

SLM による光波の制御および光波回折積分の数値計算

Wave front control with SLM and simulation of light wave diffraction

電子光工学科 張公儉 (ZHANG Gongjian)

The phase modulation characteristics of liquid crystal spatial light modulator (SLM) and the system for calibrating are proposed. A system interface for operating SLM is designed with VC++ compiler. The initial distortion phase is determined by measuring the reflective interference and modulation of device is compensated by using our system. By using the LUT data provided by manufacture the wavelength disperse calibration is also achieved successfully. We conducted a theoretical analysis and experimental study on the generation of Laguerre Gaussian beam of vortex light wave using phase only LCOS-SLM. Numerical simulation and experimental results on the generation of Laguerre Gaussian beam by both binary and phase only modulation are discussed based on the angular spectrum method and the Fresnel transformation method in hologram (CGH) diffraction.

近年、微細加工の技術の発達により空間光変調器 (SLM) のようなデバイスにより光波の波長に近いレベルで光波面を変調あるいは観測することが可能となっている。その結果、任意の光波をデジタル的に発生したり、位相情報を観測したり、コンピューター合成ホログラム(CGH)を利用して光波の制御ができるように光波デジタル信号処理することが可能な時代になりつつある。このような光波信号処理においては光波の伝播回折計算は不可欠になる。また、SLM 位相素子に対しては精密な位相ひずみの補正が重要である。

普通、SLM の製造中でのシリコン基板表面の起伏、およびセルの実装のプロセスでの位相ひずみは避けられない。このひずみは干渉系を用いて測定する際に、通常傾いた参考ビームで干渉縞から測定する方法か、また単一フレームの干渉縞から位相回復の処理によって補正できた。これを解決するために行った。本研究の内容は以下のようなになる。(1) 素子操作のアプリケーションの開発。(2) 素子の位相歪の決定および解析。(3) SLM を用いた CGH による光波の制御。素子操作のアプリケーションは、VC++コンパイラにより構築した。すなわち素子の較正及び測定の機能を、ハードウェアではなく、ソフトウェアのみで実現できるような便利なアプリケーションである。このシステムでは block by block (あるいは pixel by pixel) スキャニングで素子の歪位相を決定、しかも較正することが可能である。

研究では渦光波のラゲールガウスビームの発生について実験を行った。素子位相ひずみの測定と位相回復では光波干渉法により得た一枚の干渉パターン(渦のある干渉縞あるいは閉じた干渉縞にも有効)を用い、非線形回帰(RQPT)の手法に基づいて、精度よくひずみ位相回復のアルゴリズムを提供した。応用および検証においては、Rayleigh-Sommerfeld 積分を高速に計算する角スペクトル法及びフレネル変換法に基づき、観測面での光波回折伝搬を計算する手法を用い、光波制御の例として、同時にバイナリー変調と位相変調方式によるラゲールガウスビームの発生についてシミュレーションを行った。FFT 法による回折計算をする際に、伝搬距離の大きい場合エイリアシング誤差が生じる。この時、最大の周波数帯域は有効回折開口の幅と観測スクリーン範囲で決まる。位相変調型の SLM によりバイナリー型および位相型のキノフォームを用い、渦光波の発生について理論解析と実験観測の結果を考察した。実験の結果から研究に使用した解析方法は SLM を用いた光スイッチング素子のシミュレーション、回折光学素子としてのビーム整形素子の設計、整形実験、デジタルホログラフィによる撮像と再生、コンピュータホログラムによる 3 次元画像の生成等において効率的な解析方法であると分かった。