

レーザライン光源の新しいアプローチ

エーエルティー(株) 高野 裕

1. はじめに

レーザライン光源は光切断法による三次元計測が普及するにしたがって高精度化、高速化の要求から新しいアプローチが試みられている。高精度化ではラインの細線化が進みライン幅が10 μm を下回るものが要求されるようになってきた。

これは携帯電話などにおける高密度実装でのバンプ計測などに用いられ、バンプが小さくなるにつれて分解能も小さくなることから細線が要求される。

当社では4 μm ($1/e^2$)も実用化しているがこのレベルになると測定物の表面のスペックル干渉が問題となってくる。

また光切断法ではCCDカメラで撮った画像を通常エッジ抽出から2値化して計算するが、この場合ラインのパワー分布やライン幅が異なるとラインが切れて測定精度が落ちる場合がある。

この為にはパワー分布が一様で、ライン幅が均一な光源が求められるが、従来の単純なシリンドリカルレンズでは単純にガウス分布のレーザを伸ばすだけで不十分な場合が出てきた。

さらに通常の1ラインの光切断法ではワークを移動するか、ライン光源をスキャンすることが必要であったが、測定時間の短縮化やリアルタイム処理から少ない画面での三次元計測がアプローチされている。

このためには従来の1ラインのレーザ光源では足りず、マルチライン、マルチドット、格子ラインなど複雑なラインが求められるようになりつつある。

このためには複数ライン光源を組み合わせる場合もあるが、従来イニシャルコストが高く産業用では使用で

きなかったDOE (回折光学素子) がシミュレーションソフトの改良や製造機械の進化により使用できるようになってきた。

2. 高周波重畳による 低スペックルレーザライン光源

スペックルは干渉の1つで投射レーザビームと表面の微細構造からの反射光との干渉で発生する。これを低減する為にはレーザの干渉性を下げることが必要で、この方法の1つとして高周波重畳が従来から光学ディスクのピックアップで行われている。

ピックアップではレーザダイオード光源と検出ディスク面が共役になる為、ディスク面でのレーザ反射光が投光レーザに戻り、戻り光ノイズを発生して読み取りエラーを発生するための対策である。

実際には200~300 MHzの変調信号をレーザダイオードの駆動電流に重畳させる。原理としてはレーザダイオードの電流を急速に変化させた場合、過渡的に利得が広い波長範囲で損失を上回り複数本の縦モードが発振されシングルモードレーザがマルチモードになることによる。

重畳率は駆動平均電流に対してどの程度の変調電流を与えるかの割合であるが、レーザダイオード駆動電流が大きくなると重畳電流、重畳率の最適化が必要になってくる。

変調周波数は高くなれば効果が増す場合もあるが、この周波数はEMCでの雑音源ともなるし使用する駆動デバイスの特性もあるのでコスト、スペースでメリットが出にくいと思われる。

図1は当社での高周波重畳しているレーザダイオードの光出力の波形である。

図2は当社レーザコリメーションユニットで重畳無しALT-3301と重畳ありALT-3850のレーザ光をコピー紙に照射したもので、レーザダイオード素子、光学系はまったく同じものでレーザドライバ回路に重畳あるものと無いものとのスペックル差である。

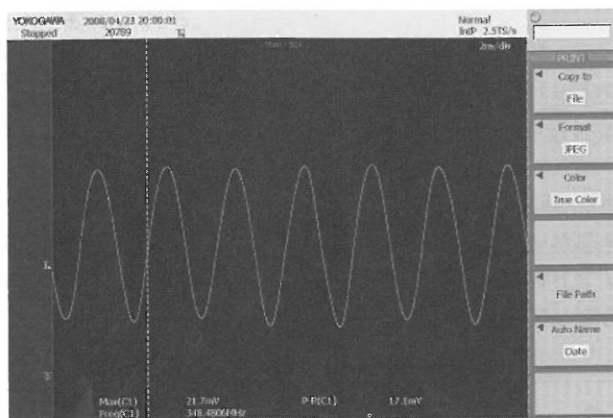


図1

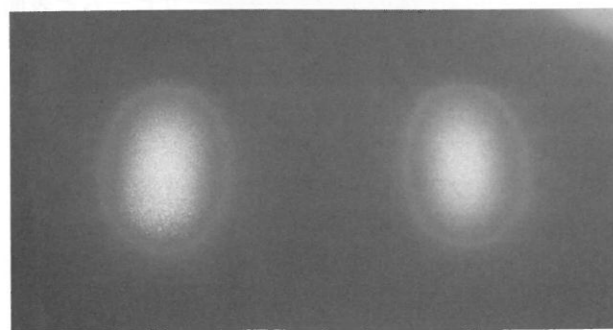


図2

図3はこちらも当社レーザライン光源で重畳無しALT-7100と図4は重畳ありALT-7810をワークに照射しCCDカメラで撮った場合のデータである。こちらもレーザダイオード、光学系は同じであるがノイズが数分の1に低下している。

高周波重畳の特徴としては光学系に特別な工夫をしなくて良いことであり、コリメーション光源、ライン光源、リング光源に適用できる。

また同軸系で戻り光ノイズが問題になるセンサ系にも有効であるし、精密測定でモードホッピングノイズが問題になる場合にも有効である。

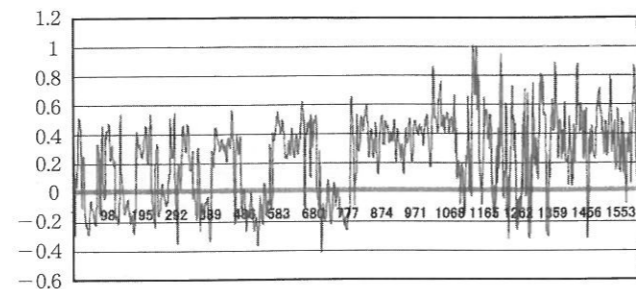


図3

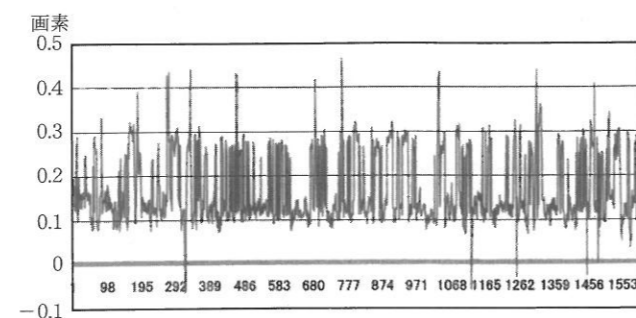


図4

3. レーザライン光源の光学系

ライン光源に求められる特性としては

- ① 必要なワーキングディスタンスにおいて必要なライン長が確保されていること
- ② ライン長内でのパワー分布は均一又は受光レンズのディストーションを考慮した分布となっていること
- ③ ライン長内でのライン幅は一定のこと
- ④ レーザダイオードとの結合効率が良く高出力なラインが得られること
- ⑤ ワークに照射されるレーザビームが平行であること

があるが、それぞれがトレードオフの関係となる場合がある。

従来のライン光源の構成は図5⁽¹⁾のような構成でレーザの放射光をコリメータレンズで平行光とし、これにロッドレンズやシリンドリカルレンズを配置してアナモルフィックにライン長方向を拡大している。

この場合ライン長を長くしようとするとライン長方向の放射角を大きくするか、ワーキングディスタンスを長くする方向となる。

この時ライン幅方向ではワーキングディスタンスを長くするのはライン幅が広がる方向になってしまう。

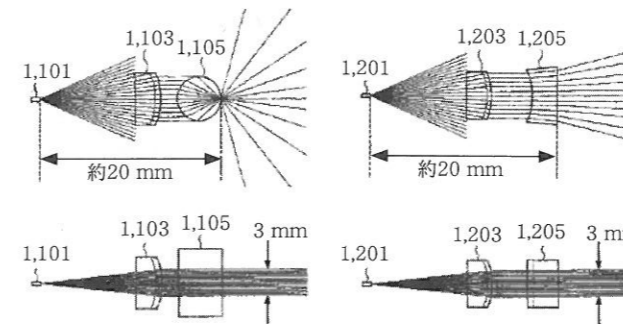


図5

また均一なパワー分布のラインを得ようとしてライン長方向の放射角を大きくすると、必要なライン長に対してのレーザパワーの割合が少なくなり、結果として大きなパワーのレーザダイオードが必要になってきたりする。

ワークに照射されるレーザビームは平行であれば光切断時に影がでず、良好な画像を得ることができる。これらのテレセントリック光学系はライン長以上のレンズ口径が必要であるので短いライン長については対応可能であるが、ライン長が長くなるとコストの面で難しい場合が多い。

図5のような単一素子ではライン長方向の放射角はレンズの曲率と屈折率によるので、曲率が大きいロッドレンズでも硝材の屈折率を上げればさらに放射角を大きくすることができる。

また図6⁽²⁾のように複数レンズを組み合わせることによって200度以上の放射角度を得ることもできる。

ただこれらについては建築用のレーザ墨出器のように照射面が同じようなワーキングディスタンスを持っているものについては良いが、産業用の平面に投射するものについては像面湾曲によりライン幅が一定にできない。

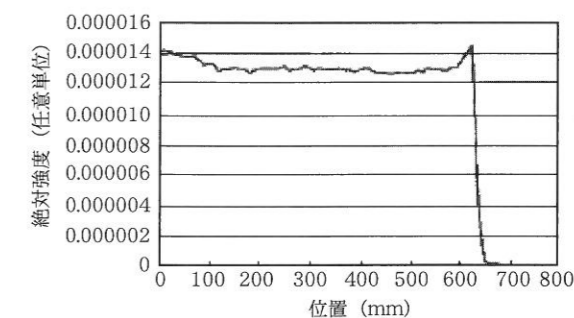
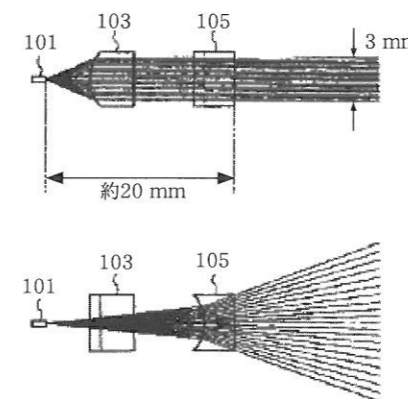


図7

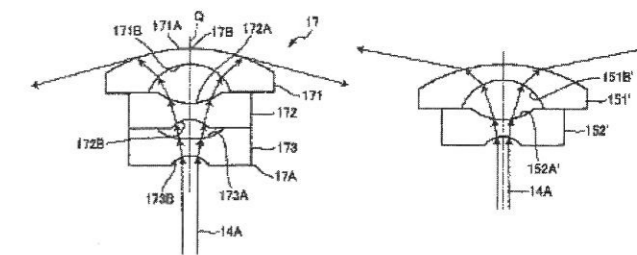


図8

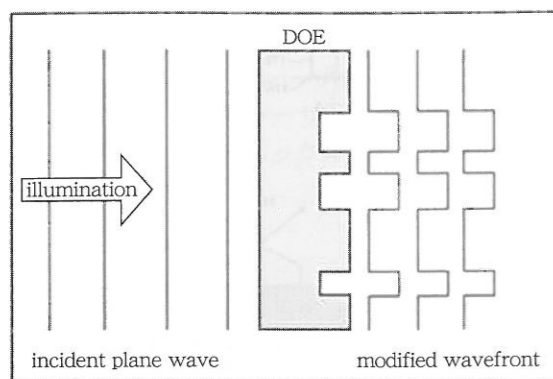
図7⁽¹⁾は従来のライン光源を改善する提案でナルックス楕からガラス自由曲面レンズの構成で実現されている。

これは従来のレーザダイオードからコリメータレンズ+アナモルフィックレンズの構成でなく、自由曲面レンズ2枚の構成で必要なワーキングディスタンスにおいて均一なパワー分布、均一なライン幅とレーザダイオードからの高結合効率を提供している。

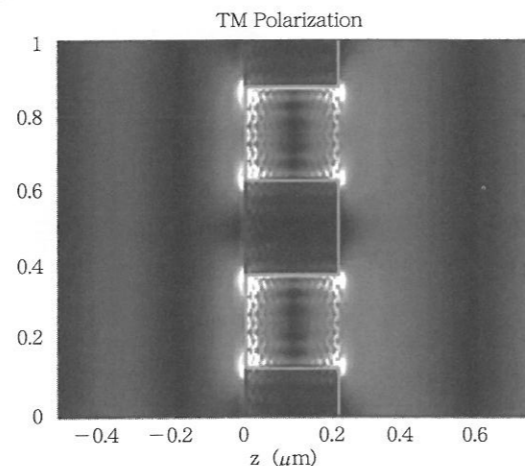
特に検査タクトの短縮や低反射ワークの対応から高出力のライン光源の要求は多いが、従来の光学構成ではレーザダイオードの結合効率は20～30%になることが多い、これに対してこの構成では80%程度が見込まれる。

また通常のCCD用レンズはディストーションにより周辺光量が低下して、照射面の照度が均一でも取り込んだ場合に画像周辺が暗くなる場合がある。

波長オーダーの素子構造を持つ場合、スカラー解析理論では、正確に解析現象を解説できず、結論としてマクスウェル方程式を解く手法＝厳密解析理論を用いる必要がある。



スカラー解析理論
偏光の定義なし
構造のエッジによる定義なし



厳密解析理論
FMM, RCWA, FDTDなど

図8

このレンズシステムではこのためにレンズにあわせて割合でレーザの分布をコントロールすることが可能である。

このレンズシステムのデメリットとしては全ての仕様が同一構成で出来ないことと、自由曲面ガラスレンズの製作に関してイニシャル費用がかかることである。

ただ従来民生用にしか使用できなかった非球面、自由球面が産業用に展開されてきたのは今後の発展が期待できる。

4. マルチライン光源用DOE

DOE (回折光学素子) はDiffractive Optical Elementの略で、 μm 以下の構造により光を干渉で制御する素子である。

その機能としては

- ① レンズ機能
- ② 分岐/合波機能
- ③ 光強度分布変換
- ④ 波長フィルタ機能

があり、ディスク用ピックアップレンズ⁽³⁾、デジタルムービー、LED照明などに用いられている。

これらの設計には従来の幾何光学的な光線追跡では対応できず、スカラー回折理論を用いる場合もあるがこれも構造が波長オーダーになると正確なシミュレーションができない場合がある。

これに対して厳密回折理論では光束を三次元のベク

トルと定義してマクスウェル方程式を解くことにより、DOE構造のエッジに対してのシミュレーションも可能になる(図8⁽⁴⁾)。

これらのシミュレーションソフトも市販されているものでVirtuallabがある⁽⁵⁾。

設計には実際にどのような方法で製造するかを考慮しなければならないが、レーザ描画、Eビーム描画、機械加工などがあり、量産時にレプリカで製造する場合には転写マスター及び転写時の制限も設計に織り込む必要がある(図9⁽⁴⁾)。

DOE素子自体はベースの厚さはあるが表面素子であり、非常に薄く小型化できる。

また分岐素子でも繰返しパターンの中で分岐を行うので素子のアライメントも調整機構を必要としないメリットがある。

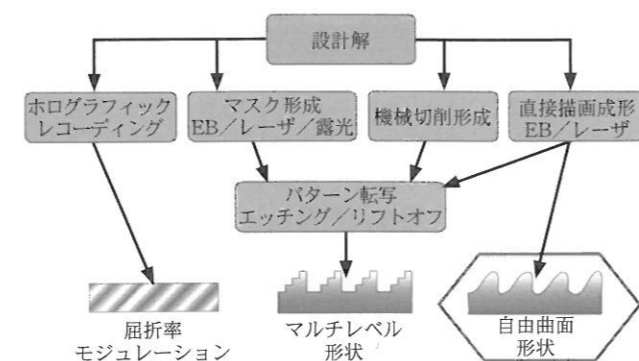


図9

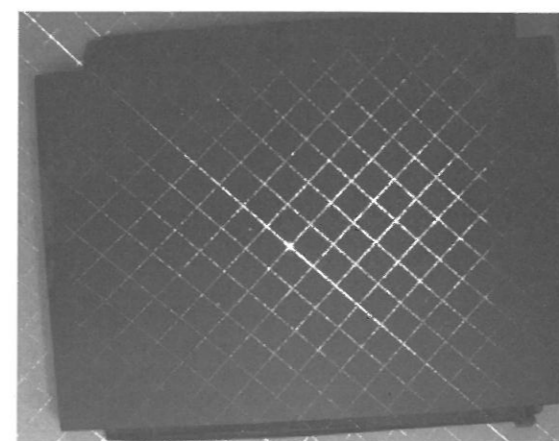


図10

実際に設計製造された例を図10に示すが、0次光の処理、ノイズの処理、湾曲補正など製造技術と設計との連携が必要である。

5. おわりに

民生用のディスクのピックアップではノイズ低減で高周波重畳は従来から用いられてきたが、産業用では数量が少なく駆動デバイスの提供を含めてなかなか適用が難しかった。

また同様に民生用のコリメータレンズでは非球面やレーザプリンタ用などでのトロイダル非球面やバーコードリーダーなどでの自由曲面、デジタルムービーなどでのDOEなど性能は良いがイニシャルコストで産業用の対応が難しかった。

今後どこまで少量多品種の産業用に対応できるか難しい面もあるが、仕様の共通化などある程度の数量が見込まれれば対応が出来るようになりつつある。今後の発展を期待したい。

＜参考文献＞

- (1) 公開特許情報：特開2010-278437
- (2) 公開特許情報：特開2006-317720
- (3) 回折光学素子入門：応用物理学会他、オプトロニクス社
- (4) ㈲ウェブオプト提供
- (5) ライトトランス社web：http://www.lighttrans.com/

【筆者紹介】

高野 裕
エーエルティー㈱ 代表取締役
〒176-0014 東京都練馬区豊玉南1-21-10
TEL：03-5946-7336 FAX：03-5946-7316

— 初歩と実用シリーズ —

ステンレス鋼の基礎と上手な使い方

— ステンレス鋼の本質・製造・使用法 —

B5判・128頁・定価2,625円(税込) 著者 根本 力男

お求めは
日本工業出版(株) 販売課 netsale@nikko-pb.co.jp
フリーダイヤル ☎ 0120-974-250

