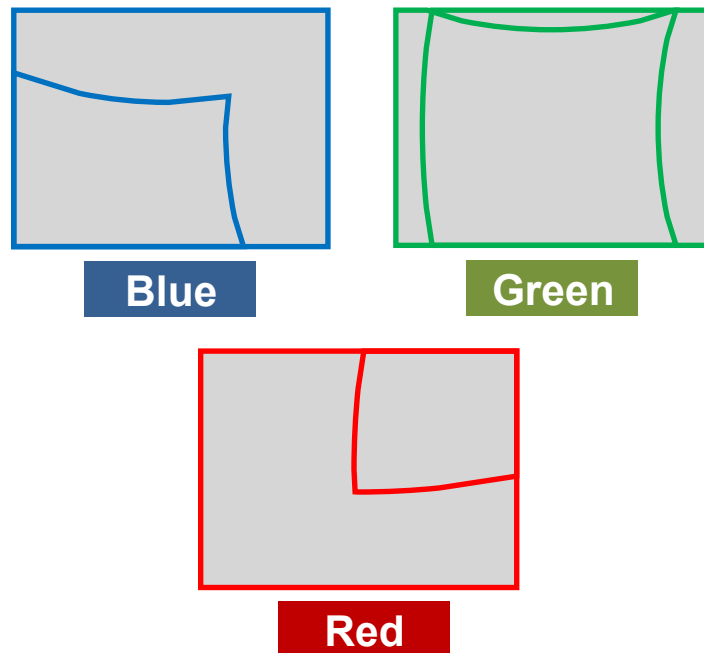
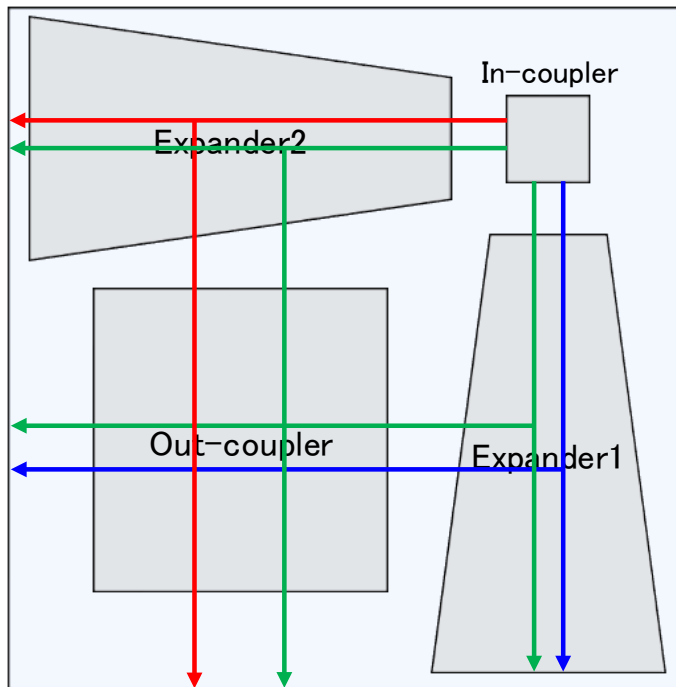


【図 1 B】 レンズ 1 0 と、これに付設される光源部 1 2 とを模式的に示した説明図

【図 2】



【図 2】 レンズ 1 0 の全体構成の一例を模式的に示した平面図



● Path A : Input coupler → Expander 1 → Output coupler

赤: 画角の大部分が伝搬不可

緑: 画角の一部が伝搬不可

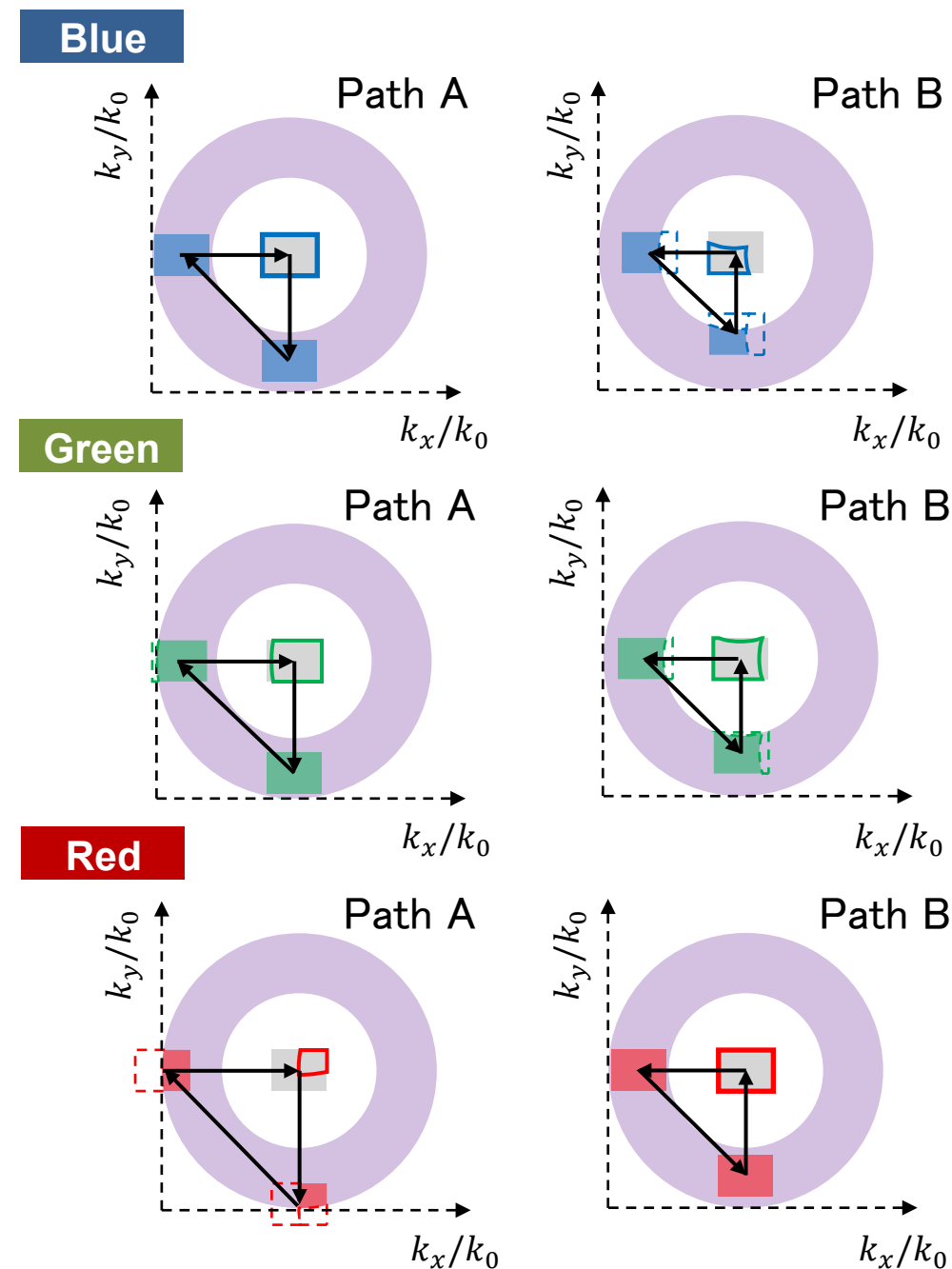
青: 全画角伝搬可

● Path B : Input coupler → Expander 2 → Out put coupler

赤: 全画角伝搬可

緑: 画角の一部が伝搬不可

青: 画角の大部分が伝搬不可



$$\vec{E} = e^{-j\vec{k}\cdot\vec{r}} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \vec{S}(m, n; z) e^{j[k_x(m)x + k_y(n)y]}$$

Fourier expand

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\omega\mu\vec{H}$$

Fourier expand

$$\mu(x, y) = \sum_{m,n} b_{m,n} e^{j2\pi(\frac{mx}{\Lambda_x} + \frac{ny}{\Lambda_y})}$$

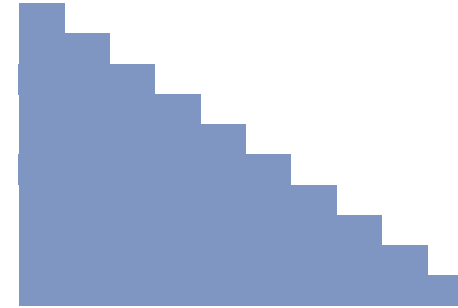
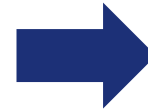
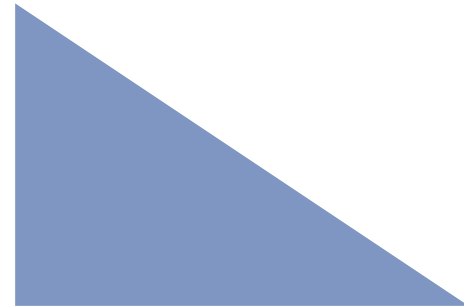
$$\vec{H} = e^{-j\vec{k}\cdot\vec{r}} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \vec{U}(m, n; z) e^{j[k_x(m)x + k_y(n)y]}$$

Fourier expand

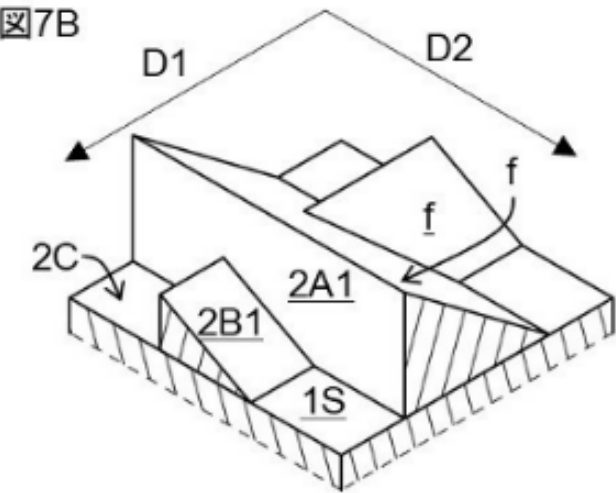
$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \omega\epsilon\vec{E}$$

Fourier expand

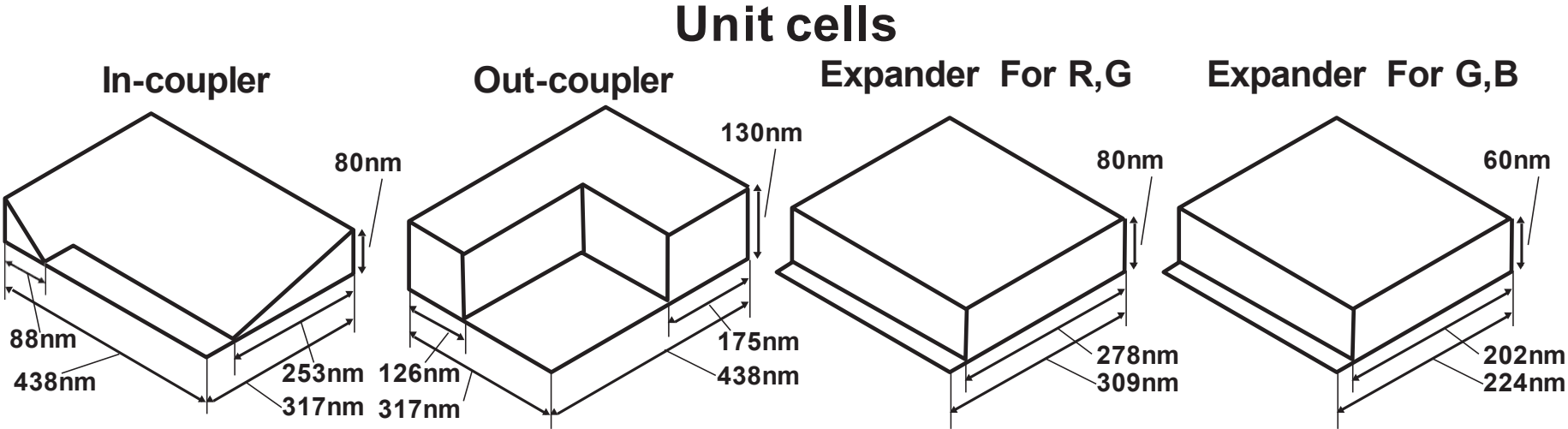
$$\epsilon(x, y) = \sum_{m,n} a_{m,n} e^{j2\pi(\frac{mx}{\Lambda_x} + \frac{ny}{\Lambda_y})}$$



#Layer = 10

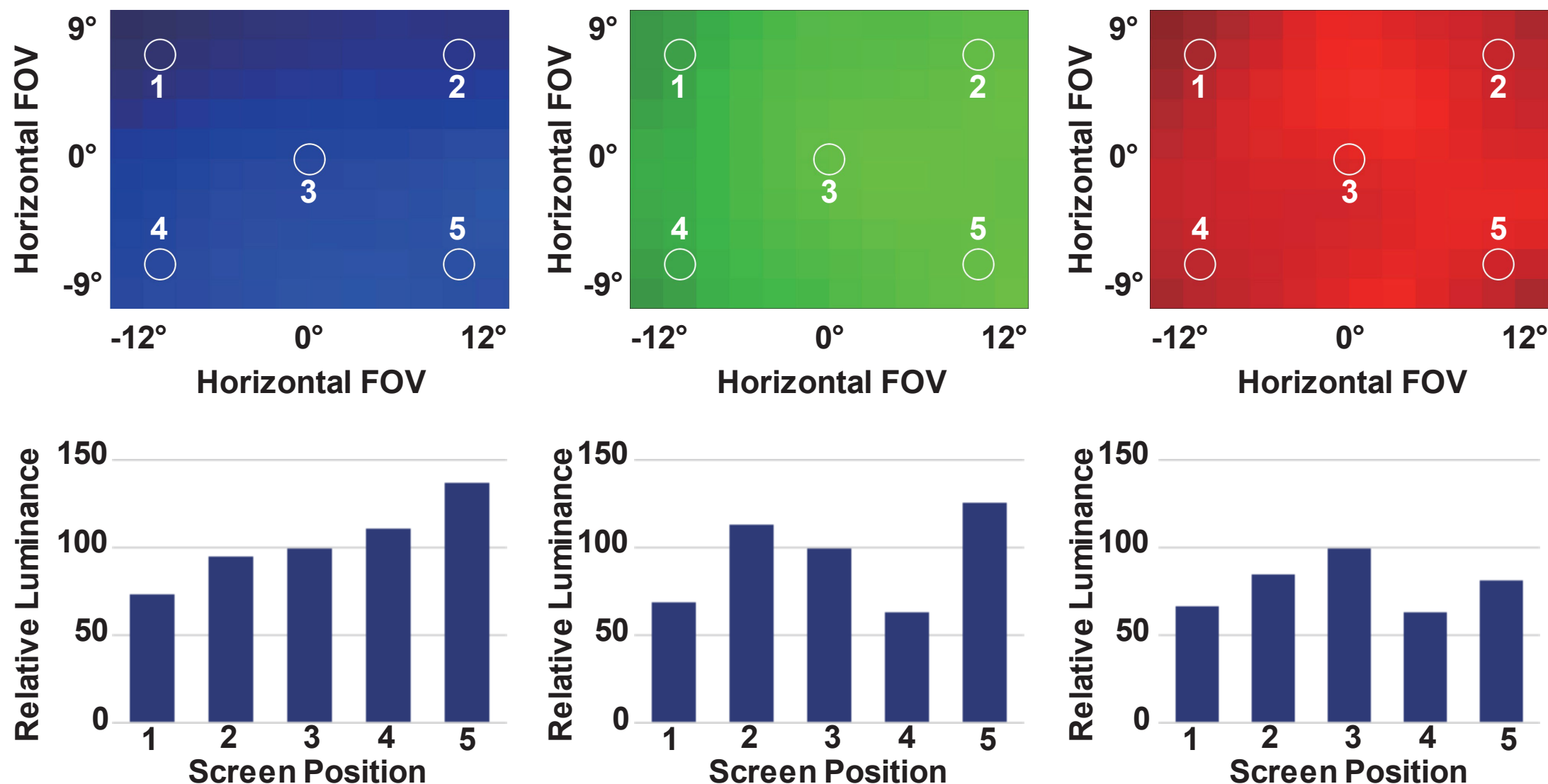


T. Amemiya and T. Maekawa,
patent PCT/JP2025/015311



	Period	Height	Duty cycle	Angle
Input Grating(x-axis direction)	317nm	80nm	0.8	0°
Input Grating(y-axis direction)	438nm	80nm	0.2	0°
Expander Grating1	224nm	60nm	0.9	45°
Expander Grating2	309nm	80nm	0.9	45°
Output Grating(x-axis direction)	438nm	130nm	0.4	0°
Output Grating(y-axis direction)	317nm	130nm	0.4	0°

単層ARレンズのための回折格子の最適設計

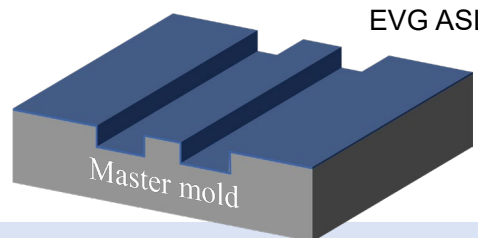


波長465nm、530nm、630nmで十分な輝度均一性が得られた

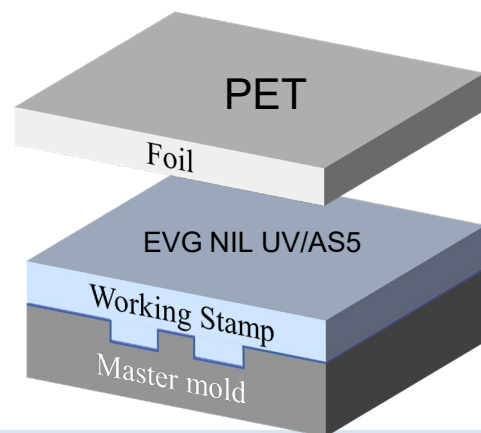
465 nm : 53.2%, 530 nm : 50.3%, 630 nm : 63.0%

EB lithography

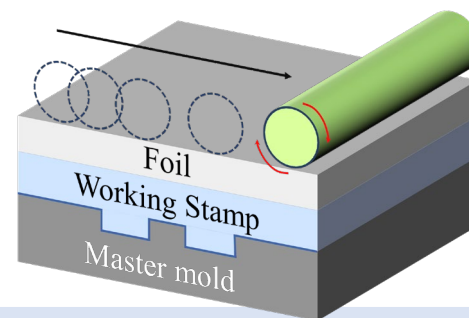
EVG ASL



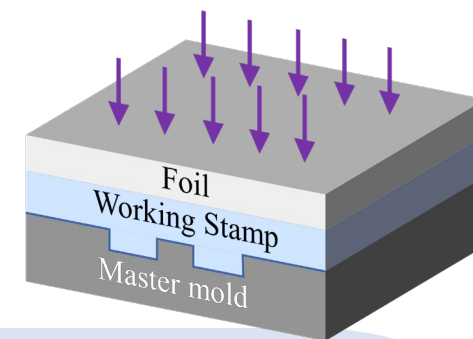
1. Mold release agent coating



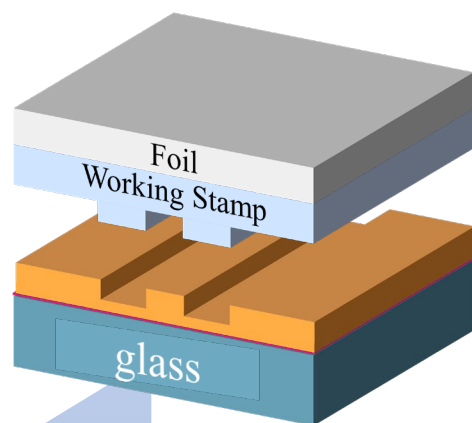
2. Working stamp coating



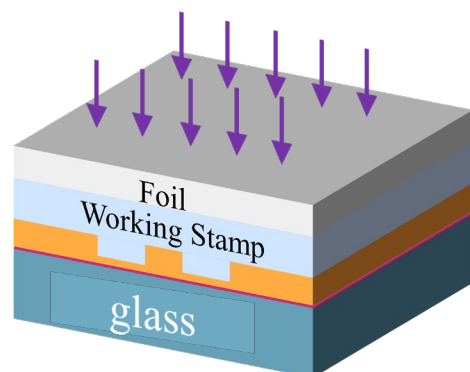
3. Roll on process



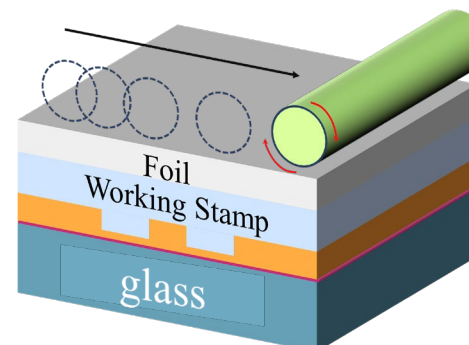
4. UV irradiation



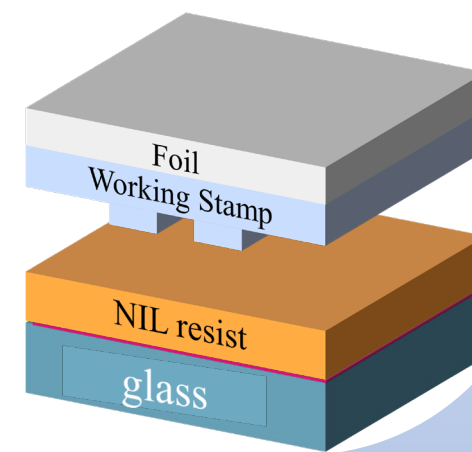
8. Mold release



7. UV irradiation

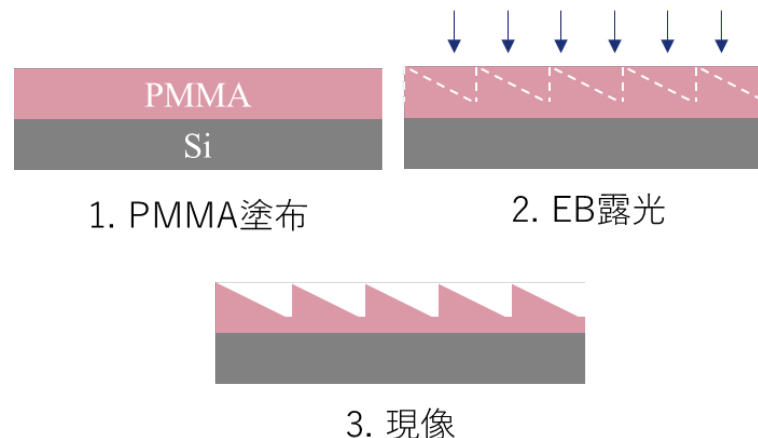
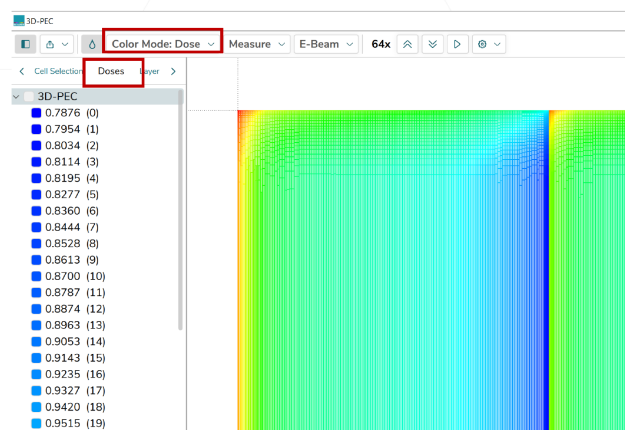


6. Impression by working stamp

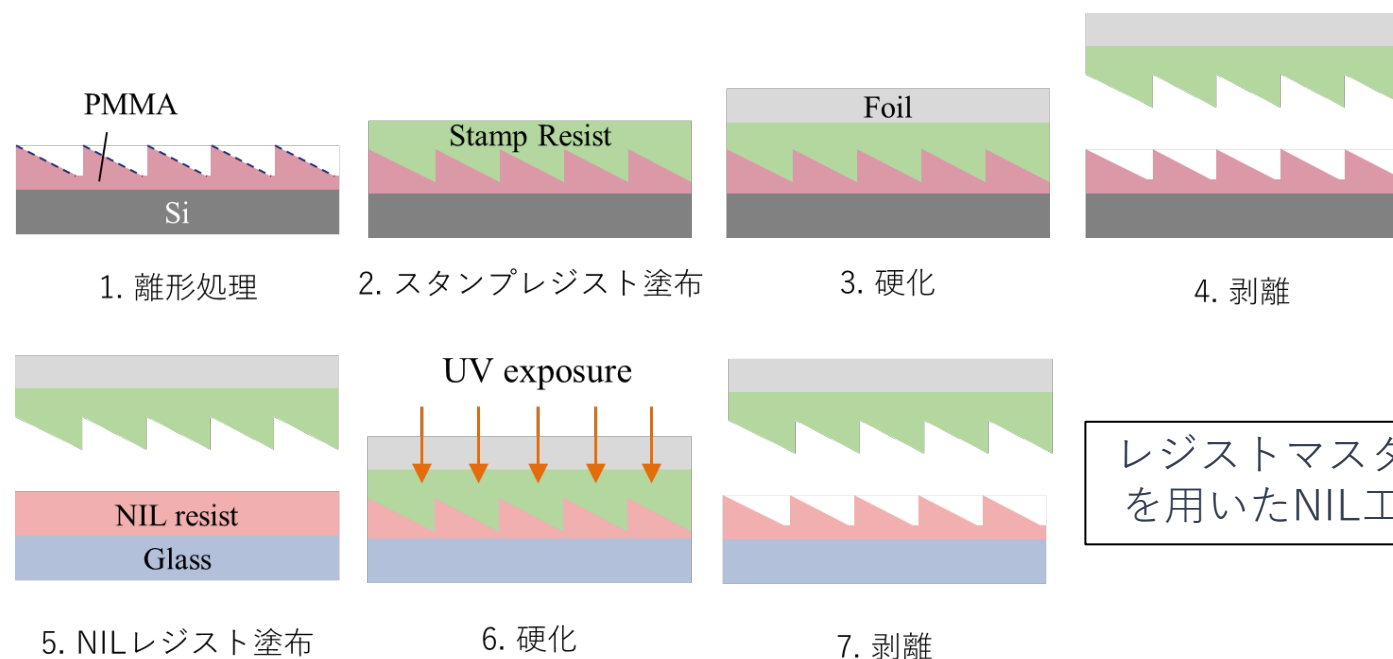


5. NIL resist coating

3D-PECを用いたグレーマスクEB描画



設計した3次元構造からモンテカルロ法などによる解析を行って
露光量分布、領域分布を得る

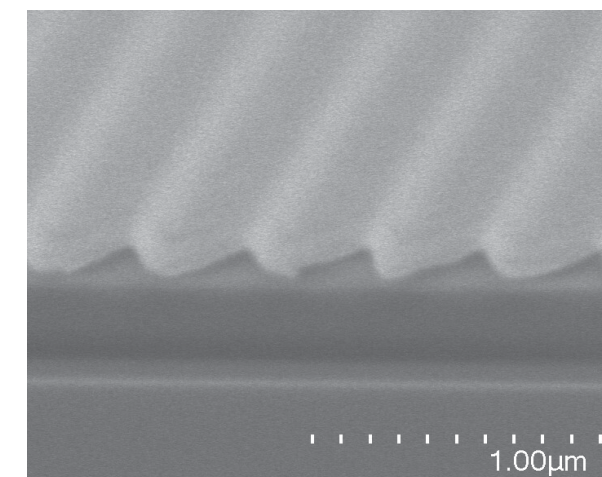


レジストマスター
を用いたNIL工程

複雑な2次元構造をもつナノインプリント用
マスターモールドをマルチビーム電子線描画
で作製することは極めて困難

😞 複数回露光と正確な位置合わせ
シビアなエッチング条件

グレーマスク電子線描画を用いてポリマーのマ
スターモールドを実現する方法を開発



T. Amemiya and T. Maekawa,
patent PCT/JP2025/015311

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	□ 単層フルカラーARガラス(本技術)の設計が完了	JST戦略的創造研究推進事業CRESTに採択 2024-2029(JPMJCR24R1)
現在	□ グレースケール電子線露光により作製したポリマーマスターの開発を推進中	• JST戦略的創造研究推進事業CREST 2024-2029(JPMJCR24R1) • 化学メーカーと共同で素材開発
1年後	□ グレースケール電子線露光により作製したポリマーマスターを用いたNIL工程の確立	• JST戦略的創造研究推進事業CREST 2024-2029(JPMJCR24R1) • 化学メーカーと共同で素材開発
3年後	□ 本技術を用いたARガラスのプロトタイプを実現	• JST戦略的創造研究推進事業CREST 2024-2029(JPMJCR24R1) • ARガラスメーカーへの展開
5年後	□ 市場導入	• 大型国家プロジェクトに申請 • ARガラスメーカーとともにARガラス用クリーンルーム設備工場を設立

企業への期待

- フォトマスクの製造技術を有する企業との共同研究を希望。
- ARグラスの開発を行っている企業、サイバーフィジカルシステム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

- 大学としては国内有数のクリーンルーム設備群を所持。本技術の導入にあたり、ARグラスの作製等に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。
- 各種ARグラスのデザイン、ソフトウェアによる解析を含めた技術指導等。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : A R グラス用のレンズ及び A R グラス
- 出願番号 : 特願2024-179482, PCT/JP2025/015311
- 出願人 : 東京科学大学
- 発明者 : 雨宮智宏、前川永遠

お問い合わせ先

東京科学大学 (Science Tokyo)

産学共創機構技術プロモーション室

T E L 03-5734-3817

e-mail consult@cim.isct.ac.jp