



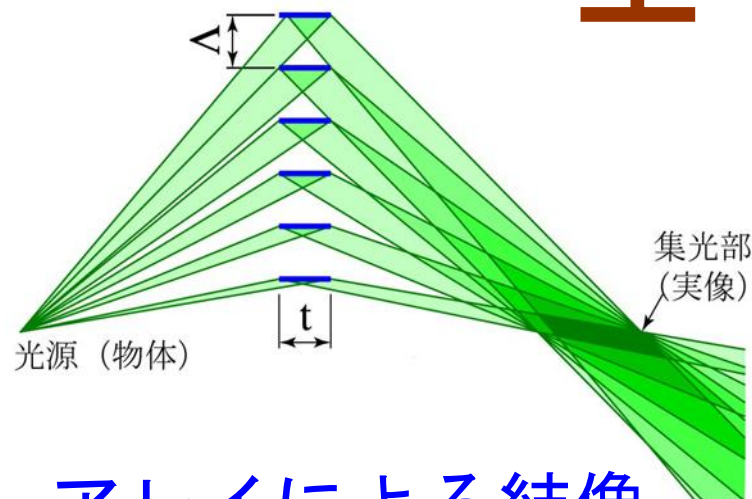
https://www.riken.jp/pr/closeup/2024/20240209_1/index.html

低ゴースト・高効率・低コストの 空中ディスプレイとプリズムアレイ

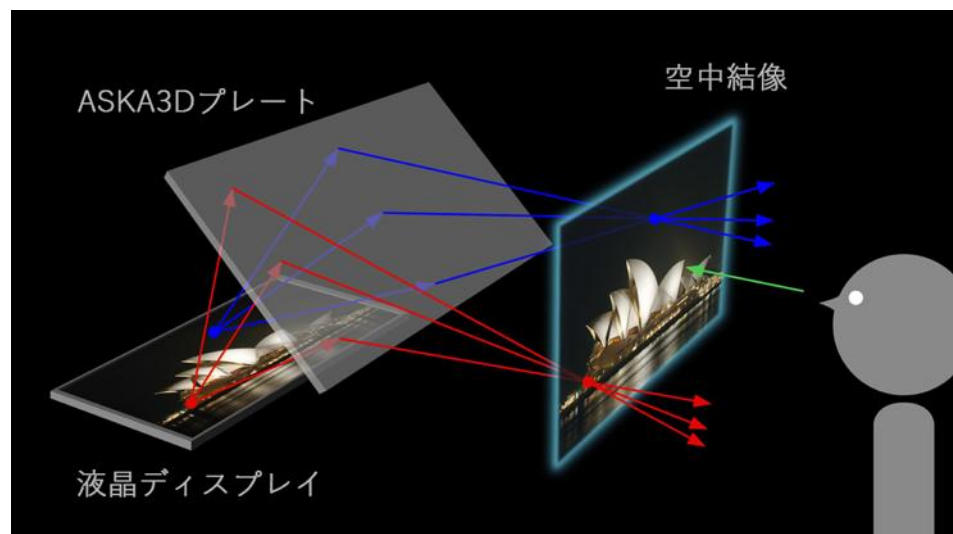
理化学研究所 光量子工学研究センター 先端光学素子開発チーム
研究員 海老塚 昇

2025年6月3日

空中ディスプレイの原理

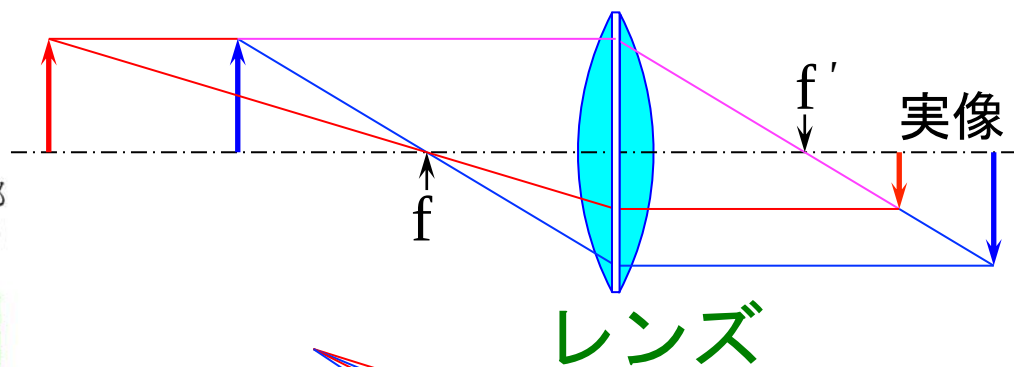


ミラーアレイによる結像

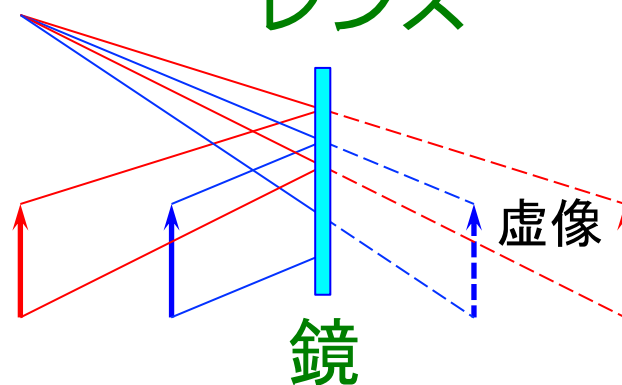


ミラーアレイを直交すると
空中に実像を結像できる。

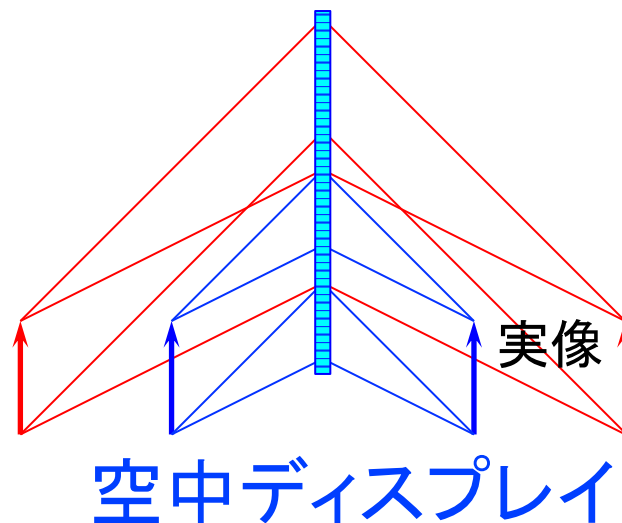
アスカネットホームページ:
<https://www.asukanet.co.jp/contents/product/aerialimaging.html>より



- 実像を結像する。
- 物体との距離によって像の倍率が変わる。



虚像が見えるが、実像を結像しない。

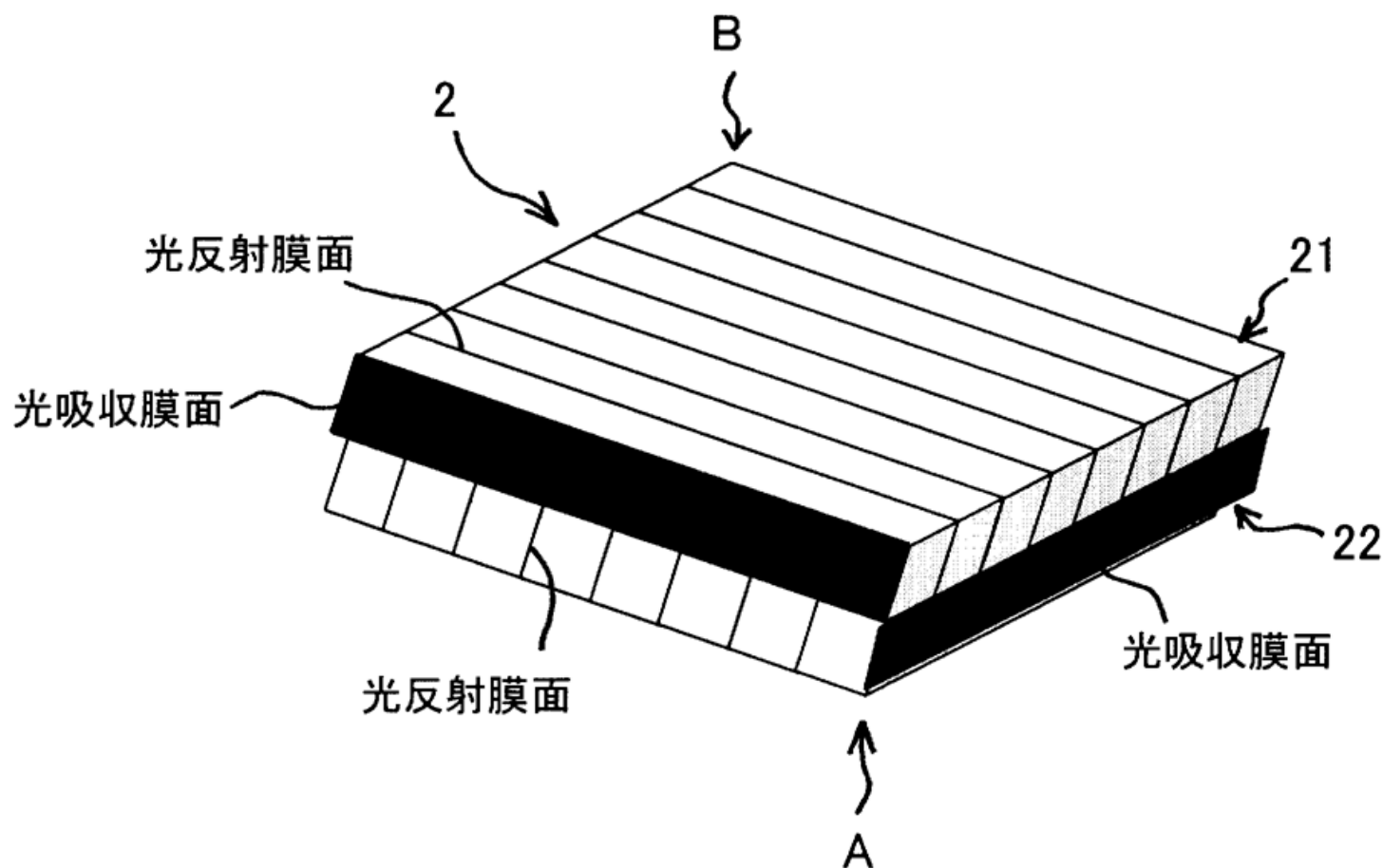


- 実像を結像する。
- 物体との距離によって倍率が変化する。
- スクリーンから離れるほど像がぼやける。

情報通信研究機構ホームページを参照:
<https://www.nict.go.jp/publication/NICT-News/0612/research/index.html>

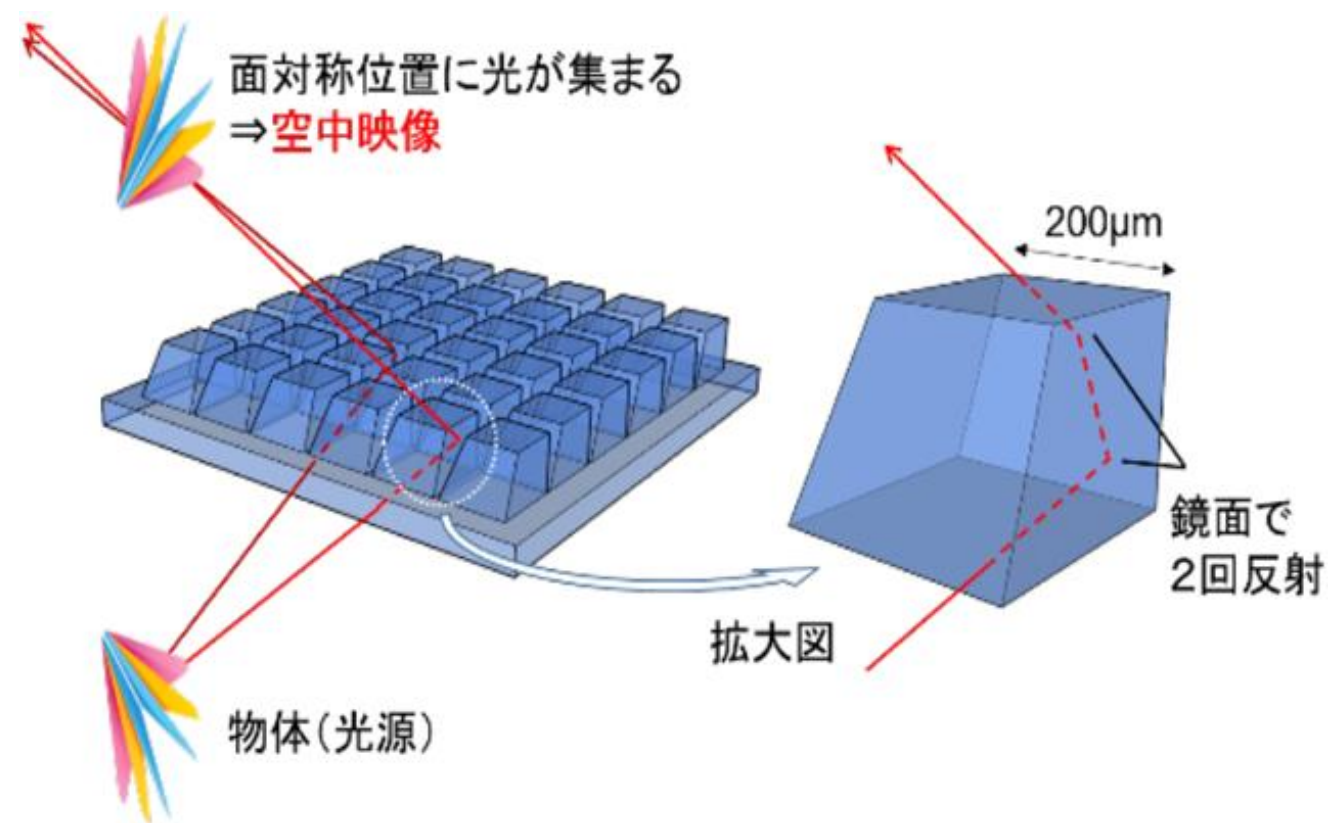
従来技術の空中ディスプレイ

空中ディスプレイとして、直交ミラーアレイや2面コーナーリフレクターアレイが実用化されてる。



直交ミラーアレイ

パイオニア特開2011-081309より



2面コーナーリフレクターアレイ

情報通信研究機構ホームページ:

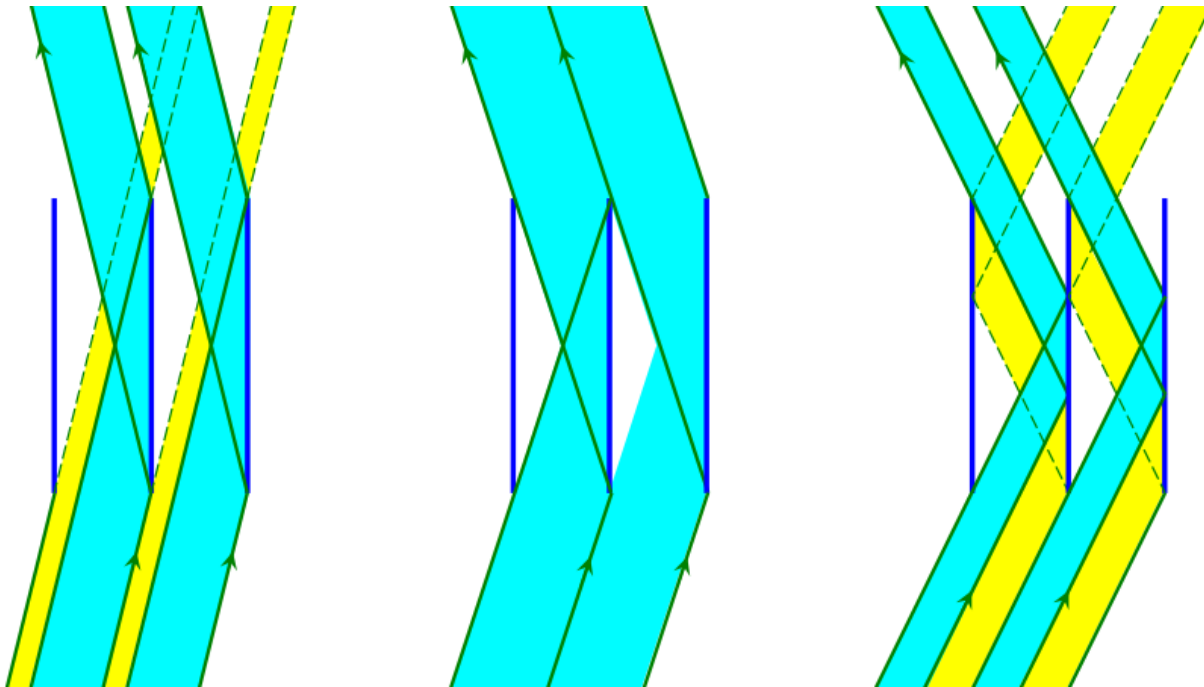
<https://www1.nict.go.jp/out-promotion/other/4otfsk000025qfsi-att/parity.pdf>より



直交ミラーアレイの空中ディスプレイ

従来技術の問題点 1

- ・従来の空中ディスプレイは光束を全て反射することができず、直交する一方の面で1回反射し、他方を直進あるいは2回反射しすると、空中像(実像)の両側にゴーストとして現れる。
- ・ゴーストが明るく、実像が暗い。



入射角が小さい光束や大きい光束の一部(黄色)がゴーストになる。



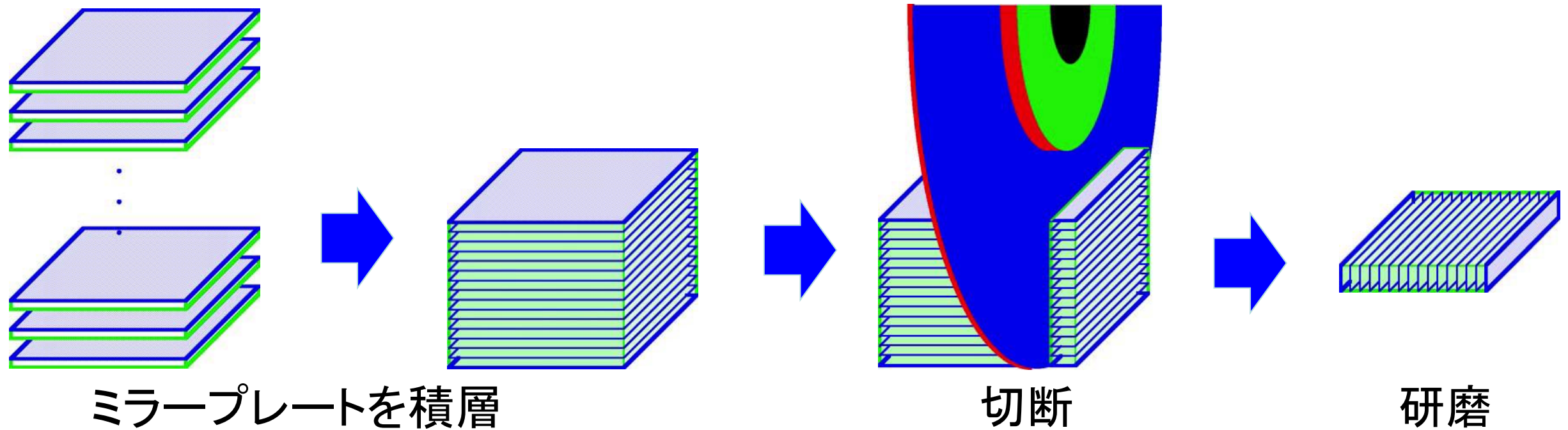
モニタとスクリーンが近いとゴーストが実像と重なってしまう。



モニタとスクリーンが近いとゴーストが実像と重なってしまう。

従来技術の問題点 2

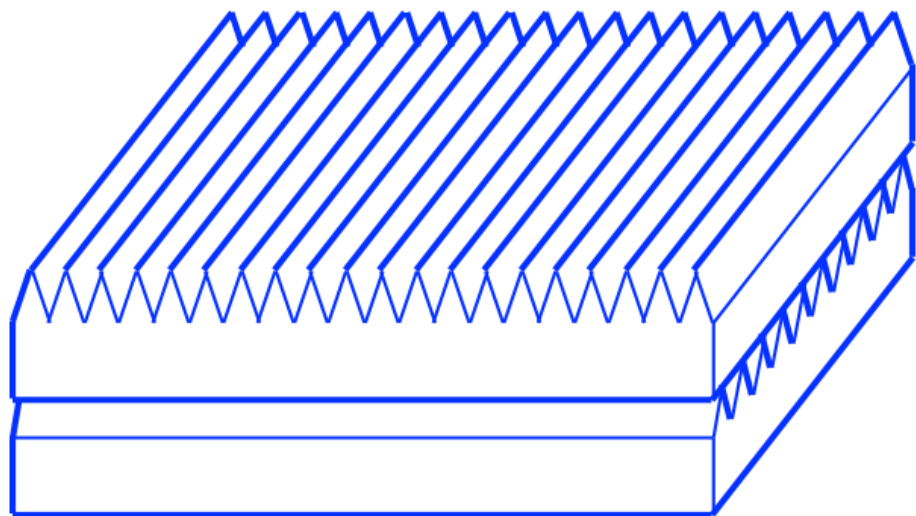
ミラーアレイは製造工程が多く、2面コーナリフレクターは金型の製作費やミラーコート工程のコストダウンが困難である。



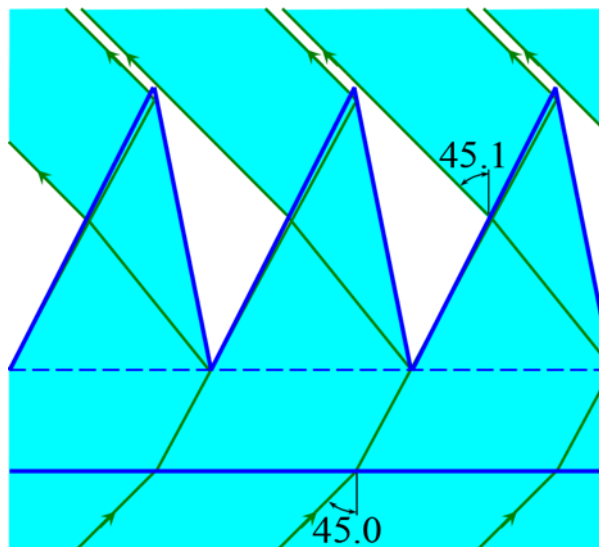
ミラーアレイの製造工程

新技術の空中ディスプレイの特徴

プリズムアレイタイプの空中ディスプレイは全反射を利用するために光束の利用率が高く、ミラーアレイタイプ等の問題点であった、ゴーストの影響が少ない。



プリズムアレイタイプの
空中ディスプレイ



光の利用率が高く、
ゴーストが弱い。

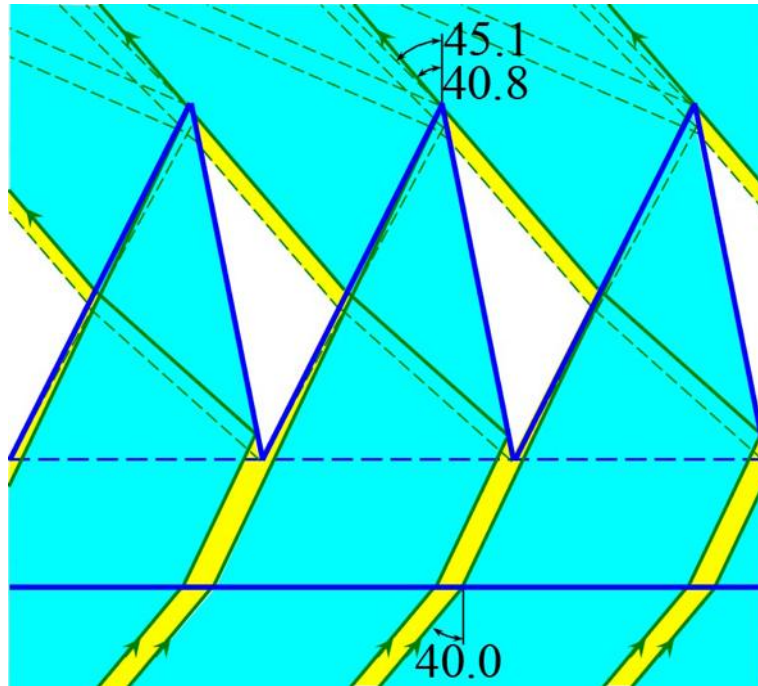


モニタとスクリーンが近くても
ゴーストが現れない。

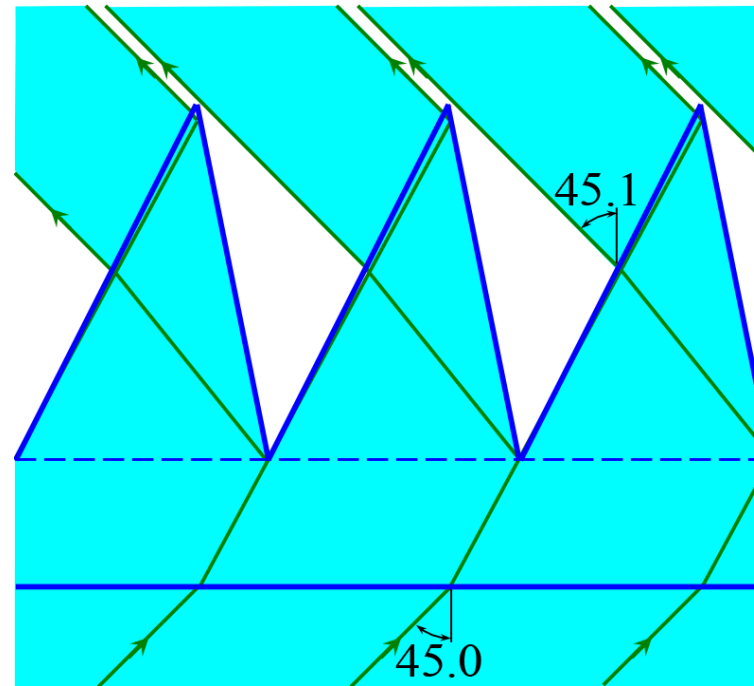


新技術の空中ディスプレイはモニタとスクリーンが近くてもゴーストが現れない。

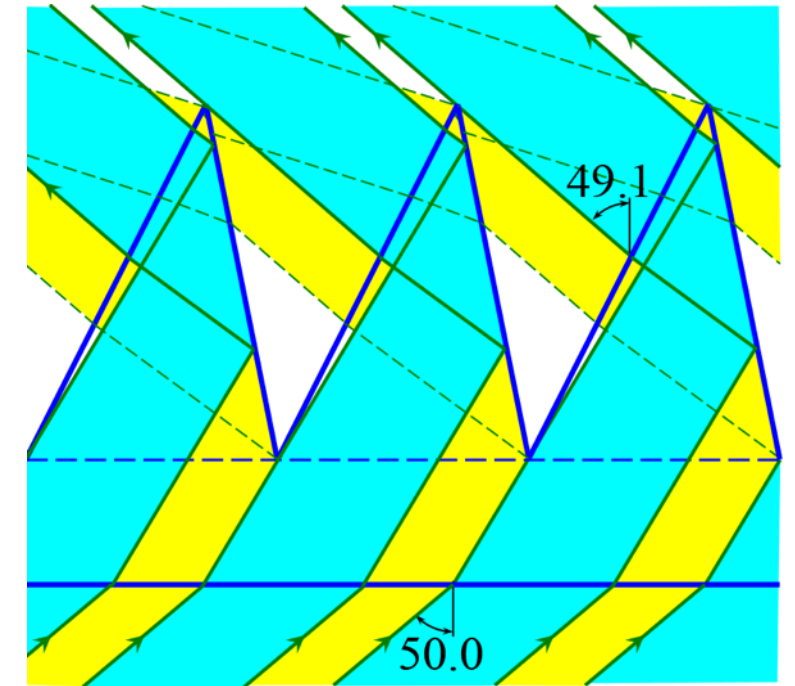
プリズムアレイタイプの光の利用率とゴースト



入射角 40° : 実像の近くと離れた位置に弱いゴーストが現れる。



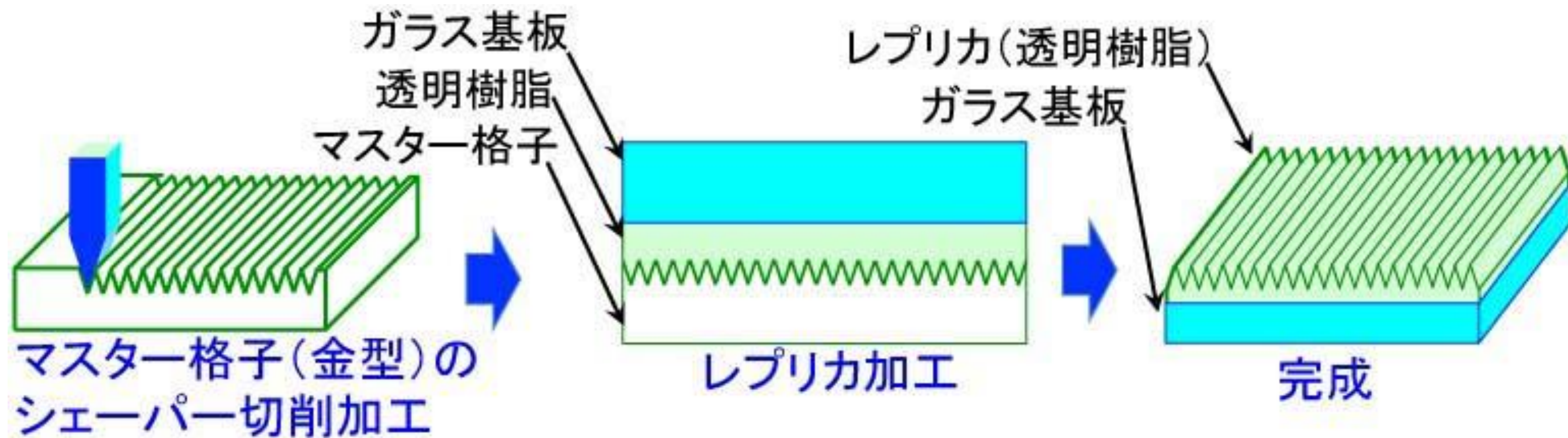
入射角 45° : 光の利用率が最も高く、ゴーストが生じない。



入射角 50° : 光の損失が大きく、実像から離れた位置にゴーストが現れる。

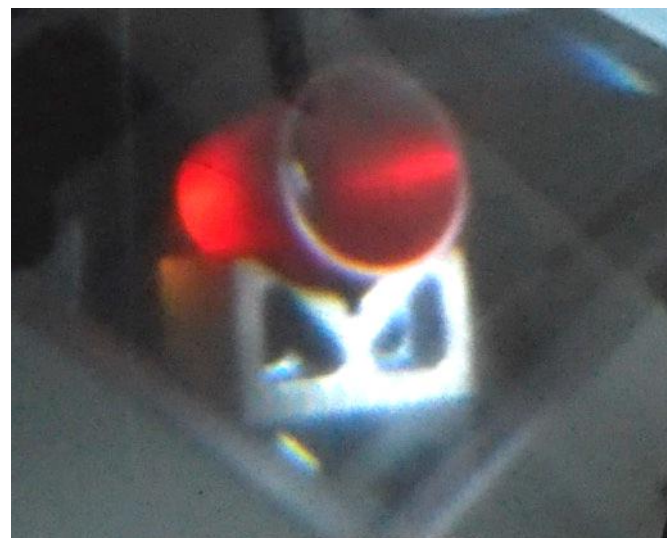
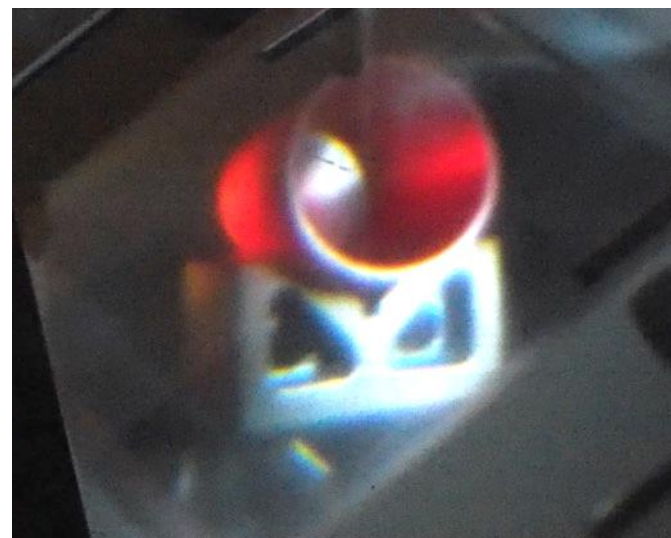
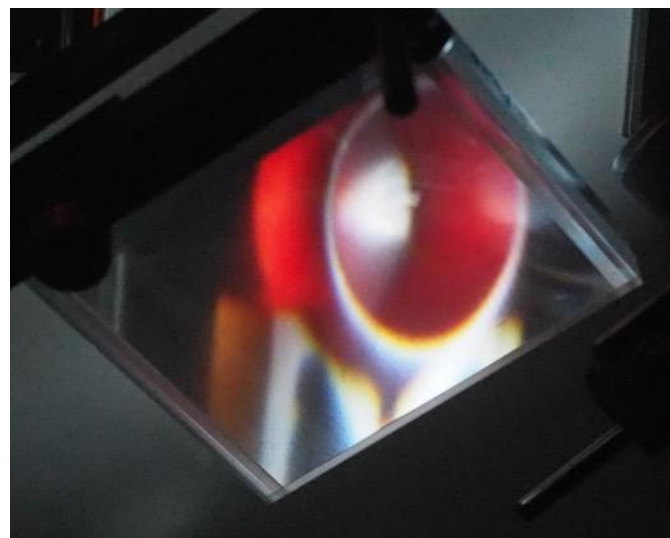
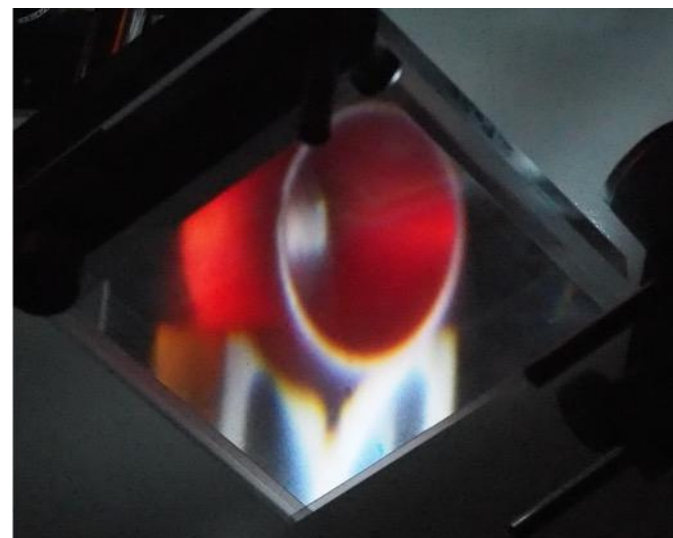
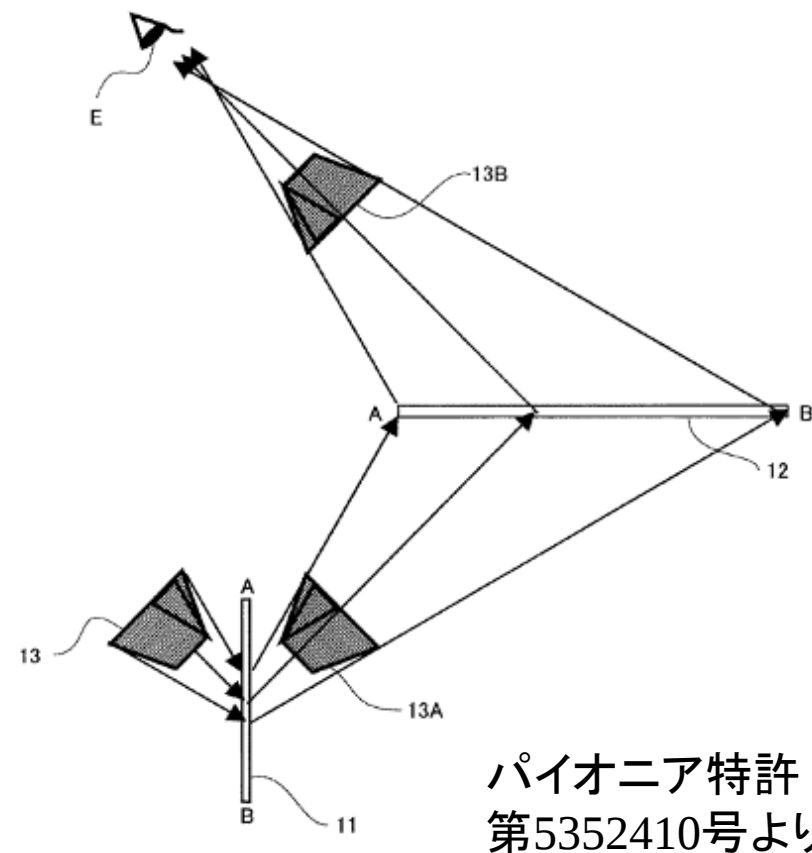
新技術の特徴・従来技術との比較

プリズムアレイタイプはホットプレスやロールプレスにより量産でき、ミラーコートが不要であるため、製造コストを1/3～1/10程度まで削減でき、大型化が容易であることが期待される。



空中ディスプレイの想定される用途

- 空中ディスプレイおよび、空中タッチパネル。
- 2段使用(右図、下図右の組)により、**立体映像の投影**が可能。プリズムアレイタイプは物体と近接できるので小型化が可能。
- 絵画や彫刻の展示やインテリア。



空中スクリーン1段使用。

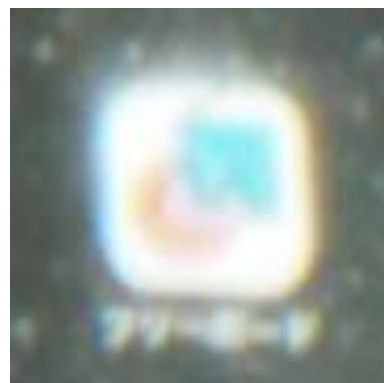
交差法

空中スクリーン2段使用。

従来と新技術の空中ディスプレイの得失

従来技術

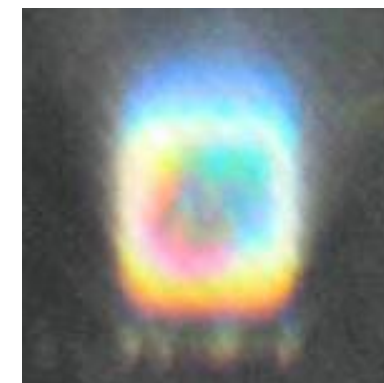
- ・ ゴースト(下図左)を避けるためにモニタと空中映像スクリーンとの距離が必要。
- ・ モニタとスクリーンが離れると解像度が低下する(下図右)。
- ・ 像が暗い。
- ・ 像が歪まない。
- ・ 製造コストが高い。



モニタと空中映像スクリーンが近い場合(左)と離れた場合(右)。

新技術

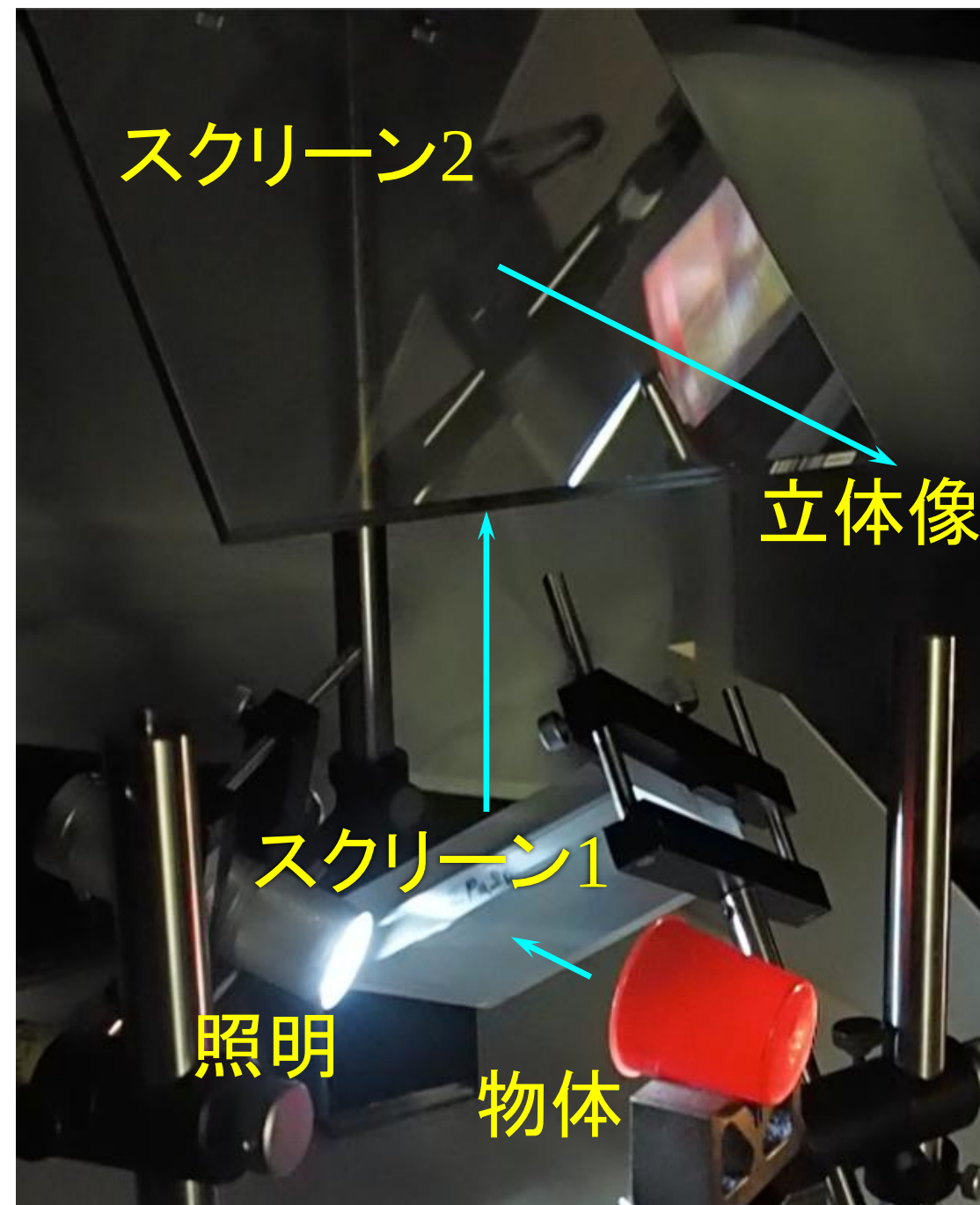
- ・ モニタと空中映像スクリーンを近接できる(下図右)。
- ・ モニタとスクリーンが離れると解像度が低下し、色分散が大きくなる(下図右)。
- ・ 像が明るい。
- ・ 視野の周辺で像が歪む。
- ・ 製造コストが低い。



モニタと空中映像スクリーンが近い場合(左)と離れた場合(右)。

実用化に向けた課題

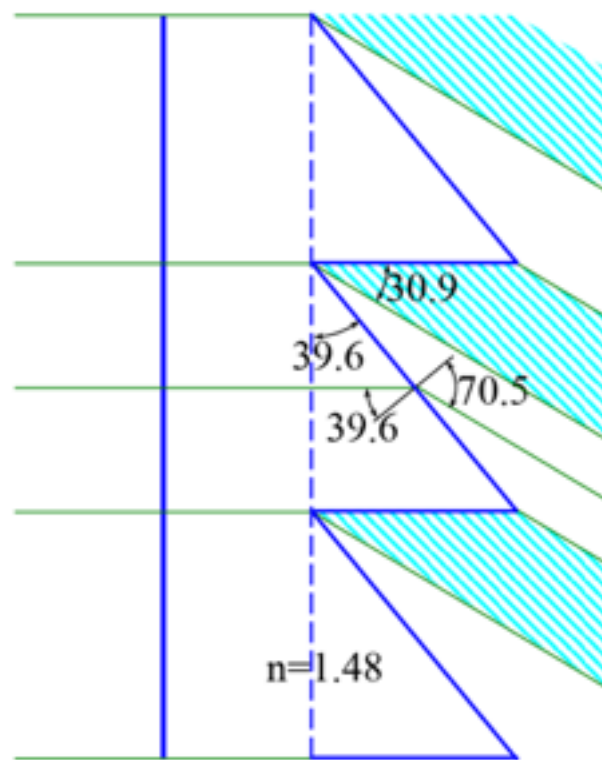
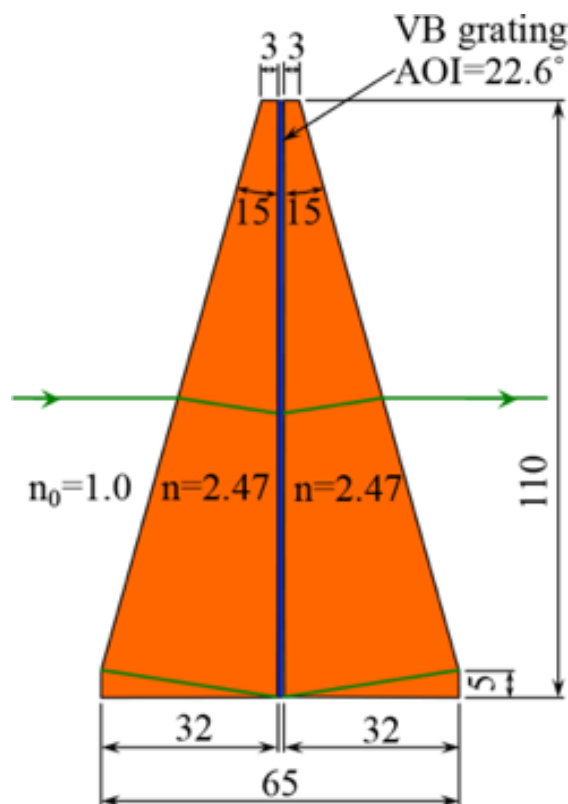
- ・ 像の周りに現れる弱いフレアの原因究明と対策。
- ・ より広い視野と色収差が少ない格子形状の探求。
- ・ 物体や立体映像を投影する2段空中スクリーン(右図)の最適化。
- ・ 金型製作とホットプレスやロールプレス等による加工技術の確立。



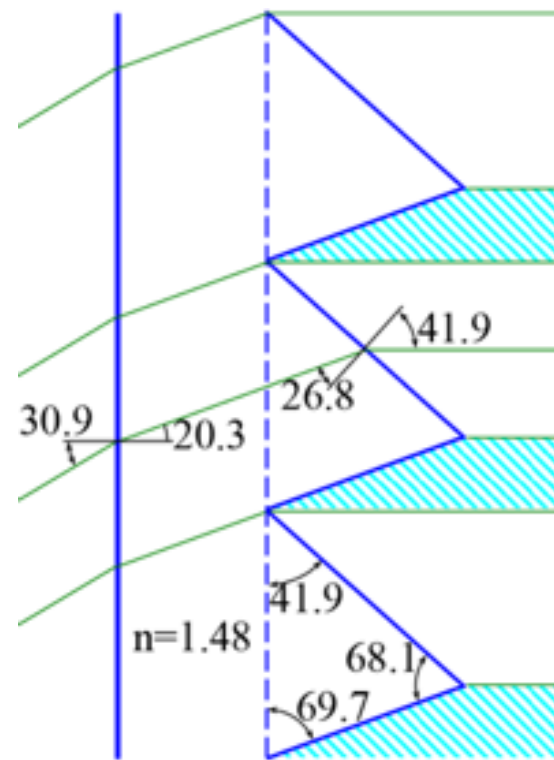
立体映像が投影できる2段空中ディスプレイ

従来技術プリズムとの比較

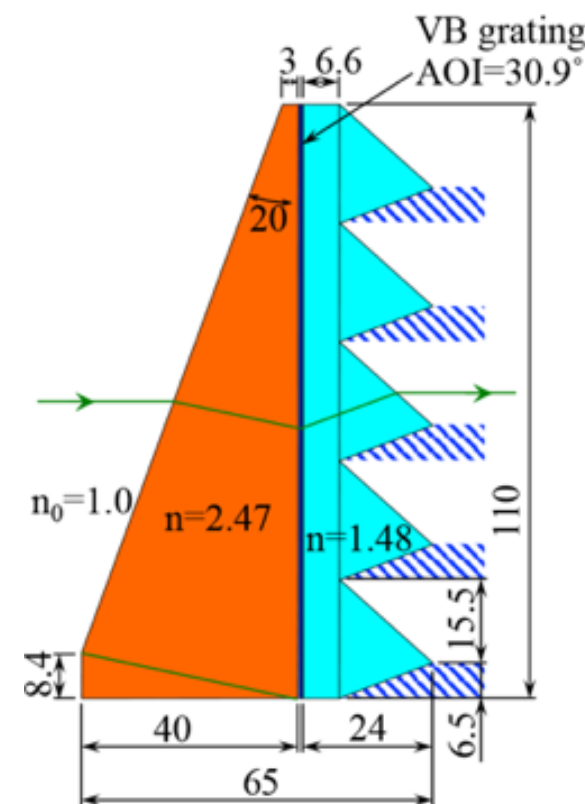
光学系の限られたサイズにおいてグリズム（直視回折格子）の波長分解能（角度分散）を大きくすることができる。



入射側用



出射側用



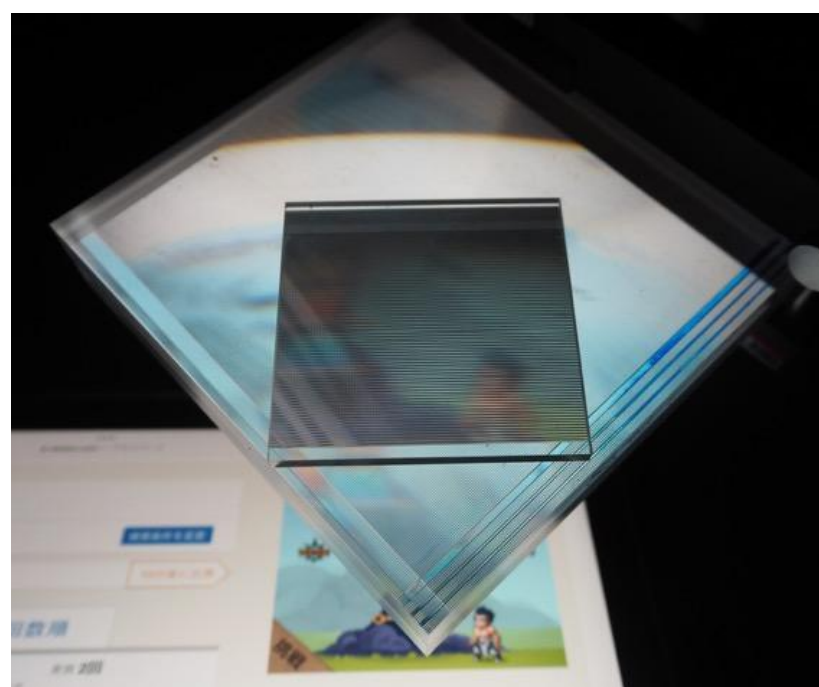
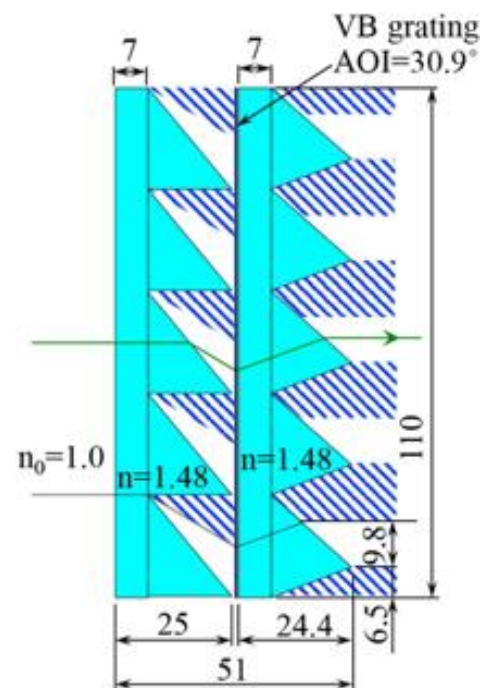
$R=5,000 > 4,600$

出射側用プリズム
アレイを採用。

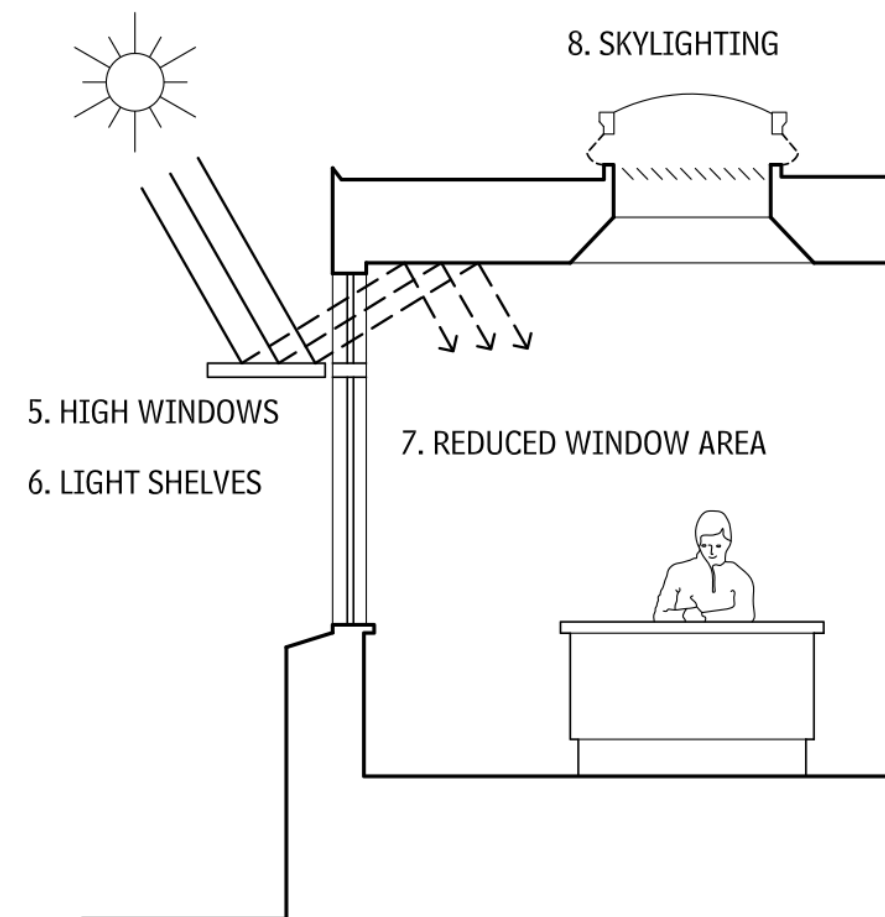
$R=3,500 < 4,600$ (目標)

従来技術

プリズムアレイの想定される用途



空中ディスプレイの視線の偏向。プリズムアレイタイプと出射用との組合せ。



外光導入(天井照明)等のエクステリア。

<https://www.graphicstandards.com/2019/02/13/daylighting/>

プリズムアレイの実用化に向けた課題

- 透過波面および近赤外線透過率の向上のためのガラス基板上のプリズムアレイ製作方法の開発。
- 金型製作とホットプレスやロールプレス等による加工技術の確立。

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	▪ 基本設計、試作が完了 ▪ 原理実証試験、性能評価がほぼ完了。	
現在	▪ 最適なプリズムアレイ形状の決定。 ▪ 像周辺フレアの原因調査、対策法の検討。	共同研究先の企業を調査。
3ヶ月後	▪ 最適形状のプリズムアレイタイプ空中スクリーンを試作。	理研の内部資金に応募し研究資金獲得。 企業との特許使用、共同研究契約を締結。
6ヶ月後	▪ 試作品の性能評価。 ▪ 量産化に向けた金型の試作、ホットプレス試験。	産学官共同研究の外部資金に応募
1年後	▪ 量産技術の確立。	産学官共同研究の外部資金獲得。
2年後	▪ 製品化。	

企業への期待

- 格子形状の最適化や新しい用途の開発に関する共同研究。
- 光線追跡ソフトの共同開発。
- 物体や立体映像を投影する2段空中スクリーンの共同開発。
- 絵画・彫刻の展示やインテリア等として、空中ディスプレイの検討。
- 外光取込み（天井照明）用窓としてのプリズムアレイに関する共同研究。

企業への貢献、PRポイント

- エンボス加工等と同様に、ホットプレスやロールプレスの導入により、**従来の数分の1程度のコスト**で、量産と大型化が可能。
- 本技術の導入にあたり目的の機能や性能が得られるか、シミュレーションおよび、実証実験による性能評価が可能。
- 本格導入にあたって、設計手法、性能評価等の技術指導を実施可能。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 空中像表示装置
 - 出願番号 : 特願2024-123459
 - 出願人 : 理化学研究所
 - 発明者 : 海老塚 昇、他
-
- 発明の名称 : グリズム
 - 出願番号 : 特願2024-096885
 - 出願人 : 理化学研究所、自然科学機構
 - 発明者 : 海老塚 昇、他

産学連携の経歴

- 2022年- 精密光学素子メーカーと共同研究を実施。
- 2020年-2021年 照明機器メーカーの受託研究を実施。
- 2019年-2021年 JST, A-Step 事業に採択。

お問い合わせ先

株式会社理研イノベーション
新技術説明会事務局

Email: license-contact@innovation-riken.jp