

TIのDLP®テクノロジーを 活用した大出力 NIRレーザー・システムの利点



Georgina Park
DLP® Products Marketing
& Engineering Manager
Texas Instruments

リソグラフィー、3D スキャン、3D プリント、医療システムなどの産業用アプリケーションで、高度な画像処理と露光機能を実現する DLP® テクノロジー

デジタルのDLPチップセットで、機械系部品を減らし、キャリブレーションとメンテナンスを少なくするシステム設計を実現できます。大出力の近赤外線 (NIR) レーザーを使用する産業用システムは、DLPテクノロジーの利点を、3Dプリント用の選択的レーザー焼結 (SLS)、ダイナミック・グレイスケール・マーキング (刻印) とコード付加、アブレーション (除去) システム、および直接感光性樹脂レーザー画像処理をベースとする産業用デジタル・プリンタなどで活用できます。

このホワイト・ペーパーは、産業用アプリケーションで大出力NIRを使用する方法について説明します。

選択的レーザー焼結を使用する3Dプリンタ

3Dプリント・テクノロジーには多くのタイプがあり、以下のカテゴリに大別できます。

- 熱溶解積層法 (FDM、Fused deposition modeling)
- 液槽重合法 (Vat polymerization)
- 焼結 (Sintering)
- 噴射 (Jetting)

各テクノロジーは、プラスチック、ナイロン、セラミック、金属などのさまざまなタイプの材質と組み合わせ、その結果、強度、弾性、仕上げに関連して物体のさまざまな特性を実現することができます。また、さまざまな構築面積 (cm から m) と、さまざまな造形寸法 (μm から mm) に適しています。

多くの場合、目的とする物体の特性に合わせて、3Dプリント・テクノロジーを選択することになります。次に、2番目の検討事項になるのは、プロトタイプを1つだけプリントする必要があるのか、それとも完成形の物品を複数量産するのか、という点です。どちらの場合でも、高速なプリント速度が必要です。

SLS 3Dプリンタは大出力レーザーを使用し、プラスチック、ナイロン、または金属の小さい粒子を互いに溶着 (溶解して接着) します。より複雑な3D形状をプリントする必要がある場合、SLS付加製造を選択することもできます。

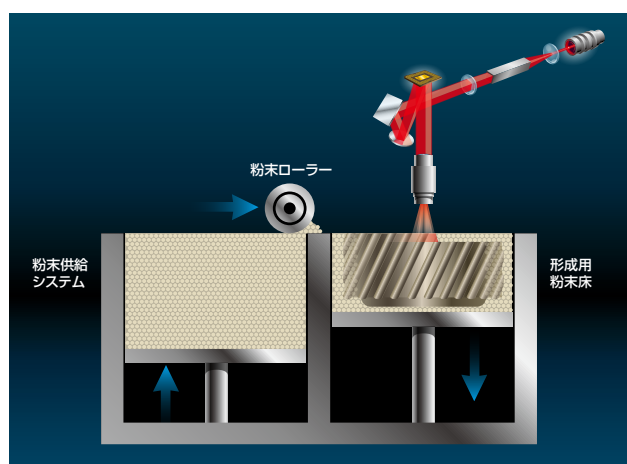


図1: SLS 3Dプリント・プロセス。

その例は、インテリアの造形、くりぬき構造、薄壁などです。多くの場合、粉末材質の焼結を通じて、射出成型部品に似た機械的特性と強度を実現できます。

SLS 3Dプリンタの場合、レーザーは粉末床プレート全体を順に移動し、物体の単一の薄片をポイント単位で焼結します。図1に示すように、ローラーが別の粉末層を追加します。3D物体の形成が完成するまで、このプロセスを繰り返します。3Dプリンタは、大出力の炭酸ガス・レーザーまたはNIRレーザーを使用し、プラスチック、ナイロン、または金属の粉末を互いに溶着します。露光ヘッドの部品としてDMDを使用すると、プリンタは2D領域をNIRの光で露光し、より複雑なイメージを、ポイント単位のレーザー操作よりも高速にプリントすることができます。DLPチップセットの切り替え速度は高速なので、プリンタはアプリケーションのニーズに応じてピクセルあたりの出力をリアルタイムで変化させること、または温度の違いを補正することができます。

レーザー・マーキング(刻印) - 後期段階での動的なカスタム化とトレーサビリティ

レーザー・マーキングには、感光性または感熱性の被膜表面と相互作用するビームが関係しています。その結果、表面の特性または外観が変化します。

レーザー・マーキングは、プリント基板(PCB)、プラスチック・ボトル、医療機器、金属製部品、段ボール箱などの用途で使用できます。マーキングによる代表的な情報やシンボルとして、2DマトリクスつまりQRコード、ロゴ、シーケンス(連番)バッチ・データ、ロット番号などを挙げることができます。

コードやシンボルの印刷は長年にわたって使用されていますが、後期段階におけるマーキングとトレーサビリティ情報の必要性も高くなっています。医療業界と航空宇宙業界に適用される各種法令は、すべての部品に情報を印字することを要求しています。デジタル・マーキング・ソリューションはフレキシビリティが高く、一意のパターンまたはイメージ情報を、製造プロセスの後期段階で各物体に付与することができます。必須のバッチ識別情報する場合でも、あるいは楽しいカスタム・タグを印刷する場合でも、メーカーは動的情報を容易にプロセスに組み入れ、量産時のプリント工程を簡素化することができます。

熱転写マーキング・システムは、**図2**に示すように、感熱性のラベルまたはコーティング材に対してポイント単位でレーザー・ビームを制御してカスタム・イメージを形成する点で、焼結に似ています。ただし、DLPテクノロジーを採用したレーザー・プリンタは、2DのNIR光パターンを使用して被印刷物(プリント対象)を熱的に活性化し、ポイント単位ではなく1回の照射で領域全体に刻印する点が異なっています。DMD内のマイクロミラーは非常に高速に(マイクロ秒単位)反射方向を切り替えるので、コードまたはパターンが複雑または大面積であっても、多くの場合は生産ラインのサイクルタイム要件を満たすプリント速度を達成できます。さらに、DLPテクノロジーではグレースケール画像処理も実行できるので、より多彩なグラフィック・プリントも可能です。

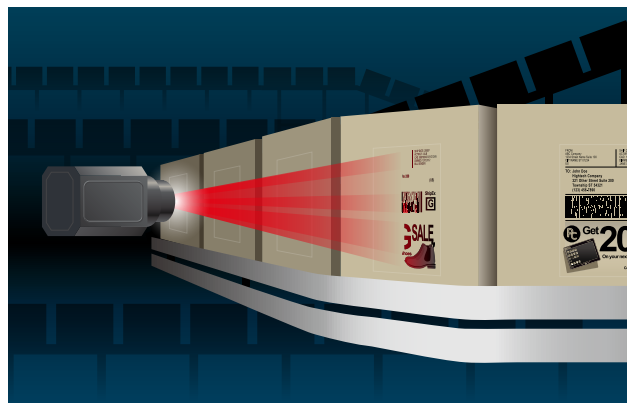


図2: 熱転写マーキングにより、グレースケールのカスタム・ラベルを印字。

感光性樹脂に対する直接的なレーザー画像処理と彫刻

フレキシ印刷は、弾力性のある感光性樹脂を巻取紙印刷機の回転ロールに巻き付け、印刷用の版として使用します。インクを塗布された版で、インクは版よりわずかに外側に位置し(凸版)、高速回転を通じて画像を被印刷物(プリント対象)に転写します。フレキシ印刷のインクは、吸収性と非吸収性の多様な材質に印刷できます。フレキシ印刷で使用するロールは、少ない中断回数で大量の受注に対応でき、やわらかい製品のパッケージなどの用途で連続的なパターンを印刷することもできます。**図3**に、パッケージに対するフレキシ印刷の例を示します。一方、オフセット印刷はこれに似た画像転写の手法を使用しますが、個別の用紙または被印刷物(プリント対象)を一度に1枚ロードします。

パッケージ市場は、製品ラベル、コルゲート(波型加工)、折り曲げ式の紙容器、菓子類の袋のような柔軟性の高い材質に対して、産業用プリンタを全面的に活用しています。



図3: フレキシ印刷。



図4：フレキソ印刷されたラベルを使用したパッケージ製品。

図4に示すとおりです。デジタル印刷ソリューションは、版をベースとするこれらの印刷機に対する競合製品であり、今後はより一般的になることが予想されます。デジタル・プリンタは、バッチ・サイズ(個別ロットの数量)にかかわらずカスタム化を実現できるほか、印刷速度の高速化や機械メンテナンス回数の低減も利点になります。

版からデジタル画像処理への移行に関する興味深い例は、PCB(プリント基板)リソグラフィー市場です。最近10年間、さまざまなレジスト層で微細造形をパターン描画する目的で、PCBリソグラフィー装置はマスクからデジタル直接画像処理への移行を進めてきました。DLPテクノロジーは、マイクロミラーの大規模アレイ、小型造形サイズ、非常に高速なデータレートというDMD固有の組み合わせを活用し、デジタル・リソグラフィーの主要な推進要因になっています。この結果、画像処理サイクルをマイクロ秒単位に短縮し、1時間あたり数百枚のパネルへのプリントという需要を満たすことができます。

レーザー・マーキングにDLPテクノロジーを使用する場合の利点の多くは、新しいデジタル・プリント・システムの設計にも当てはまります。たとえば、2DのNIRの動的な光パターンを、シリンダまたはインクと直接相互作用させ、リアルタイムのカスタム化可能プリント・イメージを作り出すことができます。また、DMDを使用すると、マイクロミラーのオン時間とオフ時間をプログラミングする方法で、マルチビット深度のグレイスケール画像処理を簡単に実装することもできます。この点はディスプレイ・アプリケーションに似ていますが、代表的なプロジェクターで使用される60Hzまたは120Hzのレートに比べて、より高速なレートであり、TIのDLP650LNIRの場合は12,500Hzです。

デジタル製版とコンピュータ・トゥ・プレート(コンピュータから版へ)システム

印刷業界で、物理的な版(プレート)は印刷機の重要な部品であり、特定のメディア(印刷媒体)に印刷される内容を決定

する役割を果たします。刷版(印刷に使用する版)は、フレキソ印刷機やオフセット印刷機などさまざまな印刷機で使用されています。製版(版の製作)のアナログ・プロセスには、樹脂ベースの加工、印刷内容の反転、紫外線露光、洗浄などが含まれます。

近年、コンピュータが直接誘導するレーザーを使用して画像を刷版に直接エッチングするプロセス、つまりデジタル製版に移行する流れが一般的になりつつあります。デジタル・プロセスを使用すると、製版の所要時間短縮、整合性の向上、欠陥の減少、最終的なコストの削減という結果を実現できます。性能の観点では、デジタル印刷でレジストレーション(用紙の位置合わせ)とエッジ・プリント(用紙端の印刷)の再現性が向上します。

誘導レーザーによる露光システムの一部としてDMDを使用すると、レーザー光で2Dの領域を露光する機能を追加し、製版を高速化するとともに、グレイスケールを含むより複雑なイメージに対応する能力を実現することができます。

DLPチップが実現するシステムの複数の利点

DLPテクノロジーの中核にあるDMDは、MEMS(微小電気機械システム)の1形態です。DMDは、反射率の高いアルミニウム製マイクロミラーのアレイを搭載し、空間光制御を実施します。大出力レーザー・アプリケーションの場合、DMDは多くの利点を実現することができます。

図5に示すDLP650LNIR DMDは、950 ~ 1,150nmの波長範囲内にあるNIRで、500W/cm²という大出力の光制御機能をサポートしています。このデバイスは、ピクセル・レベルで光出力を変化させる機能を提供し、1回の露光で高速な2Dパターンを照射して画像処理を高速化します。さらに、ミラーの動的なプログラミングにより、印刷プロセスでむらが発生した場合でも補正が可能です。補正は、出力または露光レベルを減衰させ、表面の不均等性に対処する、などの方式で実施します。

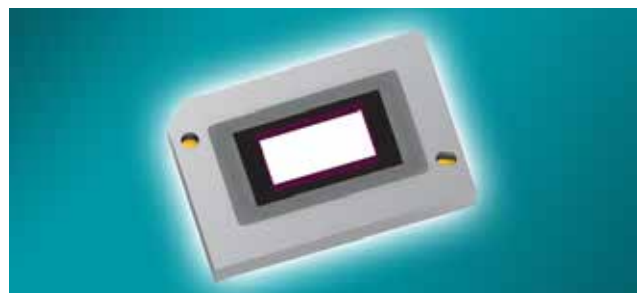


図5：DLP650LNIR 0.65インチ、WXGA大出力DMD。

100万ポイントの光を同時に制御

x列、y行のミラー配列を採用して、レーザー露光システムのプログラミングを容易にし、フレキシビリティを向上させています。レーザー光を使用した1回の照射で2D領域を露光できるので、複雑なイメージを、ポイントごとのレーザー制御システムよりも高速にプリントできます。光学的な画像圧縮手法をDLPチップセットに組み合わせることで、アプリケーションのニーズに応じてピクセルごとの出力を増加または変化させることができます。DLP650LNIRは、1280×800（つまり、100万以上）のマイクロミラーを搭載し、空間光変調を実施します。ミラー・サイズは10.8μmであり、実現できるプリント機能は50μmより微細な解像度です。これは、イメージの縮小を行わない場合の想定です。

NIR 波長のサポート

DLPテクノロジーはさまざまな光源と組み合わせることができ、図6に示すように、紫外線、可視光、NIRの各波長との互換性があります。

DLP650LNIR DMDは、800～2,000nmの範囲内にある光源との組み合わせで使用できますが、950～1,150nmに最適化されており、この範囲内の波長で134W/cm²の入力電力を処理できます。NIRレーザーは、この波長範囲内で、多数の粉末、インク、メディア（印刷媒体）、被印刷物（プリント対象）、感熱性のコーティング材と相互作用するので、焼結、マーキング（刻印）、コード付加、デジタル・プリント、アブレーション（除去）の各市場で広く使用されています。DLP650LNIRは、このようなアプリケーションに、高度な照射、露光、熱制御の機能を追加することができます。

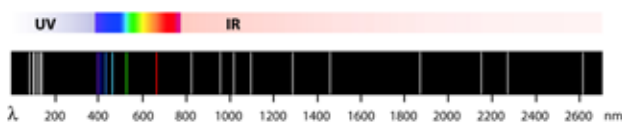


図6：DLPテクノロジーは、363～2,500nmの波長に対応。

パターンと画像の動的なプログラミング

DMDに搭載されるマイクロミラーは、マイクロ秒単位の非常に速い速度で反射方向を切り替えます。DLP650LNIRは、DLPC410コントローラ、DLPR410プログラマブルROM（読み取り専用メモリ）、DLPA200ドライバとの組み合わせにより包括的なチップセットを構成し、12,500Hzのバイナリ（2

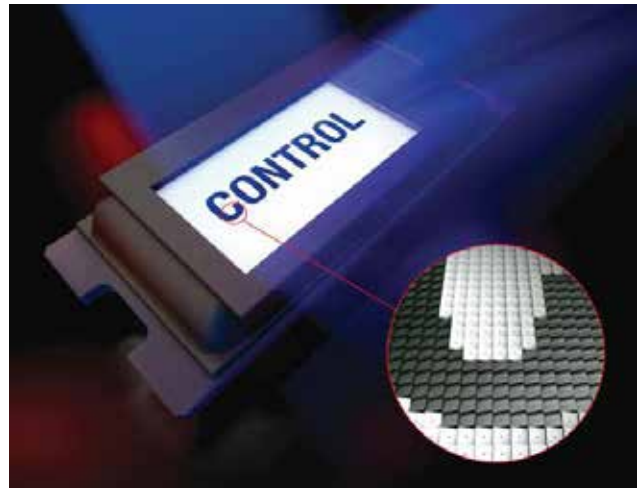


図7：個別ミラー制御によるパターンの適応。

値）パターン・レートを生成します。高速パターン・レートにより、カスタムの複雑なグラフィックを、生産ラインでリアルタイムにプログラムおよび出力することができます。また、図7に示すとおり、高度なプリント手法やインラインでのイメージ補正にパターンを適応させることもできます。

デジタル・コントローラは高いビット深度を実現

DLPミラーは、1秒あたり1,000パターン以上のレートで、図8のような8ビットのグレイスケール・イメージを生成することができます。この方法で、デジタル制御のグレイスケール機能を実現することもできます。これは、ポイント単位のレーザー・システムでは一般的ではありません。ピクセルとパターンの持続時間に関する設定を制御する方法で、オン時間をパターンごとに変化させ、被印刷物（プリント対象）または材質に照射する光の量を制御することができます。この方法で、ドット密度（DPI）の高いグラフィックの印刷や、さらに焼結を促進するための粉末床の事前加熱、または欠陥除去を目的とした高精度パターンの出力を実現できます。DLPテクノロジーは、時間的または空間的な光の制御に対応しているため、産業用のプリント、マーキング（刻印）、コード付加、焼結の各機器で、斬新で優れた一連の機能を開発できるようになります。



図8：DLPテクノロジーは8ビットのグレイスケール・イメージを出力可能。

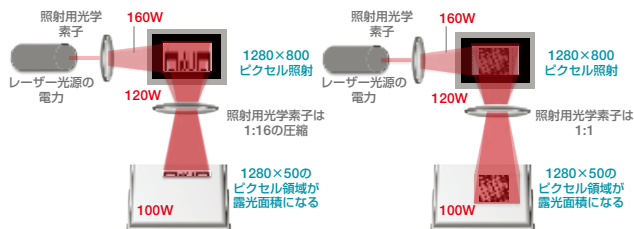


図9: QRコード (a) やグレースケール・イメージ (b) などでピクセルあたりの電力を減衰させる手段としての光学的圧縮。

NIRシステムの設計をすぐに開始するための重要な検討事項

大出力の照射をDLPテクノロジーと組み合わせる場合、DMDの温度管理が非常に重要です。ミラー・アレイの温度を70℃以下、また、DMDパッケージの背面を30℃以下に維持するように光学エンジンを設計する必要があります。大出力レーザーを使用する場合、DMDの背面の水冷を重要な要件としてシステムを設計してください。電力出力を最大化しようとする場合、DMDの前面全体への強制空冷も必要です。熱設計の検討事項の詳細については、『DLP Products thermal design guide: focus on high power NIR laser illumination』アプリケーション・ノート（英語）を参照してください。

設計開始の時点で、設計者は通常、レーザー光源の出力と、想定している出力先材質に対して露光または相互作用させるエネルギーの量を把握しています。

設計にDLPチップを内蔵する場合、光の効率が低下する複数の場所が存在します。主な場所は、入力側にある照射用光学素子、DMD、および出力側の投射用光学素子です。

たとえば、ある設計はDMDで光の25%を失い、出力側光学素子で17%を失うとしましょう。設計の開始時点でDMDへの入射電力が160Wである場合、DMDから反射の形で出力されるのは120Wであり、100Wのエネルギーが投射用光学素子から出力されて、被印刷物（プリント対象）または表面に投射されます。100Wのエネルギーは、1280×800ピクセル全体に分散します。つまり、ピクセルあたり0.1mWです。

これらはただの推定値であり、実際の光学エンジンの設計によって異なります。ただし、ピクセルあたりの電力を判定するためのガイドラインを提示する目的で掲載しました。各DMDの効率を計算するには、個別デバイスのデータシートを使用し、『Wavelength Transmittance Considerations for DLP DMD Window』アプリケーション・ノート（英語）のデータも参照してください。

イメージ圧縮は、図9に示すように、ピクセルあたりの電力を増加させることができる強力な手法です。たとえば、1:16の圧縮を行う出力用光学素子を設計し、100Wを（1280×800行ではなく）1280×50行のミラーに分散させて材質表面に照射する場合、ピクセルあたりの電力が増加し、16倍の1.6mWになります。最終製品の設計仕様と、表面で必要とされる電力に基づいて、イメージ圧縮を任意の数値の組み合わせにすることができます。DLPテクノロジーを使用して大出力のNIRシステムを設計しようとする場合、複数のシステム検討事項とトレードオフを評価する必要があります。

関連 Web サイト:

- [DLP製品の高度な光制御パラメトリック・テーブル。](#)
- [DLP650LNIR、DLPC410、DLPR410、DLPA200](#)各チップセットのデータシート。
- [DLPLCRC410EVMとDLPLCR65NEVMの各評価モジュール。](#)
- [TI E2E™コミュニティのDLP製品フォーラム\(英語\)](#)
- 『[Mounting Hardware and Quick Reference Guide for DLP® Advanced Light Control Digital Micromirror Devices.](#)』（英語）
- 『[Introduction to 12 Degree Orthogonal Digital Micromirror Devices.](#)』（英語）

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションが適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、お客様のみが単独で負うものとします。上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、TI の販売条件 (www.tij.co.jp/ja-jp/legal/termssofsale.html)、または ti.com やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated

日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社