

■ 最近の技術から ■

光ディスク用ピックアップ

後 藤 順 也

(株)東芝電子技術研究所 〒235 横浜市磯子区新杉田町 8

最近急速な成長を続けている光ディスクシステムは、デジタルオーディオディスク(CD), ビデオディスク(VD), 記録・再生ディスク(DRAW)の三つに大別できる。これらの光ディスクメモリーから情報を読み出したり、DRAWディスクの場合には情報を書き込んだりする光学系である光ディスク用ピックアップならびにその光源である半導体レーザーの性能は、驚くべき速さで年々進歩してきている。

光ディスクシステムの心臓部は媒体としてのディスク材料とデバイスとしての光ピックアップである。DRAW用ディスク材料の種類は多く、ほとんどの会社が自社専有の材料を開発している。Te, Te合金, Te-C¹などの薄膜に半導体レーザーからの収束ビームを集光させて溶かしたり蒸発させたりしてピットを形成する方式が大勢を占めている²⁾。また、針状銀がレーザー光で溶けて周辺のゼラチンも溶かして結果的に屈折率変化を起こせる方式³⁾や、TeO₂の膜の屈折率変化を利用して記録している方式⁴⁾もあれば、金属薄膜でなく有機重合体にピットを形成する方式もある⁵⁾。オーディオ、ビデオ用ディスクはプレス技術により量産(規格化)されている⁶⁾。光ピックアップは、CD, VD, DRAWに共有できるところが多いが、アクチュエータの機械的特性すなわち、フォーカス駆動周波数特性やラジアル駆動周波数特性、ピックアップヘッドのアクセス時間特性などはわずかずつ異なる。しかし、光学系の構成に関してはCD, VD, DRAWとも原理的に同一である。前2者は同一の光学部品でよく、DRAW用には、書込みのために半導体レーザーのパルス出力10mWが可能で¹⁾、光ディスク記録面上でレーザー出力を効率よく集光できるようにコリメートレンズのNAがCD用やVD用よりも大きく設計されていること、光ディスクへの入出射面から情報記録面までの間隔とその間の物質(基板)の屈折率が、CDやVDディスクと異なるための対物レンズ設計値が若干異なるだけである。図1には、CD, VD, DRAWに共通して使える光ピックアップの光学系の構成部品の代表的構成例を示す。表1には、前記したこと

をまとめて、比較のために、対物レンズ、コリメートレンズ、半導体レーザーの主な仕様と各ディスク規格などを示す。図2はピックアップの機能を説明するための光ディスク情報記録面上のピットとレーザービームとの関係を示している。CDの場合には直径120mm、厚さ1.2mmのポリカーボネイトディスクに図2のようにピットと呼ばれる凹凸のパターンがスパイラル状に列をしてトラックを形成している。ピットの幅は0.4μm、長さならびにピット間隔は0.9~3.3μm、深さは、位相差法によるディスクトラッキングが可能なように、レーザーの1/4波長よりもわずかにずれた0.11μmである。トラック間隔は1.6μmに設定されている。1回転1静止画を構成しているCAV(constant angular velocity)方式VDを除き、光ディスクは一般に、レーザービームがピットを照射する線速度が一定であるCLV(constant linear velocity)方式で回転している。CDはEFM(eight to fourteen modulation)というデジタル変調のために前述のピット長となるがDRAWの場合には図3のように一定直径(0.4~0.6μm)のディジタル方式が多く採用されている。一方VDはFM(frequency modulation)方式によるアナログ変調であるのでピット長さは0.4~2.0μmである。図4にコンパクトディスクの一部分のみを拡大した顕微鏡写真⁷⁾を示す。

光ピックアップによるディスク信号の読出しはディスクの内周から外周に向かって、対物レンズで収束されたレーザービームスポットによって行なわれる。

ディスクの情報信号を順序よく、正確に読み出すためのピックアップの機能は、ピット面にレーザービームを正確に収束させるためのフォーカス制御ならびに、トラック上を正確にトレースするラジアル制御、さらに、VDやDRAWにおけるカラー画像再生時に必要な時間軸制御の三つがある。フォーカス制御機能におけるレーザー光の焦点位置精度は、±1μmであり、ラジアル制御機能におけるレーザー光のトラッキング位置精度は、±0.1μmという高性能が要求される。VD等のカ

表 1 CD, VD, DRAW 用ディスクおよび光学部品の一例

		CD 用	VD 用	DRAW 用
OL	NA	0.47	0.47	0.5~0.6
	Wd (mm)	2	2	2
	d (mm)	1.2	1.2	1.2~15
	λ (mm)	780	<780	~830
CL	NA	~0.1	~0.1	~0.3
LD	構 造	ほとんどの構造のレーザーが使用できる	内部ストライプ構造が多く採用される傾向にある	
	λ (mm)	780	<780	~800
	出力 (mW)	CW 1~3	CW 1~3	パルス 10~15, CW 1
	CN (dB)	<66 ($\Delta f = 20 \text{ kHz}$)	<75 ($\Delta f = 300 \text{ kHz}$)	
デ イ ク	ピット (μm)	$w=0.4, l=0.9 \sim 3.3,$ $d=0.11$	$w=0.4, l=0.4 \sim 2.0,$ $d=0.1$	0.6~0.7 ϕ
	回転数 (rpm)	210~480	CLV 600~1,800 CAV 1,800	CLV 300~600 CAV 900
	最外径 (mm)	120	300	300
	プログラムスタート (mm)	50	100	100
	プログラム max (mm)	116	290	290
	ディスク厚 (mm)	1.2	2.4 (1.2×2)	2.4 (1.2×2)~3.0

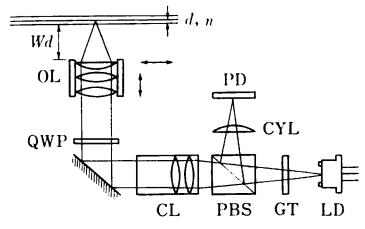


図 1 光ピックアップの光学系

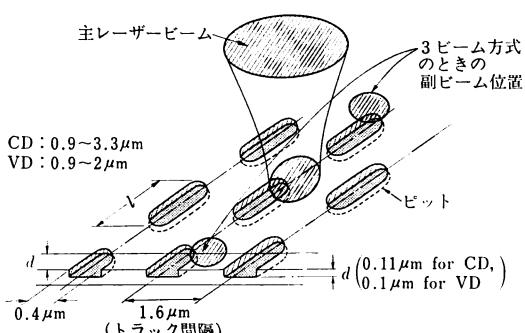
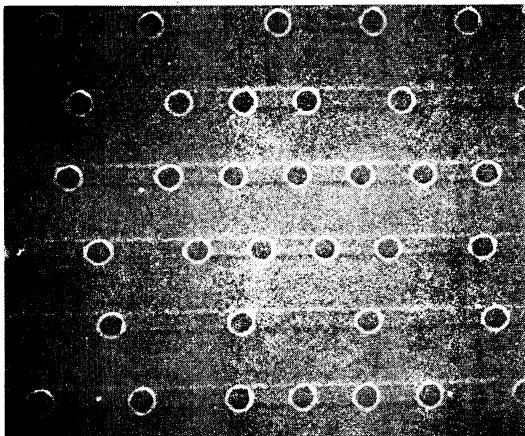


図 2 ディスクにおけるピットとレーザースポット

図 3 DRAW ディスクのピットの一例¹⁾
(~0.78 μmφ, ×3,400)

ラー画像再生に必要な時間軸補正是電気回路的に行なうこともできる。これらの制御を行なうにはスムーズに微小追従できるフォーカス方向およびラジアル方向のアクチュエータならびにサーボ回路などの機械的技術と電気的技術が必要のほか、光学的にはフォーカス位置やトラック位置が目標位置よりどれだけずれているかを検出するフォーカスエラー検出機能⁷⁾とラジアルエラー検出機能⁷⁾が非常に重要である。

フォーカスエラー検出方式には非点収差方式⁷⁾、ビー

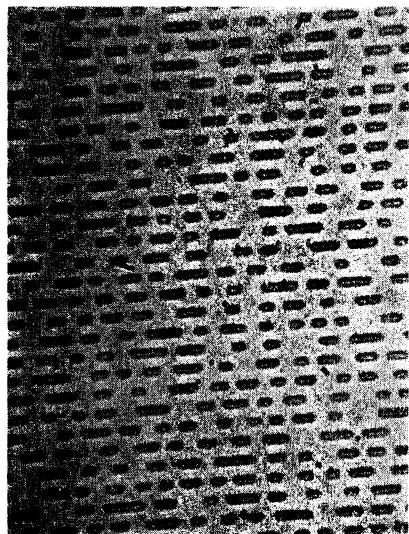


図4 コンパクトディスクの顕微鏡写真⁷⁾
(×1,500)

ム偏心方式、ナイフエッジ方式、臨界角プリズム方式などがあるが非点収差方式が一般的によく採用されている。ラジアルエラー検出方式には半導体レーザービームをピッチ $30\text{ }\mu\text{m}$ 程度の回折格子にて直接透過光と±1次の回折光との計三つのビームに分けて用いる3ビーム法⁷⁾、ピットに照射したレーザー光がピットから散乱・回折されて戻ってくる光の分布を調べるプッシュプル法、ヘテロダイイン法などがあるが3ビーム法(図2)がよく使われている。

光ピックアップ用の半導体レーザーはレーザーの中ではいちばん多く生産され、また良く使われている。CDプレーヤだけに限定しても58年の年間生産量が約40万台であったことを考えると、半導体レーザーの生産量は50万個以上であったことが容易に想像できる。半導体レーザーを使用することの特長としては次の各点があげられる。①小型、低消費電力、出力の自動制御が容易、高速、高出力変調が容易、②セルフパルセーションレーザー(ISSS レーザー⁸⁾)などコヒーレンシィの低いレーザーが容易にでき、光ディスク等から戻ってくる光が再び半導体レーザーに入射しても出力の変動を低く抑えることができる、また、温度変化によるモード変換ノイズの発生を抑えることができる、③半導体技術の開発が進み気相結晶成長技術、エッティング技術、自動マウンティング技術、自動測定技術などにより今後とも量産化、低価格化が期待できる、④外周温度 50°C で、CW 3 mW

の連続出力でも5,000時間の累積故障率が数%以下程度が実現しうることなどである。とくに、②の項は分光応用や一般計測への応用とは異なりレーザーらしからぬ性質、つまり可干涉性のない光源であるほうが光ピックアップヘッドにとって都合がよいことを示しており、特筆すべき点である。もともと半導体レーザーは、気体レーザーに比較してコヒーレンシィはあまり高くないといわれていたが、最近の半導体レーザーの技術の進歩によって、スペクトル幅が数十 MHz ($=5 \times 10^{-4}\text{ \AA}$) 以下のものが得られるようになっている。しかし、このようにコヒーレンシィが良くなると②で述べた戻り光ノイズ発生の原因となる。これに対して内部ストライプ構造をもつレーザー⁸⁾では設計によってはスペクトル幅が前記の $100 \sim 10^3$ 倍程度にすることができる、かつ、モードホッピングノイズ発生も抑えることができる。この場合のノイズレベルは、周波数 $1 \sim 14\text{ MHz}$ 帯で、バンド幅 300 kHz のレーザー光の SN 比を 75 dB にすることができる。

半導体レーザーの出力パワーは CD 用や VD 用にとては十分すぎるほどであるので図1に示した QWP や PBS は、最近では使われない傾向にある。

現在のところ信頼性の点で GaAlAs 半導体レーザーの短波長化は、せいぜい 780 nm どまりである。先行して市販されているビデオディスクは He-Ne レーザーの $6,328\text{ \AA}$ に波長を合わせてピット深さを形成している($0.1\text{ }\mu\text{m}$)ので、できれば半導体レーザーの波長も現在の 780 nm のものと同程度の信頼性をもったままで、もっと短波長化になることを願っているユーザーは多い。

文 献

- Y. Unno and K. Goto: Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., 382, Optical Data Storage (1983) 32.
- N. B. Nill: Laser Focus, Nov. (1983) 16.
- J. Drexler: Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., 420, Optical Storage Media (1983) 57.
- M. Takenaga, et al.: Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., 420 (1983) 173.
- J. J. Wrobel, et al.: Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., 420 (1983) 288.
- 岩村総一: 電気学会雑誌, 98 (1978) 955.
- 後藤顯也: オプトエレクトロニクス入門(オーム社, 1981) p. 185.
- 後藤顯也・栗原春樹: Micro-Opt. News, 1 (1983) 156.

(1984年1月25日受理)