

ARVR 資料集第三弾 抜粋編

XR 光学系技術動向と
注目プレイヤーロングリスト
～素材の活きる道を探る～

2024年3月29日

(有)カワサキテクノリサーチ

企画・編集協力：テック・アンド・ビズ（株）

① XR 光学系技術動向レポート

内容

1.	はじめに	1
2.	AR/VR/MR デバイスの技術課題	5
3.	XR 関連光学系の開発動向	6
3.1.	VR デバイスの光学系	6
3.1.1.	フレネル(Fresnel) レンズ光学系	7
3.1.2.	パンケーキ (Pancake) レンズ光学系	9
3.1.3.	ホログラフィック光学系の導入	10
3.2.	AR 光学系	12
3.2.1.	reflective waveguide	14
3.2.2.	surface relief grating (SRG) waveguide	15
3.2.3.	holographic waveguide	17
3.2.4.	pin mirror 光学系	18
3.2.5.	その他の方式	19
3.2.5.1.	網膜投影	19
3.2.5.2.	ホログラムコンタクトレンズ	20
4.	おわりに	21
	(参考資料)	22
	車載 HUD(Head up Display) 光学系	22

まず、AR (Augmented Reality) は、現実空間の中にデジタル情報を重ね合わせて拡張することにより新たな感覚を与える。更にそのデジタル情報を融合するレベルまで広げているのが MR (Mixed Reality) である。他方、VR (Virtual Reality) は仮想 (Virtual) 空間に没入する感覚を与える。そこに現実空間の情報を付加/融合させることにより MR のレベルまで引き上げるアプローチが検討されている。

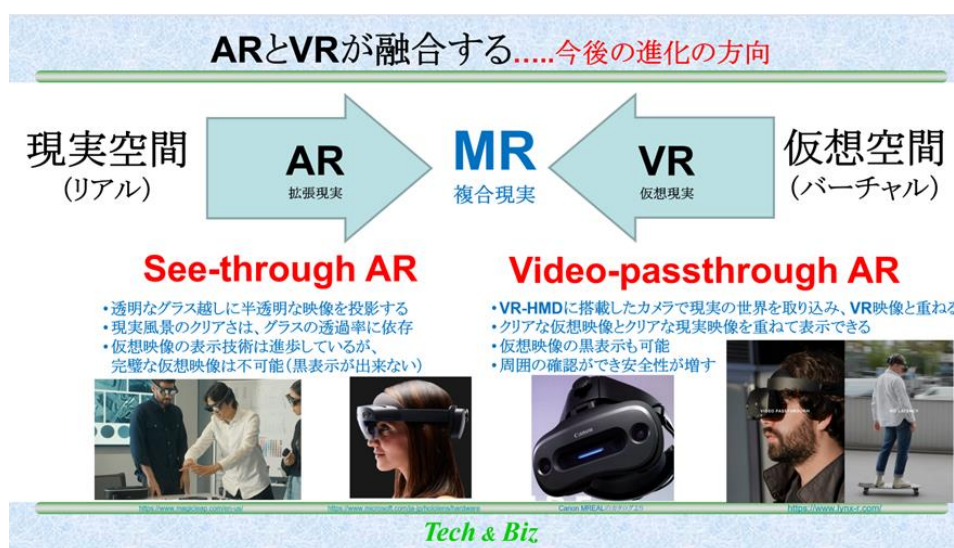


図2 AR と VR の融合スキーム

((有) カワサキテクノロジーリサーチ/テック・アンド・ビズ (株)、「AR/VR/MR 機器の技術と関連部材【第二弾】～Apple Vision Pro が示すデバイスと材料の発展方向～」、
2023/11/30)

つまり、AR および VR という二つの方向から現実空間と仮想空間情報の融合した新たな展開が MR として今展開されつつある状況である (図 2)。2023 年は MR 元年であったとも言われており、MR 化が益々広がると想定される。

3.1.2 パンケーキ（Pancake）レンズ光学系

第2世代として登場したのが、パンケーキレンズ光学系である。この光学系の最大のメリットは、光学系の更なる小型化の推進である。図7にパンケーキ光学系の原理図を示す。フレネルレンズ光学系が、レンズの肉厚を薄くすることにより光学系の小型化を図っているのとは違って、パンケーキレンズ系は光学系路を折りたたむ（反射させる）ことにより、小型化を図っている。これにより大幅にディスプレイ（実像）と眼の距離を縮めることが実現されている。また、フレネルレンズに見られる解像度の劣化の抑制や視野角（Field of View ; FOV）の拡大も可能となり、既に多くのデバイスにこの光学系が導入されている。直近では今年2月に発売された Apple Vision Pro もこの光学系を採用している。また、各社樹脂レンズを採用して軽量化/コストダウンを図っている。

しかし、この光学系の弱点としてはビームスプリッター(BS)を介在させる必要があり、通過時に半分の光量を失うことになる。2回のBS通過に伴い、少なくとも元の光量は、 $50\% \times 50\% = 25\%$ 以下の光量しか利用できないという欠点を併せ持つことになる。これを補償するためにディスプレイの高輝度化や消費電力増を含めた課題がある。

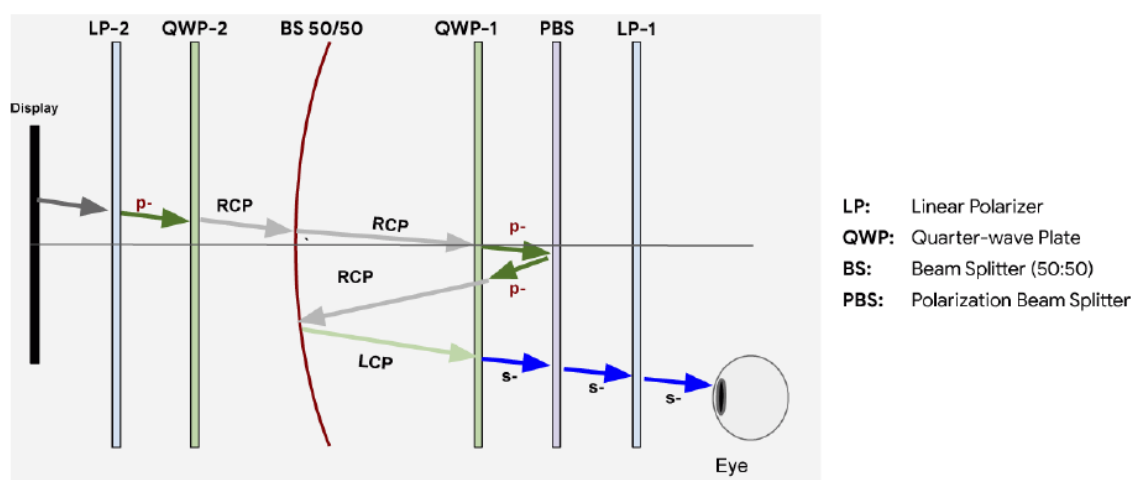


図7 パンケーキレンズ（光学系）の偏光光学

(Ozan Cakmakci, Yi Qin, Peter Bosel, and Gordon Wetzstein, "Holographic pancake optics for thin and lightweight optical see-through augmented reality," Opt. Express 29, 35206-35215 (2021))

3.2.2 surface relief grating (SRG) waveguide

回折光学系を利用した waveguide combiner が、各所で既に上市・展開されている (図 13)。この方式の特徴は、上記の反射タイプと比較して、圧倒的に導光板サイズを薄くすることができることである。つまり、ディスプレイから導入した光を一旦 surface relief grating で回折させ、実空間 (real space) から逆格子空間 (reciprocal space) に変換することにより薄層 waveguide 中を伝搬することが可能になる。技術の詳細は別に譲るが、最大の課題である小型化に大きく貢献できる可能性が高い。

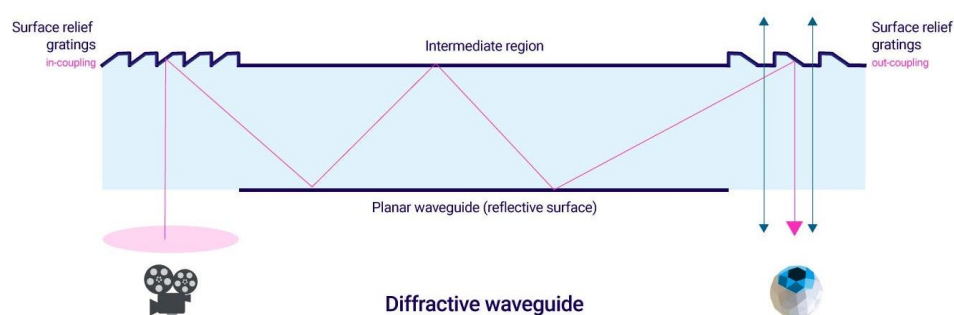


図 13 surface relief grating (SRG) タイプの waveguide 構成 (図 12 に同じ)

このタイプの waveguide の特徴として、伝搬する光は coherent (可干渉) な事が必要条件である。図 14 に光源としてのレーザーダイオードと LED の違いを例示する。今後、AR デバイスに搭載可能なレーザーの開発により、より高効率な光学系の形成が可能になると考えられる。

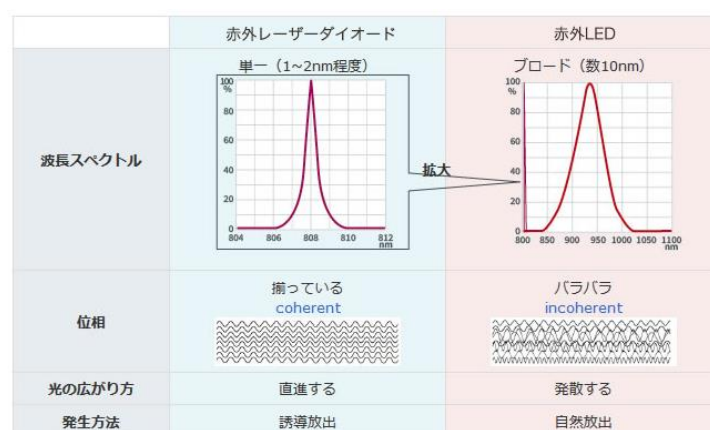


図 14 レーザーダイオードと LED の違い

(Rohm ホームページ、https://www.rohm.co.jp/electronics-basics/laser-diodes/ld_what1)

② -1 注目プレーヤーロングリスト

②-1 注目プレーヤーロングリスト

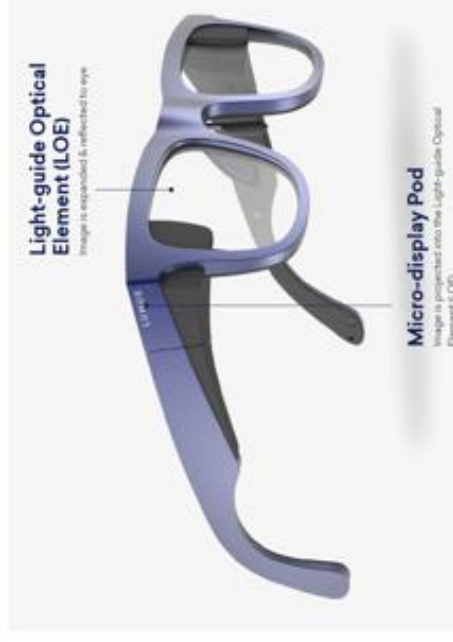
大分類	中分類
1 : ARグラス	1 : デバイス開発
2 : ARHUD	2 : 部品開発
3 : その他	3 : デバイス製造
	4 : 部品製造
	5 : その他

[illegible]

②-2 ロングリスト対応プレーヤー個票

1 Lumus (イスラエル)

KTR



Lumus reflective waveguide-based optical engines consist of a micro projector and a reflective waveguide

The projector itself is comprised of a micro-display (LCoS, OLED, Laser or Micro-LED) that generates the virtual image and a collimating optics module that collimates the image toward the waveguide's entrance aperture.

Lumus has developed a top tier supply chain with partners around the world who ensure the highest quality at the lowest cost.



反射型Waveguide方式を採用するAR光学系を開発。既に自動車のHUD技術を採用した車両販売実績あり。航空業界では、パイロット用ヘッドセットを開発。軍事分野においても戦闘機のヘルメットディスプレイなどに利用。



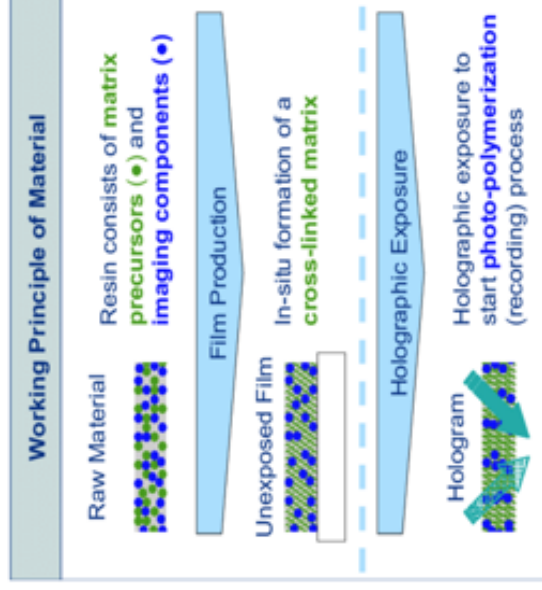
11 October 2022

All-around view of 3D image objects that appear to float in space

Photopolymer film for next-generation AR displays

Bayfol® HX is used in Sony's prototype 360-degree holographic display

Bayfol® フィルムの特別な強度には、高い耐薬品性、耐スクラッチ性、良好な成形特性が含まれます。異なる機能を備えたカスタマイズされたソリューションを提供するエンジニアリング熱可塑性フィルム。Bayfol® HX 特殊フィルムには、産業用ホログラムフィーで使用するフォトポリマーが含まれています。



自社ブランドのホログラムを開発・製造し、すでにAR-HUD向けに展開している。

60 Celid (セルイド) (日本)

KTR



WaveguideとMicro Projectorを組み合わせたモジュール
組み合わせて使用することでそれぞれのスペックを最大限引き出し、
ARグラス開発を効率化できます



ウェイブガイド

FOV60°を達成した薄型のシースルーディスプレイ。AIとナノテクノロジーを用いた独自の設計により、広視野角、高効率、高解像度を実現しています。

FOV(視野角)	60度
厚さ	0.7mm
重さ	6.9g



マイクロプロジェクター

FOV60°を達成した超小型のプロジェクター。AIを用いた独自の設計により、小型でありながら高解像度を実現しています。

発光タイプ	uLED
サイズ	0.9cc
解像度	1280×720p
輝度 (明るさ)	2.0M nits
重さ	1.7g

<https://celid.com/hardware/>

カワサキテクノロジー

117 ナルックス (日本)

KTR

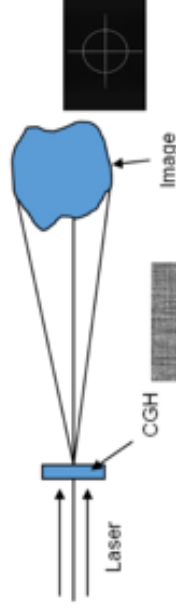
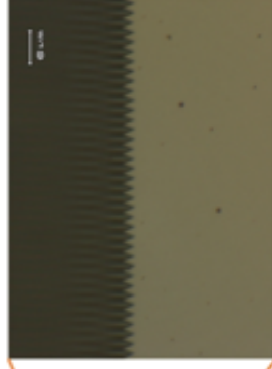
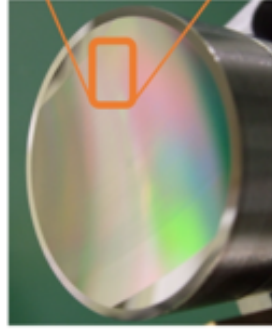
NALUX

超高精度プラスチック・ガラス
光学部品メーカー



製品情報

- マイクロレンズアレイ → ガラス光学素子 → 回折光学素子 →
- 赤外向け樹脂光学素子 → 自由曲面光学素子 →
- 超精密・表面微細加工 → レンズユニット・光学モジュール →
- 導光板・導光棒 →



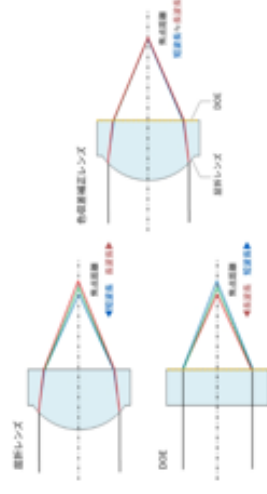
計算機合成ホログラム (CGH, Computer-Generated Hologram)

ナルックスの回折光学素子の特徴

- ・ナルックス独自開発の設計ソフトによる最適なCGH形状設計、提案
- ・ブレード形状（鋸歯形状）や階段形状など多様な形状の回折格子の設計・量産が可能
- ・マルチレベル（多段）パターン設計・加工が可能
- ・製品の両面にパターン加工可能
- ・石英の直接加工によるDOE作製の他、樹脂成形によるDOE量産対応
- ・光学機能である分光比や回折効率を自社開発の測定器で測定し、品質を保証

DOEを用いることができるアプリケーション例

- ・アミューズメント機器、家電、医療機器、自動車、ロボットなど
（→ モーションキャプチャー、VR/AR等へのDOEの適用）
- ・レーザー加工装置、通信系製品に用いられるビームシェーパやスポットジェネレータ、および分光器などへの適用
（→ ビームシェーパやスポットジェネレータ、分光器等へのDOEの適用）



模式図：DOEによる色収差補正

XR光学技術動向と注目メーカーロングリスト ～素材の活きる道を探る～

(有) カワサキテクノロジーリサーチ

発行：2024年3月29日

レポート構成

本調査は、XR関連動向レポートと注目プレーヤーロングリストで構成されています。
※関連の深堀調査については別途対応可能です。

① XR光学技術動向レポート (30頁程度：pdf形式)

1. はじめに

メタバースと称される3次元仮想空間や、そこで盛り込まれる様々なサービス（体験）が、昨今注目されているのは周知のとおりである。そして、このメタバース体験のドライビングフォームとなっているのが、近年の高速通信の進歩やスマートフォンに代表される人とデジタル技術の強い結びつきである。ここでは、従来のフラットディスプレイを超えたより深い相互関係が期待される領域が、今さらに加速されようとしている。そして AR/VR光学デバイスは従来の2次元ディスプレイから3次元の体験を具現化する技術として、世界各地で研究・開発が進められている。

これらのAR/VR光学（総称してXRとも書かれる）デバイスは、それぞれ技術的な特徴から図1に示すように大別される。ここでは、視覚空間とデジタル（仮想）空間の重みづけや両者の融合度合いによって、呼称が変化することとなる。実際にこれらが適用されるアプリケーションによって、デバイスの選択が変化していくものと想定される。



図1 AR, VR, MRの位置づけ
(国土交通省「最先端 ICT (VR/AR等) を活用した観光コンテンツ活用に向けたナレッジ集」平成31年3月、<https://www.mlit.go.jp/common/001279566.pdf>)

3.2.2 surface relief grating (SRG) waveguide

図13光学系を利用した waveguide combiner が、各所で既に上市・展開されている (図12)。この方式の弊害は、上記の反射タイプと比較して、自然に偏光板が必要となることである。つまり、ディスプレイから入射した光を surface relief grating で反射させ、視覚空間 (real space) から透過空間 (virtual space) に変換することにより、偏光 waveguide 中を伝搬することが可能になる。技術の成熟は図13に示すが、最大の課題である小型化に大きく貢献できる可能性が高い。

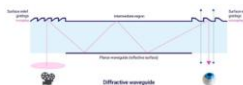


図13 surface relief grating (SRG) タイプの waveguide 構造 (図12と同様)

このタイプの waveguide の特徴として、伝搬する光は coherent (可干性) な事が必要条件である。図14に光源としてのレーザーダイオードとLEDの違いを解説する。今後、ARデバイスは偏光可能なレーザーの開発により、より高品質な光学系の形成が可能になると考えられる。

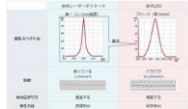


図14 レーザーダイオードとLEDの違い
(Bosch セミナーページ、https://www.bosch.co.jp/electronics-basics/laser-diodes/led_vs_laser)

■既刊KTR資料集の内容を元にAR/VR光学系の技術変遷と最新動向を集約。



② 注目メーカーロングリスト (約100件/個々メーカー個票：エクセル形式/pdf形式)

No.	社名	代表者	主要製品/サービス	売上高 (億円)	従業員数 (億円)	主要技術/特長	販売先企業	HP	年次
1	Lumus	Ad Gidman	イスラエル AR, VRデバイス開発			反射型Waveguide方式を採用するAR光学系を開発。既に自動車用のHUD開発や航空宇宙分野での応用実績あり。航空宇宙では、パイロット用ヘッドセットを開発。軍事分野においても戦術的なヘルメットディスプレイなどに利用。	THALES, Augmedics, MedBion, Lenovo, ThielEdge	http://lumus.com/home/	2000
2	Wave Optics	David Hayes	UK ARデバイス開発			ARスマートグラスとヘッドセット用の光学系エンジンを開発。既に、航空、宇宙、防衛、スマートグラス、AR/VRの分野で実績あり。世界最大のスマートグラスサプライヤーの1つである。	SHOTT, Goertek, Corning, EVIS (航空・宇宙)	https://waveoptics.co/about/	2014
3	AGC	坪井 良典	日本 光学技術/ガラス製造			AR/VR向けの高品質なガラス製造技術により、航空宇宙、防衛、スマートグラス、AR/VRの分野で実績あり。世界最大のスマートグラスサプライヤーの1つである。		https://www.agc.com/products/electronic-optics/	
4	Vuoni	PAUL J. TRAVERS	US スマートグラス製造			AR/VR向けの高品質なガラス製造技術により、航空宇宙、防衛、スマートグラス、AR/VRの分野で実績あり。世界最大のスマートグラスサプライヤーの1つである。		https://www.vuoni.com/	1991
5	Optics	Jonathan Walden	US 次世代光学技術開発			AR/VR向けの高品質なガラス製造技術により、航空宇宙、防衛、スマートグラス、AR/VRの分野で実績あり。世界最大のスマートグラスサプライヤーの1つである。		http://www.optics.com/	2001
6	BOVAX	田中 寛	日本 インテリジェント加工製造技術			インテリジェント加工製造技術を用いたAR/VR光学系を開発。既に、航空宇宙、防衛、スマートグラス、AR/VRの分野で実績あり。世界最大のスマートグラスサプライヤーの1つである。		https://www.bovax.com/	2004
7	三波ケミカル	ジャン・マーク・ダニエル	日本 光学技術/ガラス製造			AR/VR向けの高品質なガラス製造技術により、航空宇宙、防衛、スマートグラス、AR/VRの分野で実績あり。世界最大のスマートグラスサプライヤーの1つである。		http://www.mitsuba.com/en/index.html	

■AR光学系を中心に 関連するプレーヤー を網羅。 ※対応する個票付き