

インターナルドラム方式レコーダにおける マルチビーム露光技術の開発

藤井 武* , 角 克人* , 品田 英俊** , 高田 倫久**

Development of Multi-beam Imaging Technology for Internal Drum Recorders

Takeshi FUJII*, Katsuto SUMI*, Hidetoshi SHINADA**,
and Norihisa TAKADA**

Abstract

The multi-beam imaging technology we have developed is the world's first multi-beam imaging method for high speed internal drum recorders used in the prepress market, and has succeeded in accelerating imaging speed twofold/threefold faster than the conventional recorders.

This imaging method is also distinguished by its high reliability and accuracy, as it adds no moving part such as a rotating prism.

1. はじめに

本技術は、近年デジタル化の進展が著しい製版印刷分野において必須なレーザー露光に関する新規な技術で、より具体的にはフィルム製版におけるイメージセッタあるいはCTP(Computer To Plate)システムにおけるプレートセッタの生産性に関し、飛躍的な向上を達成した技術である。

印刷分野の画像露光装置に一般的に使用されているインターナルドラムレコーダと称される内面円筒型レーザー露光機は、その露光速度がスピナーと称される回転一面鏡の速度に依存していた。露光速度の向上は常に望まれてきたが、今まではスピナーの速度をいかに高速化するかに研究の重点がおかれ、最近では30000～40000rpmまで回転数を上げることができるようになってきた。しかしながら、さらに回転数を上げるためには、振動の増加をどのように吸収するか、発熱の増加をいかに抑制するか、遠心力によるスピナーミラー歪みをいかに抑制するかなど、数々の大きな技術的課題の解決が必要であり、画質を劣化させずにA1サイズ以上の大サイ

ズを、より高速に露光することは技術的に大きな壁に直面していた。

この問題に対し、マルチビーム露光することで、スピナーの回転を上げずに露光速度を向上させるいくつかの方式が従来から提案されてきた。しかしながら、その実現方法としてスピナーの回転と同期したプリズムの回転が必要であるとか、露光走査線の直線性の確保が困難、構成が非常に複雑であるなどの問題があり、どれも実現していなかった。

今回開発した技術は、前述の問題を解決し、製版印刷分野の高速インターナルドラムレコーダにおいて、世界で初めてマルチビーム露光を実現し、露光速度を従来の2倍、3倍と飛躍的に向上させることに成功した。また、本方式は回転プリズムなどの可動部材を追加すること無しに実現しており、非常に信頼性の高い、高精度な方式という特長も合わせもっている。Photo 1に本技術を盛り込んだイメージセッタであるLuxel F-9000を、Photo 2に应用技術を盛り込んだプレートセッタであるLuxel P-9600を、Table 1にLuxel F-9000の主要性能を示す。

本誌投稿論文(受理2001年9月26日)

* 富士写真フイルム(株)宮台技術開発センター
〒258-8538 神奈川県足柄上郡開成町宮台798

* Miyanodai Technology Development Center
Fuji Photo Film Co., Ltd.
Miyanodai, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun,
Kanagawa 258-8538, Japan

** フジフイルムエレクトロニックイメージング

** FUJIFILM Electronic Imaging Ltd.

Fujifilm House, Boundary Way, Hemel Hempstead,
Herts HP2 7RH, U. K.



Photo 1 Luxel F-9000



Photo 2 Luxel P-9600

Table 1 Specification of Luxel F-9000.

露光光源	635nm LD
露光方式	インターナルドラム方式
記録方式	スピナーミラー / 3本ビーム
解像度	1219/1828/2438/3657dpi
記録スピード	2700sq-in/min(1219dpi)
感材幅	559/768/1067/1130mm

2. 概要

インターナルドラムレコーダでマルチビーム露光する場合、Fig. 1 に示すように、単純に固定の複数のレーザービーム列をスピナーミラーに入射しただけでは露光される走査線が湾曲する問題が生じる。この問題を解決するため、Fig. 2 に示すようにスピナーの回転に同期させ、スピナーに入射するビームの位置を高速、高精度に二次元に制御し、ビーム配列を回転することで露光走査線の湾曲を補正する技術を開発した。次項以降に、その開発した技術の詳細について述べる。

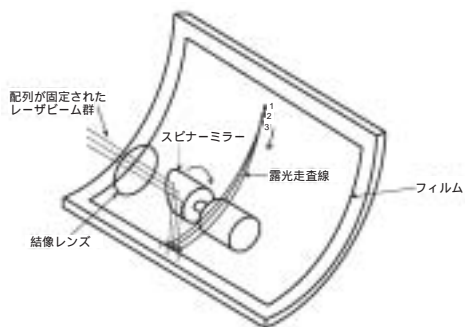


Fig. 1 Curved scanning lines resulting from fixed arrangement laser beams.

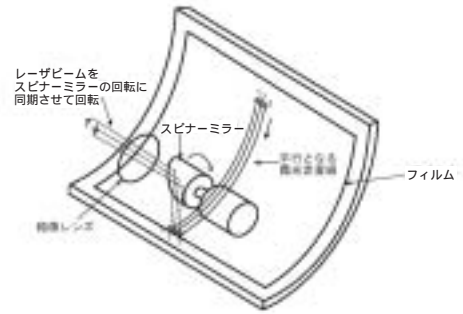


Fig. 2 Straightened scanning lines realized by laser beams rotated in synchronism with spinner rotation.

3. 基本技術

3.1 光学系構成

Fig. 3 にインターナルドラム方式でのマルチビーム露光光学系の例として Luxel F-9000 の光学系構成を示す。本例は3本のマルチビーム構成を示している。赤色半導体レーザー (635nm) を光源とする3個のレーザーモジュール (LD Module1, LD Module2, LD Module3) から出射されたコリメートビームは、合波ミラー (Combiners) により合波された後、光量を調整するNDフィルター、解像度に応じて露光ビーム径を変更するビーム径変換部 (Beam Diameter Converter) を経て、2枚のミラー (Periscope Mirrors) で露光ドラムの軸上に導入される。露光ドラム内には、ドラム軸方向に移動するキャリッジ上に集光レンズ、高速スピナーが配置されており、ドラム内面にはフィルムが保持される。レーザー光はそれぞれ高速に直接 ON/OFF 変調され、フィルム上に走査画像を形成する。露光ビーム径は最高解像度の場合、約 $12\mu\text{m}$ である。3本ビームの内の2本 (Beam1, Beam3) は付加された二次元偏向器 (AOD Module1, AOD Module2) により、スピナーに入射するビーム角度をスピナーの回転と同期して制御することで走査線の湾曲を補正している。

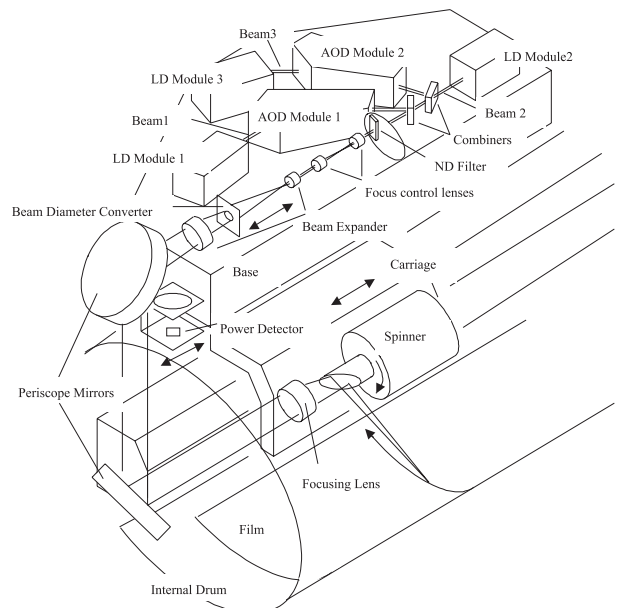


Fig. 3 Multi-beam optics of Luxel F-9000.

また、光学構成部材の温度変化、経時などに起因して発生する各ビーム間の相対的な位置ずれに関しては、露光面と共役な位置にビーム位置検出器を設け、位置ずれを自動的に検出し補正する機構を備えている。

なお、Luxel F-9000では、レーザーモジュールおよび二次元偏向器は、光学定盤上に配置した位置決めピンに突き当てて取り付ければよいように設計しているため、1ビームから2ビームあるいは3ビームへのアップグレードは市場にて容易に行なうことができる。

3.2 ビーム偏向デバイス

本マルチビーム露光技術において、最も重要なデバイスはスピナーに入射するビームの位置を制御するためのビーム偏向デバイスである。印刷分野のレコーダでは最大解像度は3657dpiにも達し、隣り合うビームの間隔は6.94 μm となる。ビームのピッチのずれは画像ムラとなって視認されてしまうため、ビームのピッチをサブミクロンの精度で制御できるデバイスが必要となる。

この高精度な偏向の要求仕様を満足するデバイスとして、AOD(Acousto-Optic Deflector：音響光学偏向器)、ガルバノミラー、 piezoミラー偏向器、などの候補が挙げられた。応答特性、温度や経時でのドリフト、偏向量、光利用効率、コストなどについて詳細に評価した結果、Luxel F-9000では光透過効率に若干の難があるもののAODを採用した。piezoミラー偏向器はヒステリシスの問題から応答特性の線形からのずれが大きいことと、温度によるドリフトが大きいという問題があり、また、ガルバノミラーに関しては周波数応答が十分でないことが不採用理由である。

しかしながら、デバイスおよびその周辺の技術開発により、上記の問題点は解決される可能性があり、また、感光材料の特性や形成する画像の記録解像度や種類によりピッチずれの要求仕様は異なることから、システムによって最適な偏向デバイスは異なってくると考える。実際、プレートセッタであるLuxel P-9600では、EOD(Electro-Optic Deflector：電気光学偏向器)を採用している。

3.3 AODの回折効率向上

AOデバイスは、Fig. 4に示すように、高周波信号で駆動された振動子により結晶中に超音波を伝搬させて周期的な屈折率変化を生じさせ、すなわち、回折格子を形成し、これにより入射光を回折させるというものである。1次回折光の強度(回折効率)は超音波の強度、すなわち高周波信号の強度に依存し、また、回折角度は高周波信号の周波数に比例するという特性を持つ。

高周波信号の周波数を変調し回折角度を制御可能とした素子がAODである。なお、Fig. 4で回折効率が最大となる時の θ をブラッグ角と呼んでいるが、この角度の正確な調整が高い回折効率を得るためのポイントである。

本マルチビーム露光技術においては、ビームを二次元

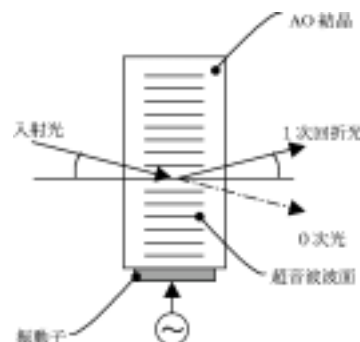


Fig. 4 Beam deflection by AOD.

的に偏向する必要があるが、偏向デバイスとしてAODを使用する場合、基本的にAODは一次元の偏向機能しか持たないので、AODを2個タンデムに並べ、それぞれを異なる方向に偏向させることになる。

Fig. 5に今回開発した二次元レーザービーム偏向器の模式図を示すが、従来は、図中のブラッグ角方向の角度 b を最適化するのみであった。このときAOD 1個の回折効率は、Fig. 6内で改善前として示す様に60%程度であった。従って、2個のAODを使用する二次元レーザービーム偏向器の場合には、光利用効率はせいぜい40%程度になってしまい、回折効率の向上が大きな課題であった。

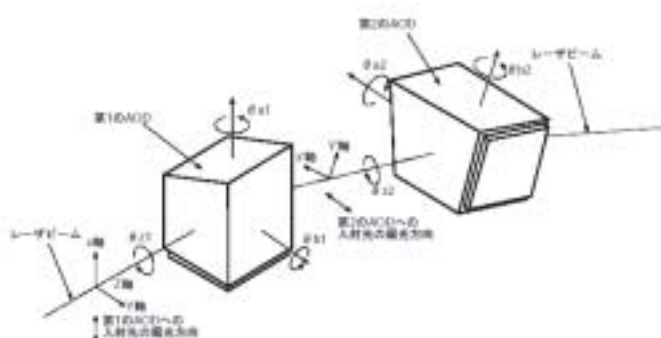


Fig. 5 Two dimensional deflection by AODs.

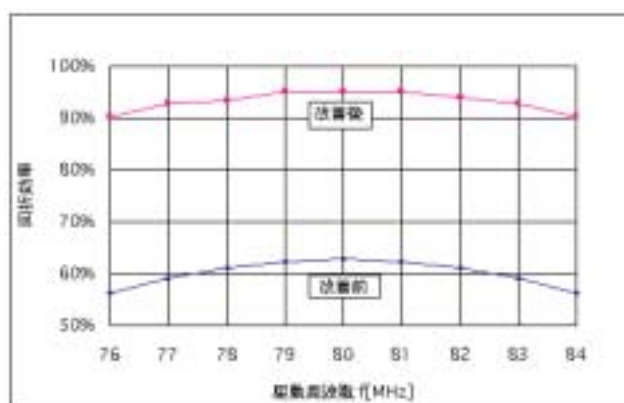


Fig. 6 Improvement of AOD efficiency.

解析の結果、Fig. 5の b で示すブラッグ角方向の角度調整に加えて、図中 a で示すあおり方向の角度、および、 z で示す入射光軸回りの角度(入射光の偏光方向に対する角度)を最適化することにより、回折効率を大

幅に向上できることを見出した。Fig. 6に改善後のデータを併せて示したが、改善後の回折効率は90%程度であり、従来に対して約1.5倍の効率向上を実現した。

3.4 二次元レーザービーム偏向器

Fig. 7に今回開発した二次元偏向器の外観を、Table 2にその主要性能を示す。二次元レーザービーム偏向器では2個のAODをタンデムに並べるが、それぞれのAODについて、前述した各角度の最適条件を維持させて、高い回折効率を持つ二次元レーザービーム偏向器を実現した。なお、従来の使用形態であれば、2個の偏向角度を直交させることができ、二次元ビーム偏向の制御は容易である。これに対して、本方式では前述の通りzの調整も行っているため、2つの偏向方向の交差角は90度から若干ずれたものとなっているが、二次元上任意の方向への偏向は可能であり問題はない。

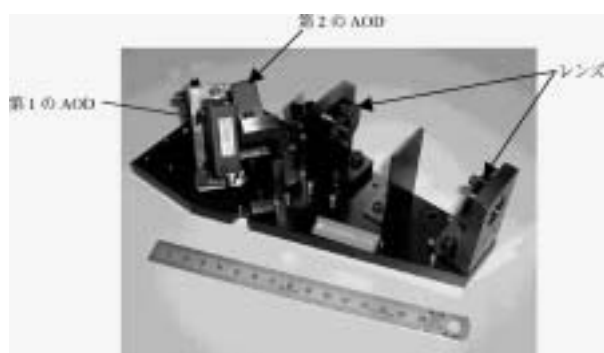


Fig. 7 Two dimensional deflector module.

Table 2 Specification of the Two Dimensional Deflector.

項目	性能	備考
波長	635nm	
入射ビーム径	1.0mm	
楕円率	<10%	
偏向量	>100 μm	2次元XY各方向
偏向分解能	<0.1 μm	
光利用効率	>60%	回折効率、透過率を含む

注) 偏向量、分解能は露光面ビーム位置に換算した値である。

3.5 レーザービーム位置制御

Fig. 8にビーム位置検出系の構成図を、Fig. 9に制御ブロック図を示す。3本の露光ビームを合波した後、露光量を調整するために配置されたNDフィルターの反射光を、レンズにて二次元ビーム位置検出センサ上に集光している。すなわち、ビーム位置検出センサは、露光面と共役な位置に置かれているが、露光面に対して光学的に拡大されているため、高精度の誤差検出が可能となる。ビームの位置検出誤差は、光学系内の空気ゆらぎ、装置内のモータやポンプなどが発生する振動や装置外からの振動、電気ノイズなどの影響を小さくすることで、位置検出器上で1μm以下に押さえることができ、露光面に換算した位置検出分解能として0.1μm以下を達成している。

ビーム位置補正(Beam Coincidence)は、毎露光前にFig. 10に示すシーケンスで実施され、温度変化や経時変

化があったとしても、二次元偏向器が挿入されている二本のビーム(Beam1, Beam3)を基準ビーム(Beam2)に合致させることにより、ビーム間の相対位置ずれが発生しないようにしている。

なお、ビーム間隔に相当する偏向振幅、主走査方向のビーム相対位置に相当する偏向位相は、標準パラメータをメモリに記憶しているが、AODのばらつき、光学系のレンズ焦点距離のばらつき、ビーム形状の不均一性などにより、わずかなずれが発生する。このわずかなずれを補正するために、各解像度ごとの補正值を装置固有パラメータとしてメモリに記憶し、これらのパラメータをもとに、偏向テーブルを作成することで、スピナーに同期した高精度な偏向制御を実現している。

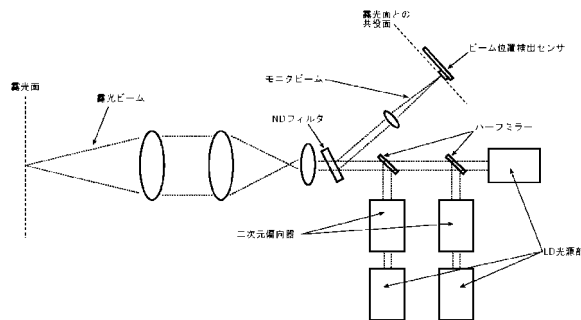


Fig. 8 Beam position detector system.

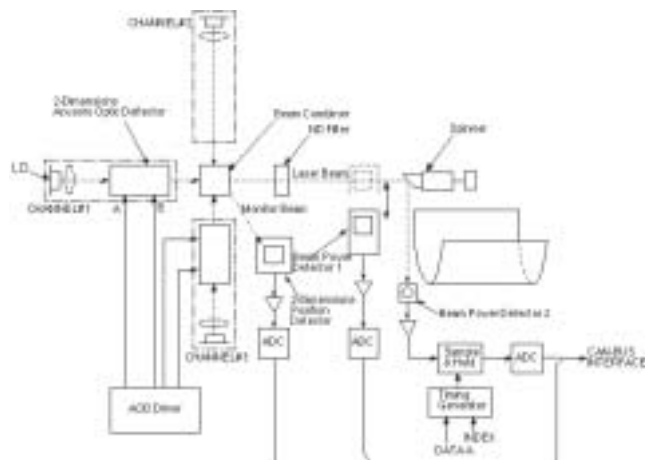


Fig. 9 Multi-beam control system block diagram.

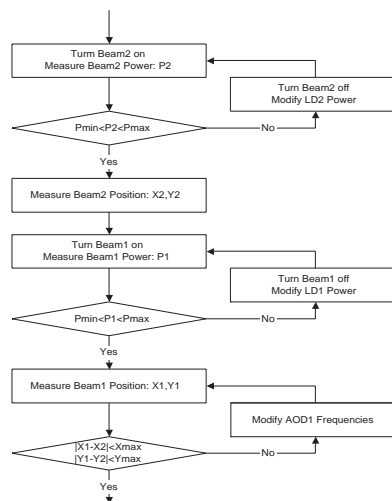


Fig. 10 Beam coincidence procedure.

3.6 AOD 制御系

Fig. 11 に AOD 駆動信号制御ブロック図を示す。AOD の駆動信号はスピナーの回転数である 30000rpm に同期し、中心周波数 80MHz に対して数 MHz の帯域を高速に周波数変調する必要がある。また、同時にレーザービームの露光面での 0.1 μ m 以下の位置制御分解を得るため、10KHz 以下の周波数制御分解能が要求される。

開発した AOD 駆動信号制御系は、信号発生源として高速周波数変調の必要性から VCO (電圧制御発振器) の直接制御方式とし、その場合に問題となる発振周波数の安定性に関しては、発振器の安定度を最適化することで短時間の周波数安定度を確保し、別途設けた周波数モニタ系と VCO 発振特性補正系とを組み合わせ、所定の周期で自己キャリブレーションすることで長期的な安定度を確保する構成としている。

また、光学部材の温度によるずれ、経時によるずれに関しては、3.5 項で記したように位置検出センサから導き出された補正値を AOD 駆動信号の周波数変調データに加味することで補正している。Table 3 に開発した AOD 駆動信号系の主要性能を示す。

Table 3 Specification for AOD Control Signal.

項目	性能
出力周波数	>80 \pm 10MHz
周波数制御分解能	<10KHz
最大出力レベル	>0.5W
出力レベルフラットネス	1dB/80 \pm 10MHz

4. まとめ

スピナーの回転数が露光速度の限界となっていた印刷分野のインターナルドラムレコーダにおいて、その露光速度を現状の 2 倍、3 倍に飛躍的に高めるマルチビーム露光技術を開発した。本技術はイメージセッタ Luxel F-9000 に搭載され、世界最高速レベルの生産性を達成し、またインターナルドラムレコーダのマルチビーム露光で問題となる走査線の湾曲に関しては、ビームをサブミクロンのオーダで高精度、かつスピナーに同期させて高速に二次元に位置補正する技術を開発することで克服し、高画質を維持することができた。Fig. 12 に従来機の露光速度と、本マルチビーム露光技術を搭載した Luxel F-9000 の露光速度を示す。Fig. 12 から明らかなように、同方式のインターナルドラム方式で約 2.5 倍、異なる方式のエクスターナルドラム方式と比較しても約 1.5 倍の高速な露光速度を実現している。

また、インターナルドラムタイプのフォトポリマープレートセッタ Luxel P-9600 にも本技術が応用され、時間あたり 27 版という生産性で世界最高速レベルの超高速化を実現している。さらに本技術は、近年の Violet LD の実用化により、さらなる適用範囲の拡大が期待されるものである。

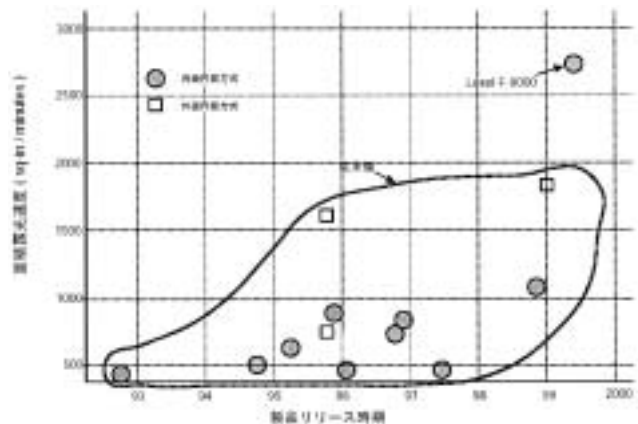


Fig. 12 Trend in the imaging speed of recorders in the prepress market.

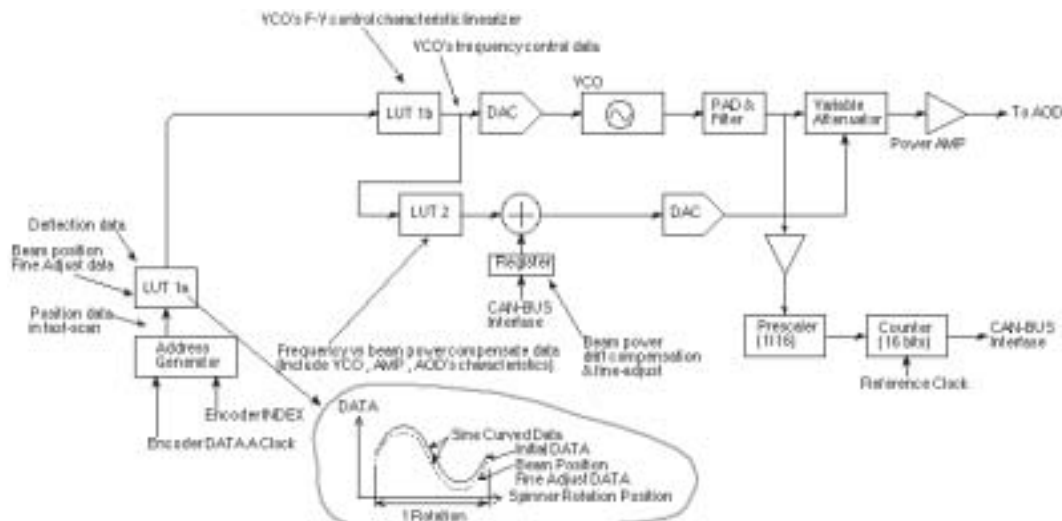


Fig. 11 AOD control signal block diagram.

参考文献

- 1) 藤井ほか. インターナルドラム方式レコーダにおけるマルチビーム露光技術の開発. 平成13年度日本印刷学会 第106回春期研究発表会講演予稿集. 129-132.
- 2) (社)日本印刷学会技術賞受賞. インターナルドラム方式レコーダにおけるマルチビーム露光技術の開発. 印刷雑誌. 84 (5), 45 (2001).
- 3) 品田. 円筒内面走査型画像記録装置. 特開平8-130612, USP5502709 など.
- 4) 山下, 角. 光偏向器および光ビーム走査装置. 特開平10-133239, USP5907428 など.

(本報告中にある“Luxel”は富士写真フイルム(株)の商標です。)