東海大学紀要情報理工学部
Vol. 22, 2022, pp. 23-24
DOI: 10.18995/24352152.22.23

研究室紹介：情報通信用光結合素子と体積型 3D ディスプレイ

藤川　知栄美

Introductory Article: Optical elements for information communication and volumetric 3D display

by

Chiemi FUJIKAWA

(received Jan. 16, 2023 & accepted Jan. 17, 2023)

Abstract

Research on optical coupling devices aimed at application to optical interconnection / free-space optical communication, and volumetric 3D display systems giving a high sense of presence have been conducted in our laboratory. Polymer spot size converters on the end face of a fiber or a silicon chip were fabricated using self-written waveguide technology. 3D images projected our 3D display system can offer observation from universal directions without using special eyeglasses.

Keywords: optical elements, optical interconnection, free-space optical communication, polymer, volumetric, 3D display

1. はじめに

当研究室では，光インターコネクション／空間光通信への適用を目指した光結合デバイスと，臨場感の高い立体像を投影する体積型立体表示システムの，主に 2 つのテーマに関する研究を行っている．

2. 自己形成導波路技術を用いた光結合デバイス

近年のシリコンフォトニクス（SiPh）デバイスの製造技術の進歩に伴い，SiPh チップとシングルモードファイバ（SMF）との効率的な光結合方法が求められている．すなわち，SiPh チップ側のスポットサイズ 3～4 μm を SMF 側のスポットサイズ 8～10 μm に変換し，しかもサブミクロンの精度で正確にアライメントすることが必要となる [1]．

そこで研究室では，三上修元東海大学教授（現 マレーシア工科大学客員教授）が開発された光ピン技術を応用し，ファイバの先端に様々な形状の自己形成光導波路（Self-Written Waveguide: SWW）を作製し，SiPh チップと結合することを試みている [2), 3)]．SWW 技術は，光ファイバの先端に付着させた UV 硬化樹脂に光ファイバから出射する UV 光を照射することで，ファイバ端面から「つらら」のように自らの光で光導波路を成長（作製）する技術である．出射光強度が最も強いファイバ端面のコア中心部から樹脂の硬化が始まり，硬化した樹脂の屈折率は未硬化の状態に比べ高くなることを利用している．作製する光結合デバイスと光ファイバの光軸がアライメントフリーであることが SWW 技術の最大の利点と考えている．

各種の光ファイバの先端に作製した光結合デバイスの電子顕微鏡画像を図 1 に示す．光ファイバの先端に光硬化性樹脂を付着し，光ファイバ側から UV 光を照射することにより作製する．テーパの先端の直径，先端に作製したマイクロレンズの形状を制御することで，出射ビームのスポットサイズを制御できると期待している．

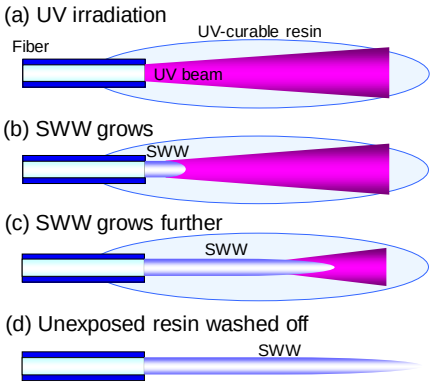
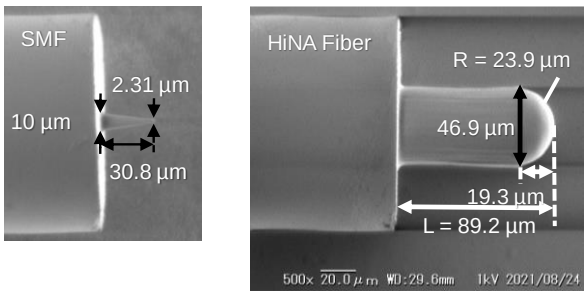


図 1 自己形成光導波路（SWW）技術



（a）テーパタイプ　　(b) マイクロレンズタイプ

図 2 SWW 技術を用いた樹脂製の光結合素子

また，研究室では，光結合デバイスの空間光通信への応用も検討している [4)]．災害時や地理的に光ファイバの敷設が困難な地域でのワイヤレス通信ネットワークの候補として，空間光通

＊　東海大学情報理工学部情報メディア学科

信に期待が寄せられている．光ファイバ通信と異なり大気中に光を伝搬させる空間光通信では，大気揺らぎの影響が大きな課題となっている．マイクロレンズを光ファイバ端面に作製することで，大気揺らぎによる受信光の強度変動の抑制を検討するとともに，図3に示すように東海大学湘南キャンパス内で約450 mでの実証実験を試みており，蓄積された3年間の光の受信強度のデータと気象条件との間の関係性を検討している[5]，



(a) 空間光通信装置の設置場所



(b) 3号館屋上から19号館を見た実際の様子

図3 湘南校舎における空間光通信の実証実験

3. 螺旋状回転スクリーンを用いた体積型立体表示システム

立体表示には，二眼ステレオ式，ホログラフィなどがあるが，研究室では，全周から観察可能であり裸眼で立体視が可能な，3次元空間に立体像を形成する体積型立体表示方式に着目している．とくに，高解像度化が容易であり，シンプルな装置構成が可能である体積走査型に分類される立体表示方式の実用化の可能性を検討している[6]．

面谷信元東海大学教授（現 東京電機大学特任教授）と試作／開発した，螺旋状回転スクリーンに断面像を照射する表示方式の装置構成を図2 (a)に示す．プロジェクタを用いて，高速回転する螺旋状回転スクリーンの軸方向上部から表示したい立体の高さ位置に対応する断面像を照射することにより，眼の残像効果と合わせて，円柱状の立体表示領域に立体像を視認することができる．実際に投影した立体像を図2 (b)に示す．立体像として視認できる断面画像をプロジェクタから投影するために，画像の高速切替えが可能なDMDプロジェクタを用いている．アニメのようにコマ送りされた画像を順次投影することで，動画像も投影可能である．立体像の横方向の解像度は，投影する断面画像の画素数に依存する．高さ方向の解像度は，回転スクリーンと投影画像を同期させることができる最大の応答速度に依存し，現在の装置では128分割している．

このような立体表示装置は，大きく分けてエンターテインメント系と実用系に適用できると考えている．例えば，テーマパークでの入場者を驚かすしかけに利用する，医学分野での人体の各パーツの立体表示など実習前の事前教育に使用するなどが考えられる．現在は，スクリーンの半透明化による一部に生じている不可視領域低減の検討，より視認しやすい周囲の環境（照明）条件の検討を行い，どのような環境であれば実際に使えるか（視えるか）という視点での研究を行っている[7]．

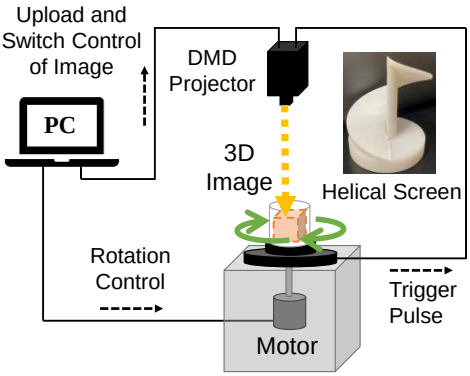
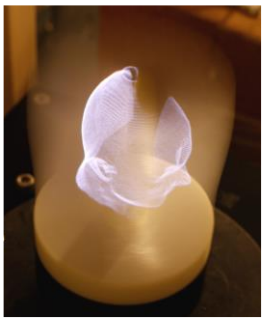


図4 螺旋状回転スクリーンを用いた立体画像表示システム



(a) ヒトの頭部



(b) バラの花

図5 螺旋状回転スクリーンに投影された立体像

4. まとめ

一見別の分野に思われがちな光通信用デバイスと立体ディスプレイに関する研究を行っている．異なるテーマの研究であるが思わぬところに共通点があり非常に興味深い．別の視点から自身の研究テーマを客観的に見ることになりその経験は成果につながると考えている．

参考文献

1) 藤川知栄美，三上修，“SiPh チップとファイバとの高効率接続を目指した光硬化樹脂デバイス”，エレクトロニクス実装学会誌，Vol. 25, No. 2, 166-171 (2022).
2) Taiga Kurisawa, et al., Polymer tapered pillar on a fiber end fabricated by UV irradiation using a high-NA fiber”, Photo. Lett. of Poland, Vol. 14, No.4, 80-82 (2022).
3) Yoshiki Kamiura et al., “Polymer Spot Size Converter on Silicon Photonics Chip for Enabling High Coupling to Single Mode Fiber”, Opt. Lett., DOI: 10.1364/OL.481663 (2023).
4) 佐藤遼 他，” 中距離光伝搬実験における光回線安定化のための検討”，第63回宇宙科学技術連合講演会予稿集，1P15 (2019).
5) 澤田衆樹 他，”建物間光伝送の長期計測による特性評価”，第66回宇宙科学技術連合講演会予稿集，2F04 (2022).
6) Karin Wakatsuki, et al., “Evaluation of visible region in volumetric 3D display using a rotating helical screen”, Jpn. J. Appl. Phys. 61, 062005 (2022).
7) 若月花梨 他，”螺旋状回転スクリーンを用いた体積型立体表示方式の可視領域”，映像情報メディア学会誌，Vol. 77, No. 1, 129-134 (2023).