

DVD 用光ピックアップの品質向上に貢献する LD/PD 精度検査装置

LD/PD Precision Inspection Machines Contributing to Improvement in Quality of DVD Optical Pickups

宮内 孝 下山 禎朗 関谷 智司

MIYAUCHI Takashi

SHIMOYAMA Sadao

SEKIYA Satoshi

レーザ光を用いて情報の記録や再生を行う DVD 用の光ピックアップのキー部品には、レーザ発光素子(LD)とレーザ受光素子(PD)がある。光ピックアップの製造工程において、LD と PD は位置や角度を高精度に調整され実装されている。

今回、LD と PD の実装精度を全自動で検査する装置を開発した。低衝撃プローブや画像処理アルゴリズムを新規に開発し、レーザ光の射出角測定精度 $\pm 0.1^\circ$ 、位置測定精度 $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下を達成した。開発装置は、既に製造現場に導入されており、光ピックアップの安定的な製造に寄与している。

The laser diode (LD) and photodiode (PD) are key parts of the optical pickup for DVD, which reads and writes information using a laser beam. In the optical pickup manufacturing process, the position and angle of the LD and PD are adjusted with high precision and they are mounted.

Toshiba has developed machines that automatically inspect the mounting condition of LDs and PDs. A low-shock probe and image-processing algorithm were developed, and an angle measurement precision of $\pm 0.1^\circ$ and a position measurement precision of $\pm 1 \mu\text{m}$ were attained. The newly developed machines have already been introduced into a manufacturing site, where they are contributing to the stable manufacturing of optical pickups.

1 まえがき

東芝では、CD や DVD などのディスク状の記憶媒体に対して、光学的に情報の記録や読取りを行う光ピックアップを製造している。光ピックアップでは、レーザ発光素子(LD)から射出したレーザ光が、メディアであるディスク面で反射し、その反射光を受光素子(PD)で受光することで、情報の読み書きを行う(図1)。PDでレーザ光を正しく受光するためには、LDから射出するレーザ光の角度や、LDとPDの相対的な位置関係が重要である。

近年、DVDドライブの記録型への対応や倍速化などに伴い、LDとPDの相対位置精度の向上が必要となってきた。そのため当社では、製品品質の確保のため、LDとPDの実装精度を検査する工程を設けている。今回、この検査工程の省人化と安定化のために、LDの射出角を測定・検査する射出角検査装置と、LDとPDの相対位置を測定・検査する位置検査装置の2機種を開発した。装置の概要と開発ポイントについて述べる。

2 装置の概要

開発した装置の概要を表1に示す。LD射出角検査装置は $\pm 0.1^\circ$ 、LD-PD位置検査装置は $\pm 1 \mu\text{m}$ の精度で検査を行う。この測定精度は、当社で製造している記録型DVDに

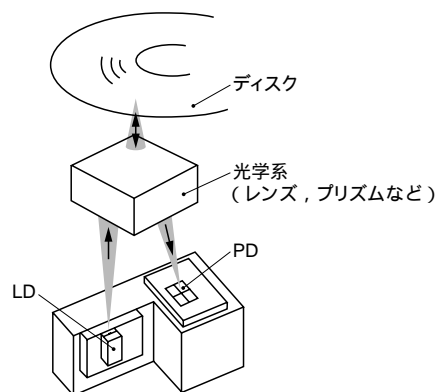


図1 . 光ピックアップの構成 - LD から射出したレーザ光は、ディスク面で反射してPDで受光する。

Structure of optical pickup

対応したピックアップヘッドの品質を確保するために十分な精度である。

次に、装置の構成を図2に示す。2機種の装置は、撮像ユニットや画像処理ソフトウェアを除いて、搬送系やシステム構成を共通にしている。

装置の動作内容は次のとおりである。

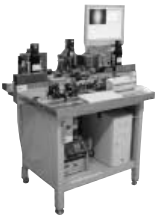

- (1) 基板を搭載したキャリアをローダマガジンから繰り出し、搬送機構によって測定位置へ搬送する。
- (2) 測定位置では、基板を調整ツメで位置合せをした後

に、発光プローブをLDに接触させる。

- (3) 出射角又は位置測定を行い、良/不良の判断をする。
- (4) 測定・検査結果を、パソコン内のハードディスクに保存する。
- (5) キャリアに基板を戻し、アンローダマガジンへ搬送する。

表1. 開発装置の概要

Outline of newly developed machines

装置名	LD出射角検査装置 LDA-200	LD-PD位置検査装置 PDA-200
外観		
測定精度	$\pm 0.1^\circ$	$\pm 1\mu\text{m}$
部品搬送方法	キャリア搬送	
部品供給方法	マガジン供給	
装置寸法 (mm)	900(幅)×750(奥行き)×1,500(高さ)	

した。

- (3) LD-PDの相対位置測定 LDとPDの相対位置を同時計測できるように、低倍率の光学系を採用した。また、LD発光点を正確に計測するため、適正な印加電流値に自動調整する機能を開発した。

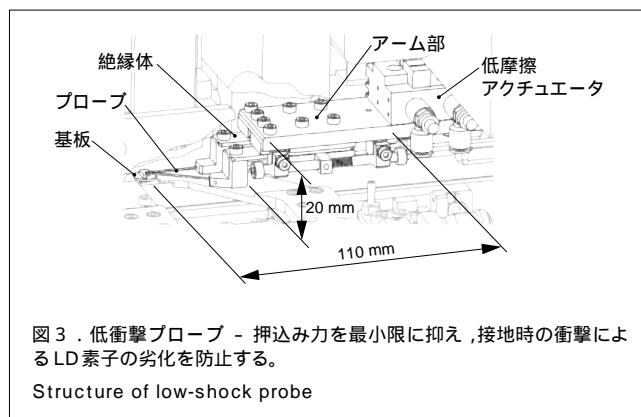
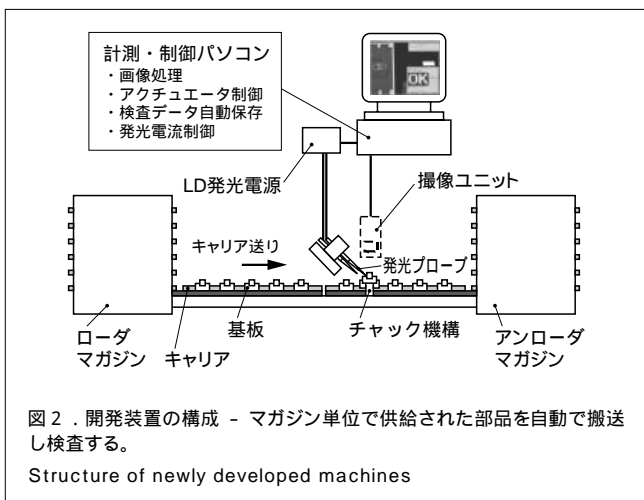
以下、これらについて述べる。

3.1 低衝撃プローブ機構

LDを発光するためには、プローブをLDに接触させて、直流電流を印加する。そのために、図3のようなプローブ機構を開発した。LDは物理的衝撃に弱いため、プローブ接触時の衝撃を最小限にする必要がある。接触時の衝撃を低減するためには、接触の際のプローブ移動速度を低速にすることが有効である。可動部の摩擦が十分に低い機構にすることで、安定した低速移動を可能にした。また、撮像用のCCD(電荷結合素子)カメラや搬送機構により、LD周辺のスペースは限定されている。そのため、アーム部の剛性を高めスペース制約を満足する機構にした。

3.2 LD出射角の測定技術

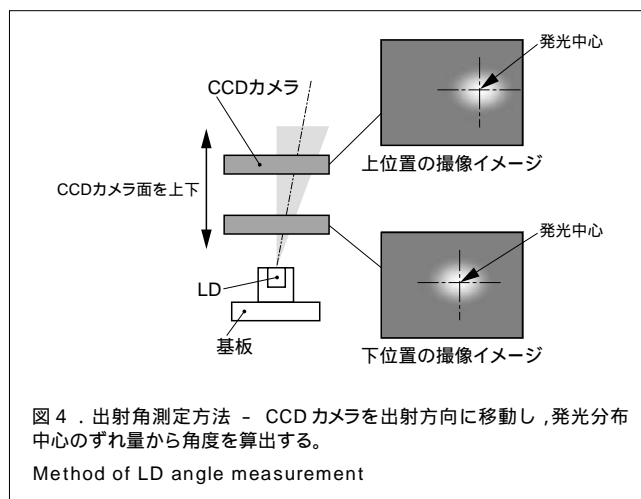
- 3.2.1 測定原理 出射角測定の原理を図4に示す。CCDカメラにLDの出射光を照射して画像を撮像し、次項で



3 装置開発のポイント

装置の開発ポイントは次の3点である。

- (1) 低衝撃なプローブ接触機構 LDを破損することなく発光プローブを接触させるためには、接触時の速度を低くし、衝撃を少なくする必要がある。そのため、可動部の摩擦が少ない機構を開発し、安定した低速度動作を可能にした。
- (2) LDの出射角測定 複数画像の重ね合わせにより、LDの発光分布中心の測定精度を高め、光軸方向の2か所での測定結果からLDの出射角を算出する方法を開発



述べる方法で発光分布中心を求める。この処理を、CCDカメラを出射方向に移動させて2回行い、CCDカメラの移動距離と、2回の発光分布中心のずれ量から出射角を計算する。

3.2.2 発光分布中心の測定 撮像画像から発光分布の中心を求める方法を図5に示す。第一に、CCDカメラで撮像する際に、レーザー光のちらつきや機構の微小振動による影響を低減するために、複数回繰り返して撮像し、重ね合せ処理を行う。次に、その画像に対して、画面縦方向と横方向に投影処理を行う。これは、縦方向又は横方向に並んだ各画素の濃淡データの和を求める処理である。投影処理を行った後、一定値以上のデータを用いて重心を求め、発光分布中心とする。

3.2.3 検証 出射角の測定結果を検証した。検証方法は、精密ゴニオステージに基板を設置し、角度を変化させたときのステージと画像認識による測定値を比較した。結果を図6に示す。最小二乗近似による予測値と測定値の差である残差を求めた結果、残差の3値は、X方向：0.021°、Y方向：0.069°であり、表1に示した測定分解能±0.1°を満足している。

3.3 LD-PD 相対位置の測定技術

LDとPDの相対位置を測定するには、LDの発光点位置とPDの受光点位置を測定する必要がある。画像認識によって相対位置を高精度に測定するためには、二つの検出点を同一カメラで撮像することが望ましい。更に、二つの検出点を撮像する間は、カメラ及び部材を移動させないで行うことがよい。これは、カメラ又は部材が移動するとその移動誤差が、測定誤差として発生するからである。これらを念頭に置いてLDとPDの位置を測定する方法を開発した。

3.3.1 LD 発光点位置の検出 LDの発光面の画像を図7(a)に示す。発光点の大きさは数μm程度なため、図7(a)左の画像のように、低倍率顕微鏡では十分な解像度で撮像できない。また、高倍率顕微鏡を用いれば、発光点形状を図7(a)右のように撮像することができるが形状が不明りょうであり、これでは安定した位置検出は困難である。しかも高倍率顕微鏡を使用するためには、装置を構成するうえで以下の2点の条件が必要になる。

- (1) 部材精度に比べて被写界深度が短いので、オートフォーカスなどによる焦点合せが必要になる。
- (2) LDとPDの測定を一つのCCDカメラの視野に収めることは難しく、複数カメラの使用やカメラを移動することが必要となる。

これらを実現することは、技術的には可能であるが、装置が高価になることや、検査時間の増大につながる。

そこで、この検査装置では、低倍率の光学系でLDの発光点とPDのアライメントマーク両方を撮像するために、LDに微小電流を印加して発光した濃淡重心からその位置を測定

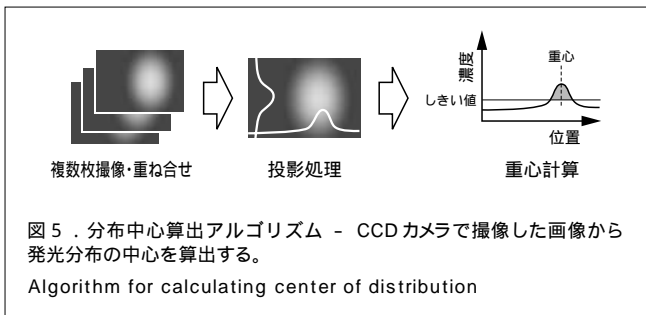


図5．分布中心算出アルゴリズム - CCDカメラで撮像した画像から発光分布の中心を算出する。
Algorithm for calculating center of distribution

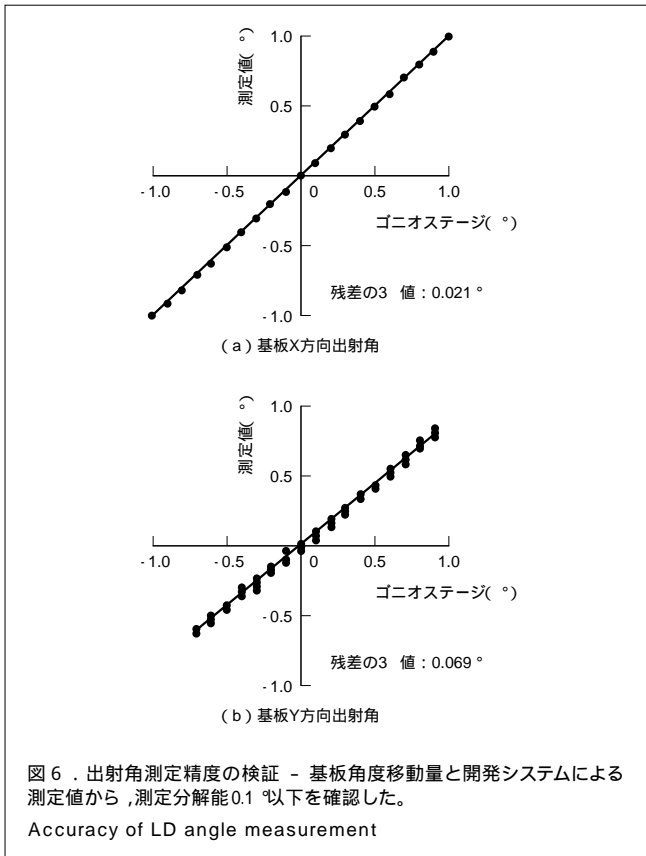


図6．出射角測定精度の検証 - 基板角度移動量と開発システムによる測定値から、測定分解能0.1°以下を確認した。
Accuracy of LD angle measurement

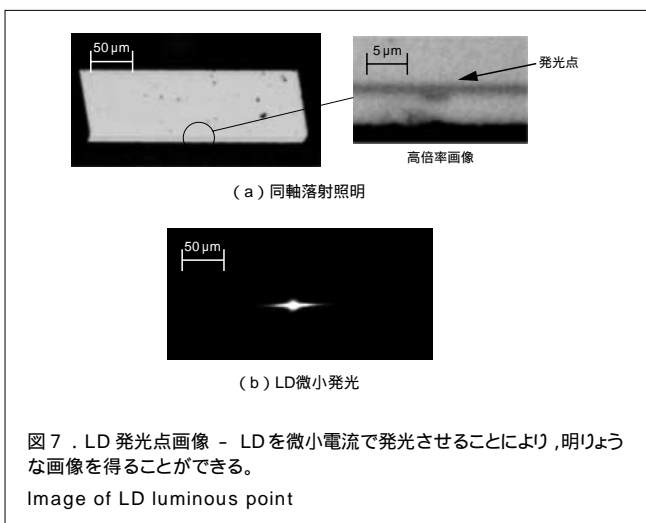


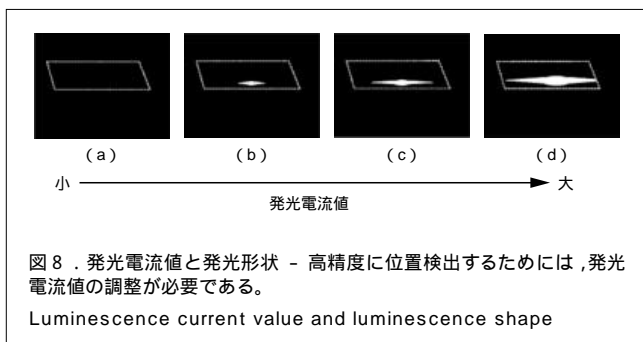
図7．LD 発光点画像 - LDを微小電流で発光させることにより、明りょうな画像を得ることができる。
Image of LD luminous point

する方法を採用した。

その際の、撮像画像を図7(b)に示す。発光点が明りように撮像できていることがわかる。この状態であれば、画像処理により重心を求めることで高精度測定が可能である。

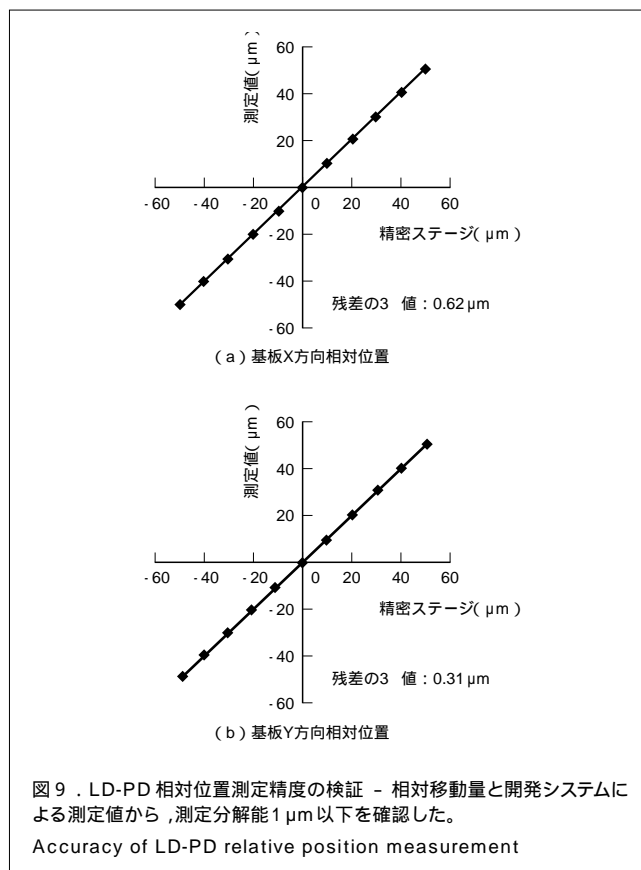
しかし、図7(b)のような画像を撮像するためには、適切な発光形状になるように、発光電流を調整する必要がある。発光電流調整機能について次に述べる。

3.3.2 発光電流の調整 前記の方法で、LD発光点位置を求めることができるが、発光状態が測定精度に影響する。発光電流を増大させていくと、発光点の撮像画像が変化する(図8)。図8(a)は、発光面積が非常に小さい状態である。また図8(d)は、活性層に沿って光がLDの端面に達している状態である。LDの端面は、へき開により形成されたもので数十 μm のばらつきが発生する。図8(d)の状態では、端面位置のばらつきの影響を受けるため測定精度の劣化につながる。図8(b)(c)の状態は(a)や(d)の問題がなく、前記の濃淡重心により発光点位置を求めるのに適している。印加電流と発光形状の関係がLDごとに異なっても、安定して最適な状態で撮像できるように、撮像画像を処理して発光部の面積や縦横比を算出し、その結果から発光電流値をフィードバックする機能を開発した。



3.3.3 PD位置の検出 位置検査装置では、LDの発光位置とPDの受光位置の相対位置を測定する。PDの受光位置は、チップ上のアライメントマークを基準にして測定することができる。このマークは、受光部分を形成する半導体プロセスにおいて同時に形成するもので、その形状は明りようであるため、汎用的な手法である8ビット階調での正規化相関によるパターンマッチング処理を適用した。

3.3.4 検証 LD-PDの相対位置の算出結果を検証した。検証方法は、精密XYステージに基板を設置し、距離を変化させたときのステージと画像認識による測定値を比較した。結果を図9に示す。最小二乗近似による予測値と測定値の差である残差を求めた結果、残差の3値は、X方向： $0.62\ \mu\text{m}$ 、Y方向： $0.31\ \mu\text{m}$ であり、表1に示した測定分解能 $\pm 1\ \mu\text{m}$ を満足している。



4 あとがき

DVD用光ピックアップのキー部品であるLDとPDの実装精度を、全自動で検査する装置を開発した。これらの装置は、既に製造現場で稼働中であり、光ピックアップの製造品質の安定化に寄与している。LDの発光状態から位置や姿勢を測定する技術は、光ピックアップの他の製造工程への応用も可能であり、今後、開発技術の適用範囲を広げていく。



宮内 孝 MIYAUCHI Takashi
生産技術センター メカトロニクス開発センター研究主務。
液晶、ストレージデバイス、半導体の製造装置の研究・開発に従事。
Mechatronics Development Center



下山 禎朗 SHIMOYAMA Sadao
生産技術センター メカトロニクス開発センター研究主務。
液晶、ストレージデバイス、半導体の製造装置の研究・開発に従事。
Mechatronics Development Center



関谷 智司 SEKIYA Satoshi
デジタルメディアネットワーク社 青梅デジタルメディア工場SD製造部主務。DVD用光ピックアップヘッドの製造技術、品質管理業務に従事。
Ome Operations - Digital Media Network