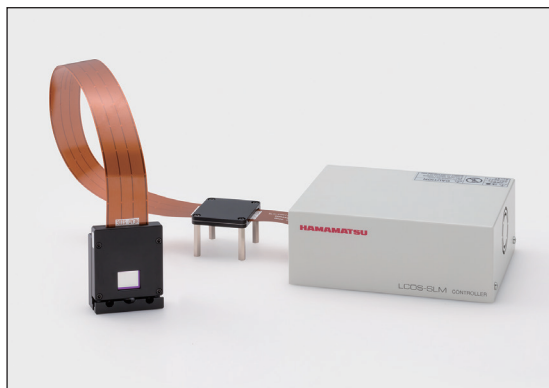


■特長

- 高回折効率
- 高光利用効率
- 高線形変調特性
- 高耐光性
- PCからの簡単な制御
- 光学定盤上での使用に適した筐体設計

■用途

- 光ビームパターン成形
- レーザ加工
- レーザマーキング
- 光マニピュレーション
- 光ピンセット
- 波面収差補正
- 補償光学
- 光渦(Optical vortex)生成
- パルス整形



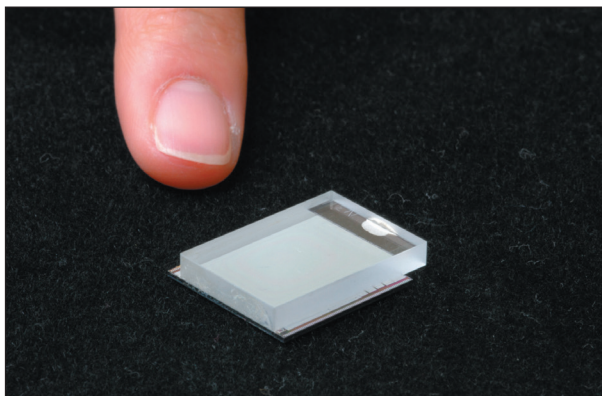
■概要

光学定盤上で簡便に使用するために電源をACアダプタから供給し、小型筐体を採用したLCOS-SLM (Liquid Crystal On Silicon - Spatial Light Modulator) です。コントローラ部にはインターフェースとしてPCディスプレイなどの標準規格であるDVI (Digital Video Interface) を採用しており、PCのディスプレイに表示する手法と同様の方法で光の位相の空間分布を制御することができます。

CMOS技術を応用して形成したアドレス部で直接液晶を電圧制御することにより、高速応答かつ高精度な位相変調が可能です。最適な光学設計により光損失を最小限に抑えることで、高回折効率と高光利用効率を実現しています。また、ミラー表面の歪曲・液晶層の厚さの不均一性・液晶の非線形応答性などによる制御歪をデジタル処理により補正することで、高い線形性を獲得しています。

水冷型ヒートシンクを搭載し、耐光性を向上させた水冷タイプもラインアップしています。

■LCOSチップ

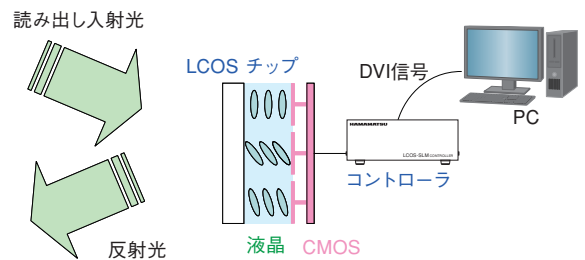


LCOS-SLM X15213シリーズ

■動作原理

PCからコントローラに送られるDVI信号でCMOSの画素電圧を制御することで、平行配向されたネマティック液晶分子の傾きを画素ごとに独立に制御することができます。液晶分子の傾きに応じて液晶層の屈折率が変化するため、液晶を通過する入射光の光路長が変化して位相に差が生じます。ここで入射する直線偏光の偏光方向と液晶分子の配向方向を一致させることにより、光強度や偏光方向の変化を伴わずに、光の位相のみを変調することが可能です。

図1 動作原理



位相のみの変調が可能

■対応波長範囲

X15213シリーズでは、さまざまな波長のニーズに対応した12のラインアップを用意しています。高効率な位相変調をするため、全タイプにおいてガラス基板には反射防止膜・CMOSチップにはミラーが形成されています。ミラーの種類によって、アルミミラータイプと誘電体多層膜ミラータイプに大別されます。

●アルミミラータイプ (-01/-07/-08)

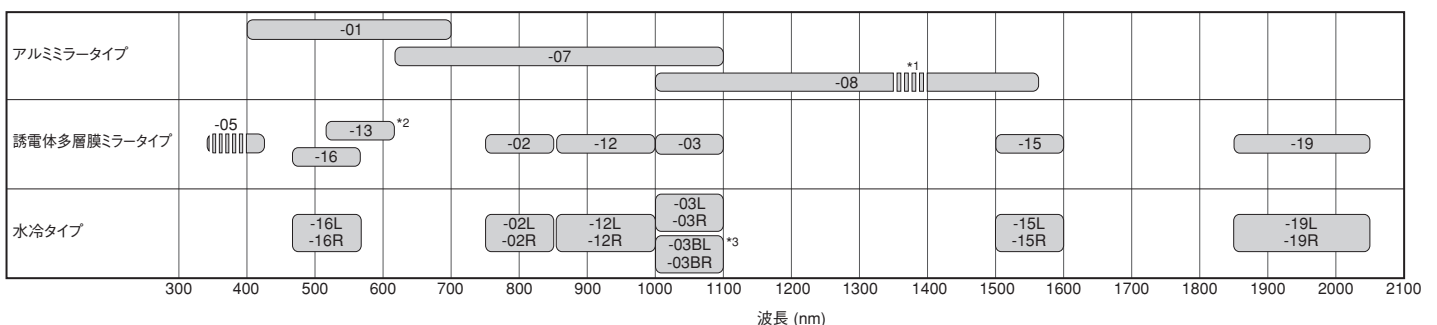
CMOSチップ上のアルミ電極による反射を利用しており、広域の反射帯を有するため幅広い波長範囲で使用できます。

●誘電体多層膜ミラータイプ (-02/-03/-05/-12/-13/-15/-16/-19)

レーザ波長に合わせて専用設計した誘電体多層膜が形成されています。アルミミラータイプと比較して高反射率を実現したことで素子内部での吸収が低減されるため、ハイパワーレーザにも対応することが可能です。

●水冷タイプ (02L/-02R/-03L/-03R/-03BL/-03BR/-12L/-12R/-15L/-15R/-16L/-16R/-19L/-19R)

誘電体多層膜ミラータイプのヘッド部に水冷ヒートシンクを内蔵し、レーザ照射による温度上昇を抑制して、耐光性を向上させています。



*1 -08は1350 nm～1400 nmの波長帯でガラス基板の吸収により反射率が5%程度低下します。

*2 -13と-16は532 nm帯レーザに対応可能です。-16は-13よりも短パルスレーザに対して耐光性が高い設計となっています。

*3 -03BL/-03BRは-03L/-03Rよりも平均光量に対して高い耐光性を有しています。

LCOS-SLM X15213シリーズ

■構成

●ヘッド部

項目	X15213シリーズ	単位
画素数	1272 × 1024	pixel
画素ピッチ	12.5	μm
有効エリアサイズ	15.9 × 12.8	mm
開口率	96.8	%
質量	150 (水冷タイプ: 550)	g

●コントローラ部

項目	X15213シリーズ	単位
電源電圧 (AC)	100 ~ 230	V
電源周波数	50/60	Hz
消費電力 (Typ.)	15	W
入力信号	Digital video interface (DVI-D) / USB-B (2.0 High-speed)	—
DVI信号フォーマット	1280 × 1024	pixel
DVIフレームレート	60	Hz
入力信号階調数	256	level
質量	910 (付属品含む: 1350)	g

■絶対最大定格

(Ta=25 °C)

項目	X15213シリーズ	単位
動作温度 *1	+10 ~ +40	°C
保存温度 *1	-20 ~ +55	°C
水流用コネクタ耐圧	0.3 (水冷タイプ)	MPa

*1 結露なきこと。湿度によっては特性が劣化するため、注意が必要。

注) 絶対最大定格を一瞬でも超えると、製品の品質を損なう恐れがあるため、必ず絶対最大定格の範囲内で使用すること。

■電気的および光学的特性

項目	-01	-02 /-02L/-02R	-03 /-03L/-03R /-03BL/-03BR	-05	-07	-08	単位
対応波長域	400 ~ 700	800 ± 50	1050 ± 50	410 ± 10	620 ~ 1100	1000 ~ 1550	nm
光利用効率 (Typ.)	76 (633 nm)	97 (785 nm)	97 (1064 nm)	97 (405 nm)	80 (1064 nm)	86 (1550 nm)	%
上昇時間 *1 (Typ.)	5 (633 nm)	33 (785 nm)	27 (1064 nm)	7 (405 nm)	9 (1064 nm)	13 (1550 nm)	ms
下降時間 *1 (Typ.)	21 (633 nm)	85 (785 nm)	83 (1064 nm)	17 (405 nm)	73 (1064 nm)	145 (1550 nm)	ms

項目	-12 /-12L/-12R	-13	-15 /-15L/-15R	-16 /-16L/-16R	-19 /-19L/-19R	単位
対応波長域	850 ~ 1000	530 ~ 635	1550 ± 50	510 ± 50	1850 ~ 2050	nm
光利用効率 (Typ.)	97 (940 nm)	97 (532 nm)	97 (1550 nm)	97 (532 nm)	97 (1950 nm) *2	%
上昇時間 *1 (Typ.)	38 (940 nm)	10 (532 nm)	26 (1550 nm)	11 (532 nm)	30 (1950 nm)	ms
下降時間 *1 (Typ.)	109 (940 nm)	21 (532 nm)	135 (1550 nm)	33 (532 nm)	155 (1950 nm)	ms

*1 各対応波長において、 2π 変調の10%から90%の変化に必要な時間。

*2 設計値。

注) 各数値の括弧内は光利用効率、上昇時間、下降時間の測定に使用したレーザーの発振波長。

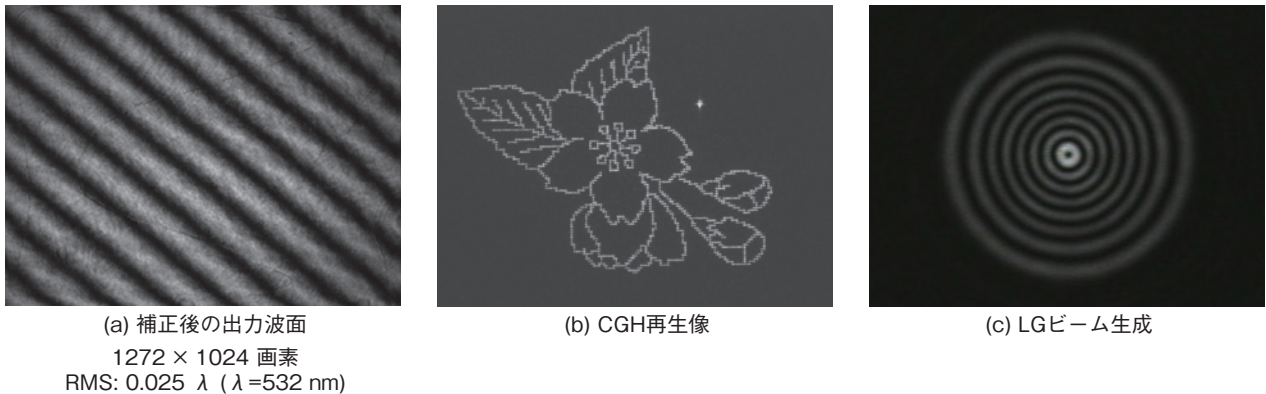
LCOS-SLM X15213シリーズ

■動作特性

●高精度な位相変調

CMOS技術を応用して形成したアドレス部で直接液晶を電圧制御することにより高精度な位相変調が可能です。そのため、ホログラム応用に非常に適しています。図2(a)は補正を加えて一様な空間光位相変調を行った場合の出力波面を、干渉計で計測した結果です。観測される干渉縞に大きな歪みもなく、高精度な波面が出力されていることがわかります。また、図2(b)は位相型ホログラムをフーリエ変換光学系で再生して得られる1次回折像の例です。図2(c)は(0,1)次のLGビームを生成した結果であり、鮮明にLGビームが生成されていることがわかります。

図2 出力像例



●高い回折効率

最適な光学設計により光損失を最小限に抑えることで、理論値に近い回折効率を得られます。図3は多値位相格子を表示した際に得られる回折スポット像です。多値位相格子を利用することにより、例えば図3(c)に示すように+1次のみに回折スポットを集中させることが可能となるため、高い光利用効率を得ることができます。また、図4に回折効率の代表的な例を示します。ここでの回折効率は、変調を行わない場合（パターンなし）の0次光強度に対する1次回折光強度の比です。

図3 回折スポット像（代表例）

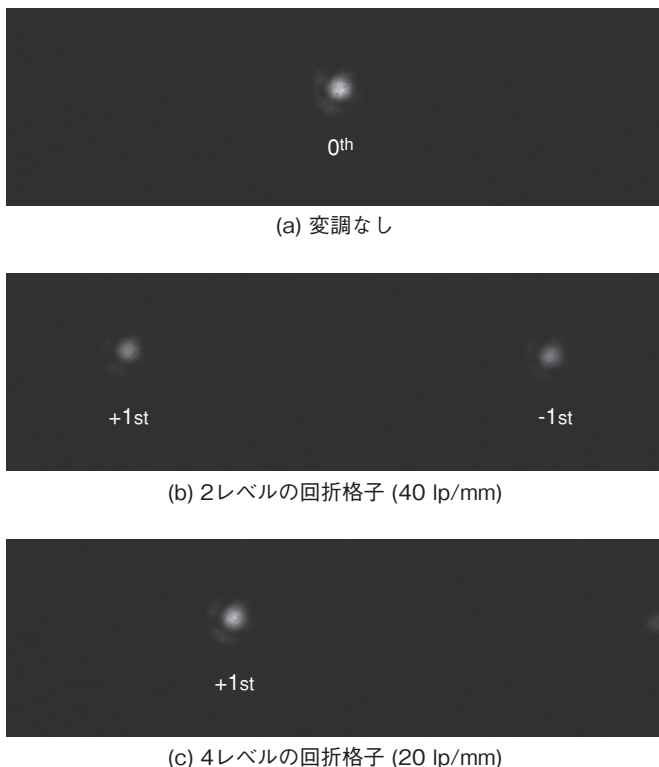
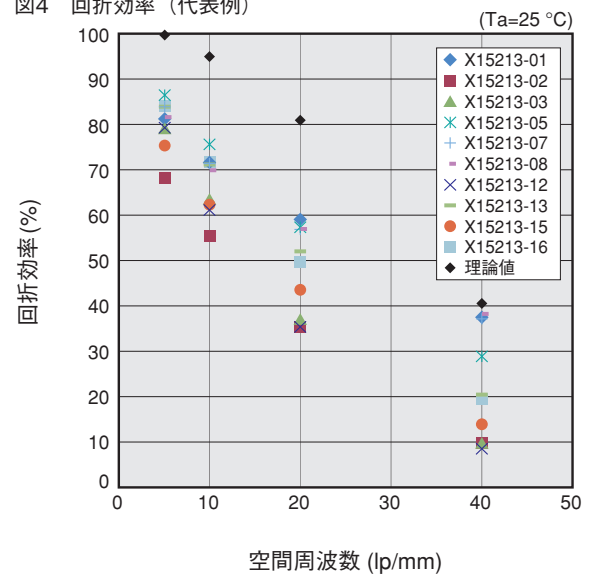


図4 回折効率（代表例）



LCOS-SLM X15213シリーズ

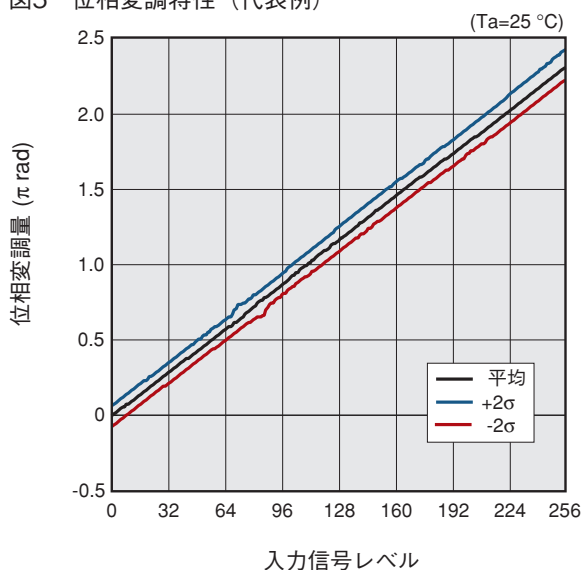
●高い光利用効率

入射光強度に対する0次回折光強度の比で表される光利用効率が高いという特長があります。この光利用効率は、主に画素構造による回折ロスと素子に形成されたミラーの反射率に依存します。そこで、CMOS技術を応用するとともに、その設計に細心の注意を払うことにより、回折ロスを5%以下と最小限に抑えています。特に、-02/-03/-05/-12/-13/-15/-16/-19は誘電体多層膜ミラーにより高反射率を実現しているため、非常に優れた光利用効率を示します。

●大きな位相変調特性と高い線形性

400 nm～2050 nmの波長範囲において、 2π 以上の位相変調量を得ることができます。出荷時には、タイプごとに特定の波長範囲に合わせて高精度・高線形変調特性が得られるように調整されています。図5は位相変調特性の代表例です。 2π 以上の位相変調量が高い線形性をもって得られていることがわかります。また位相変調特性については、有効面内の95%の画素における位相変調が $\pm 2\sigma$ の範囲に収まっており、バラツキが小さいことを確認しています。

図5 位相変調特性（代表例）



LCOS-SLM X15213シリーズ

■耐光性

X15213シリーズは汎用性と高信頼性を実現していますが、ハイパワーレーザ光を照射する際、ピークパワーや平均光量によっては特性変化が発生する懸念があります。ピークパワーが高い場合、2光吸収が発生するため特性変化や損傷につながります。平均光量が高い場合、発熱によって特性変化が発生します。

●高耐光性を実現した水冷タイプ

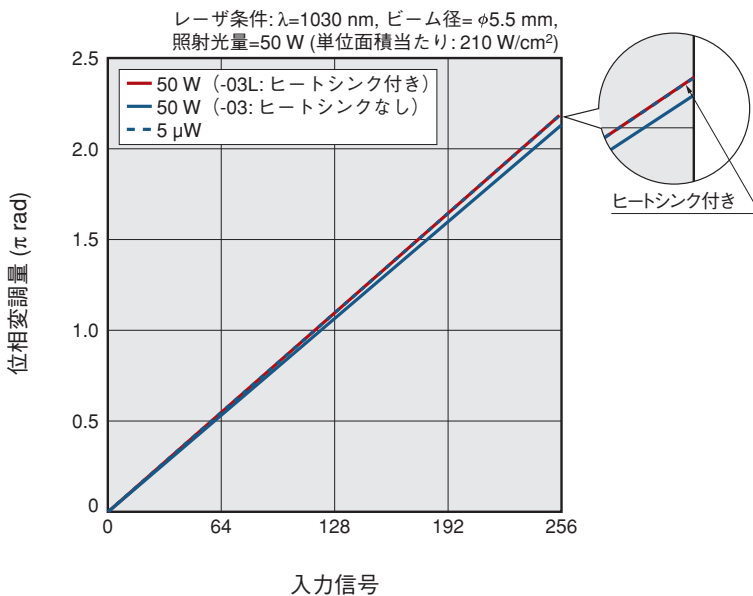
平均光量が高い場合には、水冷型ヒートシンクを搭載した水冷タイプを利用することで発熱を抑制し、耐光性を改善することができます。また、対応波長: 1050 nmの-03タイプには、画素電極の回路設計を見直すことで従来の-03L/-03Rよりもさらに耐光性を向上させた-03BL/-03BRをラインアップしています。100 W以上の平均光量に対応しているため、YAGレーザなど高出力なレーザへの対応が可能です。使用時の推奨ビーム径(1/e²)はφ8 mm以上です。

タイプ	型名	推奨平均光量
アルミミラータイプ	X15213-01/-07/-08	≤0.5 W *1
誘電体多層膜ミラータイプ	X15213-02/-03/-05/-12/-13/-15/-16/-19	≤10 W
水冷タイプ	X15213-02L/-02R/-03L/-03R/-12L/-12R/ -15L/-15R/-16L/-16R/-19L/-19R	≤100 W
	X15213-03BL/-03BR	≥100 W *2

*1 単位面積当たり500 mW/cm²以下を推奨。

*2 波長やパルス幅、繰り返し周波数などの仕様にも依存するため、詳細についてはお問い合わせください。

図6 レーザ照射試験結果



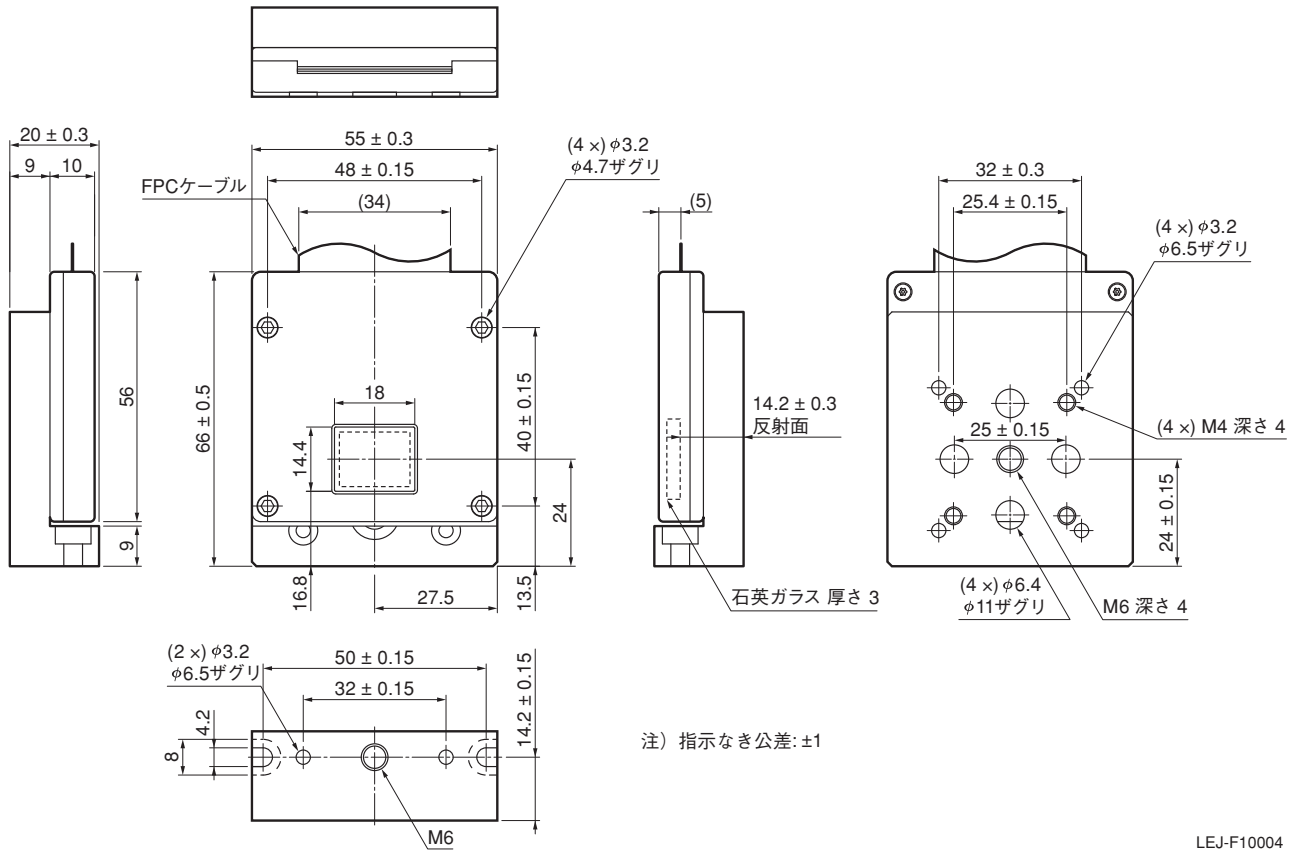
LEJ-F40003

注) 高出力のレーザを照射しても位相変調量は変化しません。

LCOS-SLM X15213シリーズ

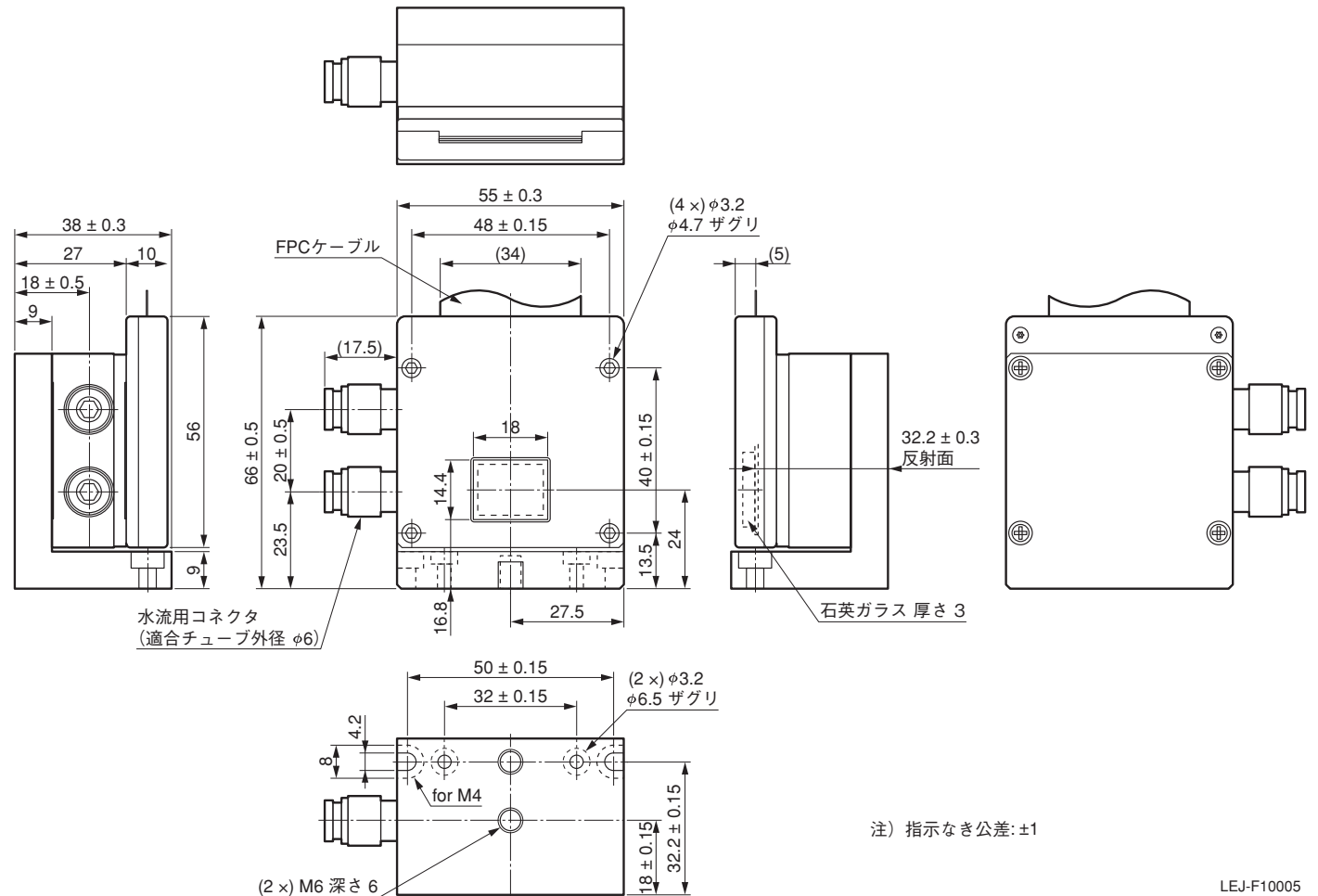
図7 外形寸法図 (単位: mm)

●ヘッド部 (X15213-01/-02/-03/-05/-07/-08/-12/-13/-15/-16/-19)



LEJ-F10004

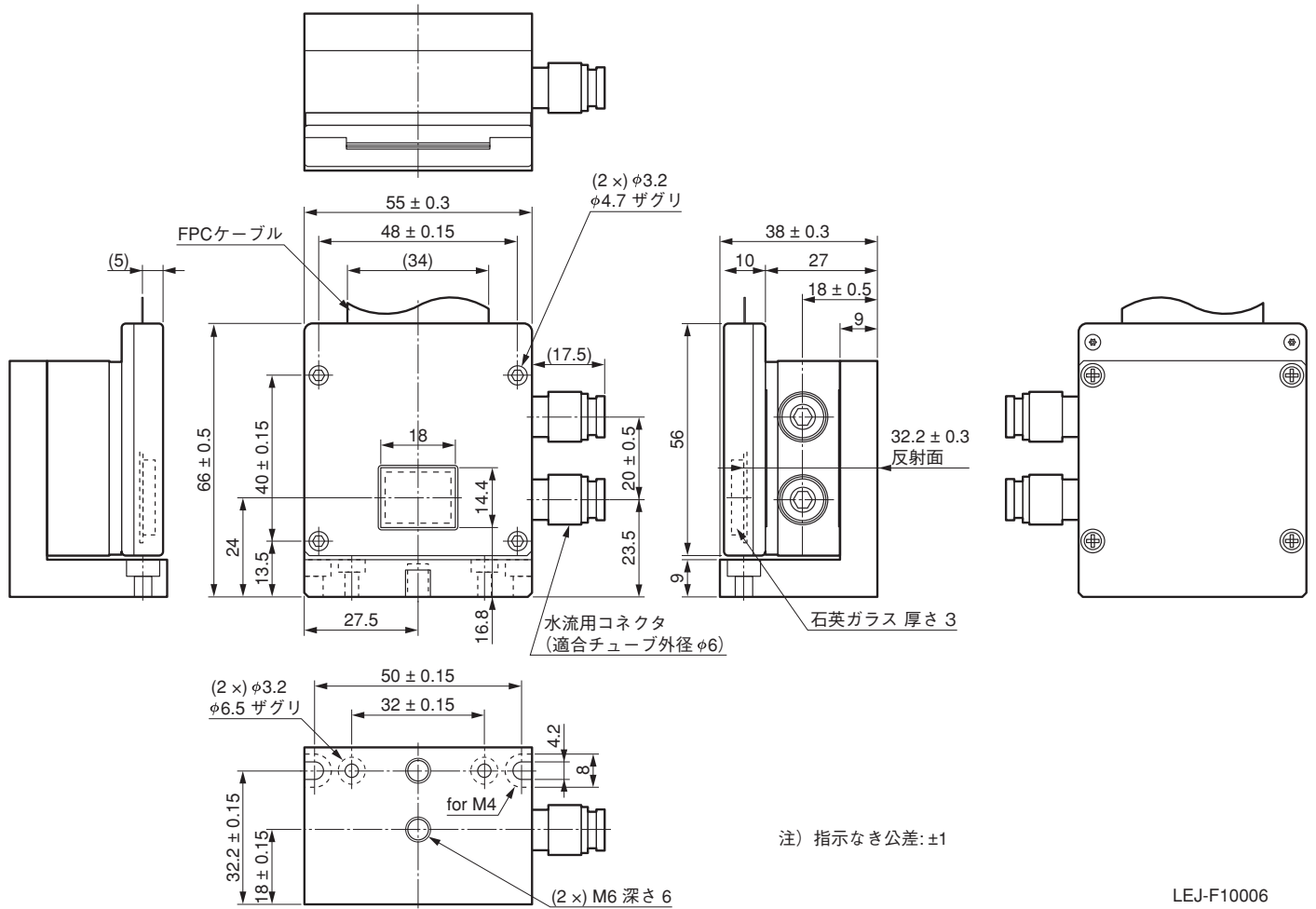
●ヘッド部 (水冷タイプ: X15213-02L/-03L/-03BL/-12L/-15L/-16L/-19L)



LEJ-F10005

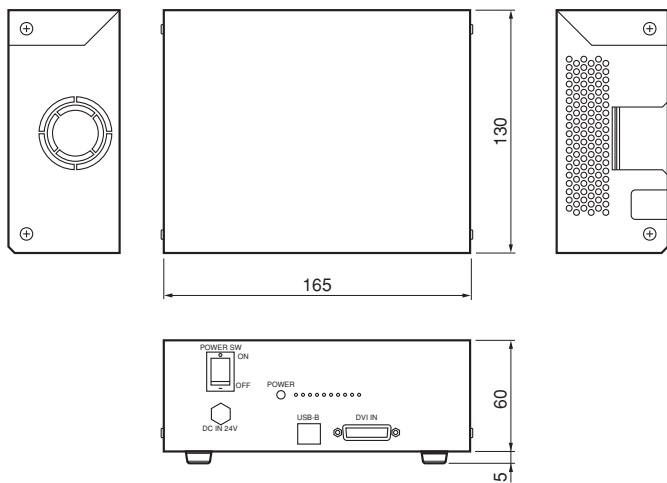
LCOS-SLM X15213シリーズ

●ヘッド部 (水冷タイプ: X15213-02R/-03R/-03BR/-12R/-15R/-16R/-19R)



LEJ-F10006

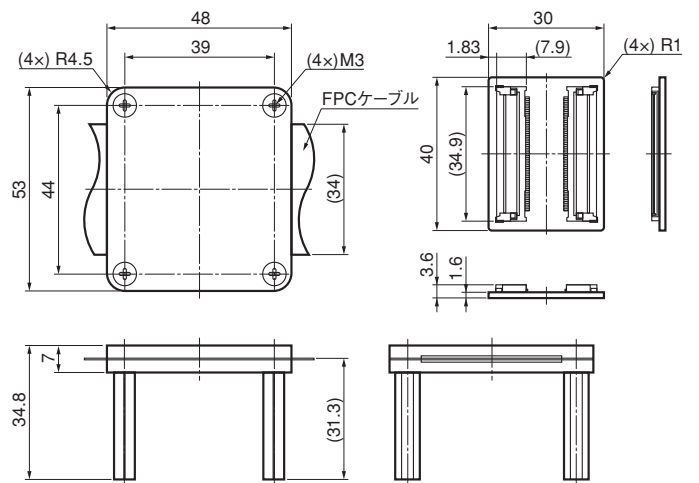
●コントローラ部



注) 指示なき公差: ±1

LEJ-F10007

●中継部



LEJ-F10008

X15213シリーズには、PCが含まれていません。以下を参考にしてPCを用意してください。

- ・ 付属ソフトウェア*1の対応OS: Microsoft® Windows® 10
- ・ X15213シリーズをDVI接続するためには、PCにDVI-Dポートもしくは、DVI-D変換器が必要です。
- ・ 付属ソフトウェアをインストールしたPCに2つのモニタを接続することによって、第1モニタにPC画面、第2モニタにX15213シリーズの位相画像を表示できます。この場合、第1モニタ上の操作によって、第2モニタ上の位相画像の表示を制御できます。
- ・ X15213シリーズとPCをUSB接続して、付属ソフトウェアを用いると位相画像を表示することが可能です。

*1: 付属ソフトウェアには、計算機プログラム (CGH) などの生成機能が搭載されています。

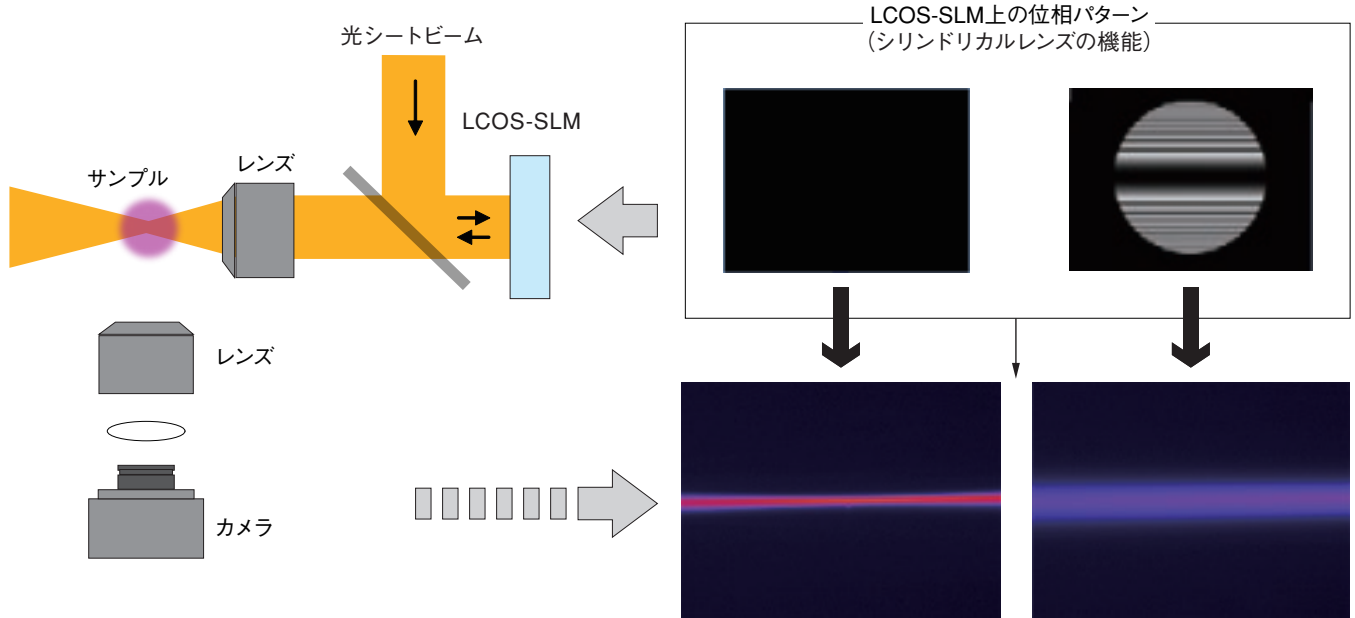
注) Microsoft Windowsは米国Microsoft Corporationの米国およびその他の国における登録商標です。

LCOS-SLM X15213シリーズ

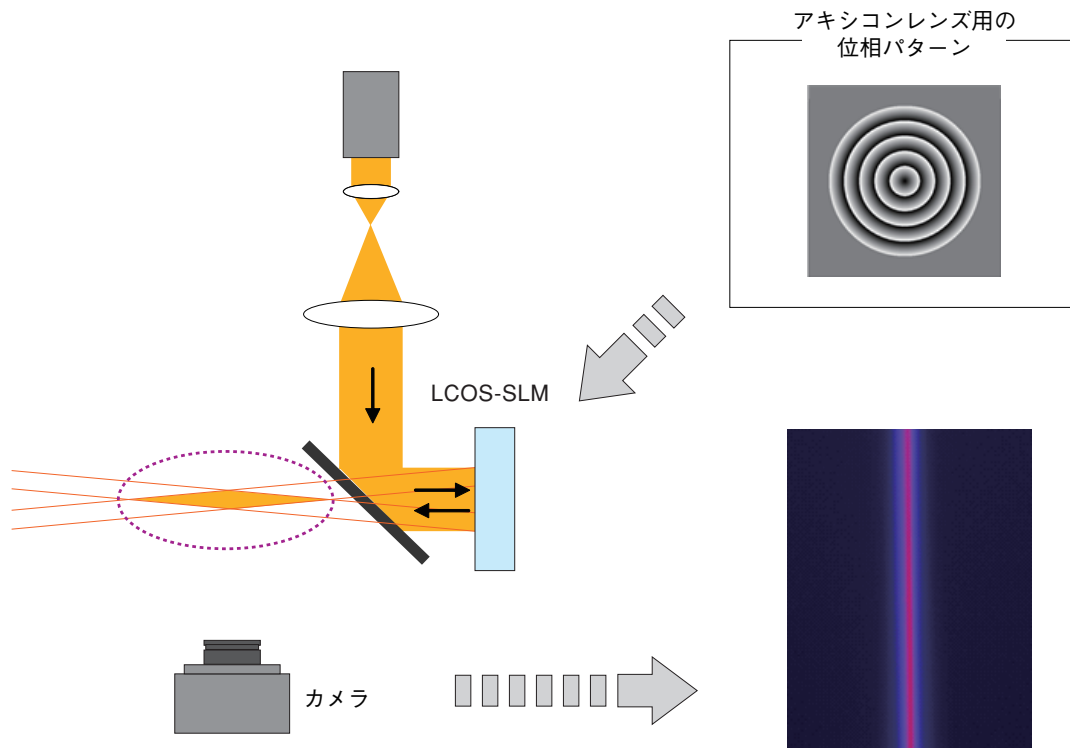
■応用例1: ビーム制御 (レンズ機能, 非回折ビーム生成)

LCOS-SLMはレンズ機能の効果をもつ位相イメージを表示することによって、ベッセルビームなどさまざまなビームを生成・制御することができます。これらのビームは、光シート顕微鏡など最先端の用途に応用されることが期待されています。

●シリンダリカルレンズの機能



●非回折ビームの生成



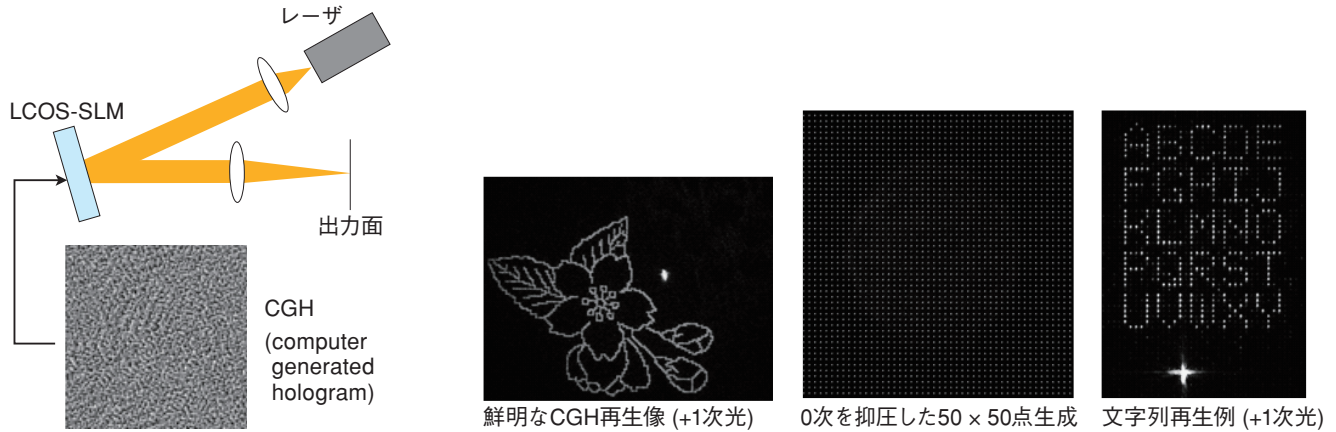
注) 応用例1の関連特許
JP4420672, JP4664031, JP4947639, JP5692969

LCOS-SLM X15213シリーズ

■応用例2: 光ビームパターン成形

LCOS-SLMによって位相型のホログラムを再生し、任意の光パターンを生成する技術です。任意の光パターンを生成する際に、マスクによって光を遮蔽するこれまでの強度変調方式とは異なり、光を位相型ホログラムにより分配することで、高効率なパターン生成ができることが大きな特長です。

●光学系



注) 応用例2の関連特許
JP4420672, JP4664031, JP4947639

■その他の関連特許

JP4606831, JP4804358, JP5046331, JP5167274, JP5191678, JP5270142, JP5749544, JP5779359, JP5779360, JP5809420

■注意事項

- ・製品に関する注意事項とお願い
<https://www.hamamatsu.com/jp/ja/support/disclaimer.html>

●本資料の記載内容は2022年6月現在のものです。製品の仕様は、改良等のため予告なく変更することがあります。

浜松ホトニクス株式会社 www.hamamatsu.com

- | | | |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 仙台営業所 | 〒980-0021 仙台市青葉区中央3-2-1(青葉通プラザ11階) | TEL (022)267-0121 FAX (022)267-0135 |
| <input type="checkbox"/> 筑波営業所 | 〒305-0817 つくば市研究学園5-12-10(研究学園スクウェアビル7階) | TEL (029)848-5080 FAX (029)855-1135 |
| <input type="checkbox"/> 東京営業所 | 〒100-0004 東京都千代田区大手町2-6-4(常盤橋タワー11階) | TEL (03)6757-4994 FAX (03)6757-4997 |
| <input type="checkbox"/> 中部営業所 | 〒430-8587 浜松市中区砂山町325-6(日本生命浜松駅前ビル) | TEL (053)459-1112 FAX (053)459-1114 |
| <input type="checkbox"/> 大阪営業所 | 〒541-0052 大阪市中央区安土町2-3-13(大阪国際ビル10階) | TEL (06)6271-0441 FAX (06)6271-0450 |
| <input type="checkbox"/> 西日本営業所 | 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東1-13-6(いちご博多イーストビル5階) | TEL (092)482-0390 FAX (092)482-0550 |
| <input type="checkbox"/> レーザ事業推進部 営業推進グループ | 〒431-2103 浜松市北区新都田1-8-3 | TEL (053)484-1301 FAX (053)484-1302 |