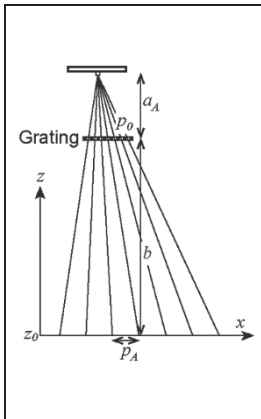


# 高出力・スマートレーザー加工における 空間光制御技術

浜松ホトニクス株式会社 中央研究所  
田中 博, 豊田晴義, 大竹良幸, 瀧口 優



## 1. はじめに

空間光変調器とは空間的に光の強度や位相、偏光などの物理量を制御信号により動的に変化させるデバイスである。浜松ホトニクスの空間光変調器は 1980 年代から位相を変化させるデバイスとして研究開発を行ってきた<sup>1)</sup>。近年、空間光変調器として半導体技術と液晶を用いた LCOS-SLM (Liquid Crystal On Silicon Spatial Light Modulator)<sup>2)</sup>が小型・軽量・安定性の諸特性の向上により主流となり、顕微観察<sup>3,4)</sup>や眼底観察に適用した補償光学<sup>5,6)</sup>、光トラップ<sup>7)</sup>、原子操作<sup>8)</sup>やレーザー加工<sup>9)</sup>など多くの分野で研究開発が進められている。レーザー加工など実用化を目指した取り組みも多くなされている一方、光遺伝学<sup>10)</sup>や量子コンピュータ<sup>8)</sup>への適用など基礎科学の分野でも利用が広がっている。我々は、2018 年に開始された内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)<sup>11,12)</sup>に参画しており、近年急激に開発が進んでいる高出力レーザーと、光を精密・自在に制御できる SLM を組み合わせることで次世代のレーザー加工技術を創出することを目指し、最適な加工状態を安定かつ再現性良く実現することを目標にデバイス開発と社会実装に取り組んでいる。また、SIP では Society 5.0 構想の実現のため、サイバー空間 (仮想空間) とフィジカル空間 (現実空間) の情報を高度に融合させる技術 (CPS : Cyber Physical Systems) の構築を目指しており、空間的に光をデジタル制御できる LCOS-SLM はキーデバイスとして期待されている。本稿の構成としては、2 章で LCOS-SLM の構造と原理について説明し、3 章ではレーザー加工における LCOS-SLM の機能、4 章では CPS 型レーザー加工における空間光制御技術、5 章ではレーザー加工の拠点事業としてフラウンホーファー研究機構との連携を中心に紹介する。

## 2. 空間光変調器 LCOS-SLM

図 1 に製品化されている LCOS-SLM の外観図を示す。LCOS-SLM を駆動するコントローラとヘッド部で構成されており、ヘッド部の窓に入射した光が変調される。DVI (Digital Video Interface) 規格を採用しており、コンピュータのディスプレイに表示するのと同じ方法で光の位相の空間分布を制御することができる。図 2 にヘッド部 (変調部) の構成を示す。画素電極を持つ CMOS バックプレーンと透明電極を持つガラス基板で液晶を挟み、画素電極と透明電極間の電圧により液晶分子の傾きを制御することで屈折率を変化させる。この屈折率の変化により、入射した光の位相を制御することができる。光ビームの制御にはホログラム技術が用いられる。目的とする光の形状に合わせたホログラムを計算し、LCOS-SLM の液晶に表示することで、精密・自在な制御が実現できる。これにより、光ビームのパターンなどをコンピュータで自在に操作し、瞬時にパターンの切り替えを行うことが可能になる。本手法の特長としては、強度ではなく位相を制御することで光の利用効率が高いことであるが、さらに誘電体多層膜を用いることで、特定の波長での光利用効率を上げることが可能である。