

# デジタルビデオディスク用赤色半導体レーザー

## Visible Laser Diode for Digital Video Disc

松浦 初美  
H. Matsuura

福岡 和雄  
K. Fukuoka

1996年の製品化を旨として、各社でデジタルビデオディスク (DVD) の開発が盛んに進められている。当社は DVD 光源用として赤色半導体レーザー TOLD9450MC を開発した。DVD 用レーザーには、波長が短いこととディスクからの戻り光雑音に対して強いことが要求される。TOLD9450MC は、過飽和吸収領域を構造内に設けた自励発振タイプの 650 nm レーザである。素子自体が自励発振するため高周波重畳回路を外付けしなくても雑音を小さくすることが可能となった。

DVD の製品化、普及に伴い TOLD9450MC の需要も大きく延びることが期待される。

Recently, expectations have been placed on the development of digital video disc (DVD) for both audio-visual and computer storage applications. Toshiba has developed a visible laser diode, model TOLD9450MC, for use as a DVD light source. Short wavelength and low noise are important properties of a laser used as a light source in DVD. The TOLD9450MC is a 650 nm wavelength laser diode with a saturable absorption area in its structure. Since the TOLD9450MC oscillates by itself due to the effect of the saturable absorption area, it operates with low noise and without external high-frequency modulation.

This paper introduces the features of the TOLD9450MC self-pulsation type visible laser diode.

### 1 まえがき

従来のレコードに代わって、コンパクトディスク (CD) は各家庭に普及しており、CD-ROM を使ったゲーム機器や、コンピュータの記憶装置としての CD-ROM も大きくシェアを広げつつある。

このようなマルチメディア時代を反映して、半導体レーザーを光源とした光ディスク装置の開発、実用化が近年活発に行われ、関係者の注目を集めている。最近では、特にディスクサイズの小型化や記録密度の増加をねらった開発が主流となっている。そのなかの一つに DVD がある。

当社が推進した SD (Super Density) 規格は CD と同じ大きさのディスクに約 2 時間分の画像、音声データを記録するというものである。当然書き込まれる情報量は CD の何倍にもなる。

より小さくビームを絞る必要性から、使用される光源としての半導体レーザーも、従来の赤外レーザーより波長の短い可視光レーザーへ要求が移行しつつあり、素子の需要も増加すると考えられる。

当社では、DVD 光源用レーザーとして TOLD9450MC を開発した。ここでは、DVD 光源として半導体レーザーに要求される性能と開発したレーザーの特性を説明する。

図 1 は開発した TOLD9450MC である。



図 1. DVD 用赤色半導体レーザー TOLD9450MC DVD 用の光源として開発した赤色半導体レーザー TOLD9450MC。  
TOLD9450MC visible laser diode for DVD

### 2 当社の可視光レーザー

世界で初めて波長 670 nm の可視光領域で発振するバーコードリーダ用の可視光半導体レーザーを開発して以来、市場の要求に合わせて次々と新製品を開発してきた。

図 2 に当社の製品のラインアップを示す。

最近では、記録・消去・再生用ディスクに対応できる高出力化や短波長レーザーに対する要求が主体となってきている。

当社では書き込み用ディスク光源として使用可能な 30 mW 高

		光出力 (mW)				
		3	5	10	20	30
発振波長 (nm)	700					
	690					TOLD9150 TOLD9151MB
	680				TOLD9140	
	670	TOLD9230	TOLD9221M TOLD9231	TOLD9225		
	660		TOLD9321			
	650	TOLD9412	TOLD9421 TOLD9450MC			
	640					
	630	TOLD9521				

図2. 当社の赤色半導体レーザーラインアップ 製品ラインアップをチップ構造, 光出力, 発振波長で区分して示した。

Lineup of Toshiba visible laser diodes

出力製品 TOLD9151MB や、波長 635 nm の TOLD9521、またシステムの小型化に対応可能な  $\phi$  5.6 小型パッケージ製品 (M シリーズ) まで種々の用途に合った製品を開発、量産している。そして今回、DVD 用光源に最適な低雑音タイプのレーザー TOLD9450MC を開発した。

可視光半導体レーザーには、InGaAlP が材料として使われており、この材料は III 族の組成を変えることで波長を変更することが可能である。

結晶成長には、減圧 MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法を採用している。MOCVD 法は有機金属化合物である材料ガスを反応炉内で高温分解して基板上に成長させるという結晶成長方法である。材料をガスの状態で供給することから、ガスの種類や流量を制御することで組成制御や膜厚制御を容易に行うことが可能である。この方法では広い面積にわたって均一な結晶が得られるため、特性のそろった素子を製造することができる。

### 3 必要な特性

DVD 光源用のレーザーに特に要求される特性は以下のとおりである。

- (1) 短波長
- (2) 低雑音

このほかにも CD 並の信頼性や非点隔差が小さいこと、ディスクの小型化を図る点から小型パッケージが望まれることなどは CD 用レーザーと同様に必要な性能である。

ここでは特に重要な上記 2 項目について必要理由を説明する。

#### 3.1 短波長

短波長レーザーが望まれるのは以下の理由からである。

SD 規格では CD と同じ 120 mm ディスクの中に、5 G バイ

トの情報が記録されることになる。これは CD の記録容量の約 8 倍にあたり、ディスクの記録密度の増加が必要になる。

CD よりも記録密度の高いディスクから情報を読み出すためには、CD に使われている赤外レーザーよりビームを小さく絞れるレーザーが必要になる。絞り込めるビーム径は、波長が短いほど小さくすることができるため、光源用の半導体レーザーは、赤外レーザーより短波長であることが不可欠である。

使うレーザーの波長が短ければ短いほどビームサイズを小さくすることができるのでディスクの記録密度が上がることになるが、開発が進められている青色レーザーは室温連続発振が実現できたばかりであり、信頼性なども含めた実用化にはまだ時間がかかりそうである。

一方、635 nm や 650 nm の波長の赤色レーザーはすでに製品化されており、現状では DVD 光源としてもっとも実用に適していると考えられる。

#### 3.2 低雑音

次に低雑音特性について説明する。

縦単一モードの半導体レーザーは温度が上昇するなど発振する波長が変わると、このときにモードホップノイズといわれる出力の変動が起こる。また、ディスク装置では、レーザー光がディスクの板面に反射してレーザー光源に戻る、いわゆる戻り光が生ずる。戻り光はディスクを使う以上避けることができない。この戻り光によっても縦モードが変動し同様にレーザーの出力の変動が起こる。このような出力の変動は、可干渉性の強い単一縦モードのレーザーで起こりやすい。

ディスクの再生時には、出力を一定にしてレーザーを駆動させるが、雑音特性が悪いとディスクからうまく情報を読み出すことができず、問題となる。

したがって、DVD 用レーザーには低雑音特性が要求される。

## 4 TOLD9450MC

当社では、1991 年に発振波長 650 nm、出力 3 mW の TOLD9412 を世界に先駆けて製品化した。その後、量子井戸構造 (MQW: Multi Quantum Well) を導入して温度特性を大幅に改善した TOLD9421 の開発、製品化を行ってきた。このように、650 nm のレーザー開発ではつねに世の中をリードしてきた。

より短波長の 635 nm レーザーは、650 nm レーザーと比べると温度特性的に不利になることは避けられない。例えば、高温動作時の雑音特性や信頼性に影響がでることが考えられる。

当社ではこの波長帯での豊富な実績と、製品として小型パッケージに組み込まねばならないことを考えて、DVD 光源用のレーザーは 650 nm 帯の波長にすることを決定した。

DVD 用レーザーは低雑音でなければならないことをさきに述べたが、半導体レーザーの雑音を防ぐ手段としては、レーザーの縦モードを多モード化して素子の可干渉性を小さくすること

で対策するのが一般的である。これには二つの方法がある。

一つは、高周波で半導体レーザに変調をかけて縦モードを多モード化する方法である。しかし、この方法では半導体レーザのほかに高周波変調回路が必要となり、装置の小型化や低コスト化を図るうえでの支障になる。

もう一つの方法は、半導体レーザ自体にパルセーション機能をもたせて縦モードを多モードにする方法である（このようなレーザを自励発振レーザと呼ぶ）。この方法は前者のような別回路を使う必要がなく、ディスク装置の設計では、非常にメリットがあるといえる。

TOLD9450MCは過飽和吸収層を設けることで、自励発振を実現した。レーザのしきい値は75 mA、波長は650 nm、パッケージはφ5.6である。

TOLD9450MCのパッケージ形状とピン接続を図3に、最大定格と主要特性を表1に示す。

#### 4.1 縦モード特性

自励発振するTOLD9450MCと通常の赤色レーザの光出力4 mWでの縦モードとビジビリティを図4に示す。ビジビリティはレーザの可干渉性を示すもので、光路長を変えた二つのミラー間でレーザ光を干渉させたときの干渉光の強度から求めた数値である。光路長差ゼロのピークと次のピークの比が1に近いほど可干渉性が強いことを表している。

TOLD9450MCは縦多モードになっており、ビジビリティから、可干渉性が小さくなっていることがわかる。

#### 4.2 雑音特性

雑音特性は、相対雑音強度  $RIN$  (Relative Intensity Noise) で判断する。

表1. TOLD9450MCの最大定格と主要特性

Maximum ratings and main characteristics of TOLD9450MC

最大定格 ( $T_C = 25^\circ\text{C}$ )

項目	記号	定格	単位
光出力	$P_o$	5	mW
LD逆電圧	$V_{R(LD)}$	2	V
PD逆電圧	$V_{R(PD)}$	30	V
動作温度	$T_C$	-10~60	$^\circ\text{C}$
保存温度	$T_{STG}$	-40~85	$^\circ\text{C}$

電気・光学的特性 ( $T_C = 25^\circ\text{C}$ )

項目	記号	測定条件	標準	単位
しきい値電流	$I_{th}$	CW動作	75	mA
動作電流	$I_{op}$	$P_o = 4\text{ mW}$	85	mA
動作電圧	$V_{op}$	$P_o = 4\text{ mW}$	2.4	V
発振ピーク波長	$\lambda_p$	$P_o = 4\text{ mW}$	650	nm
ビーム広がり角	$\theta_H$	$P_o = 4\text{ mW}$	8.5	$^\circ$
	$\theta_L$	$P_o = 4\text{ mW}$	33	$^\circ$
非点隔差	AS	$P_o = 4\text{ mW}$	15	$\mu\text{m}$

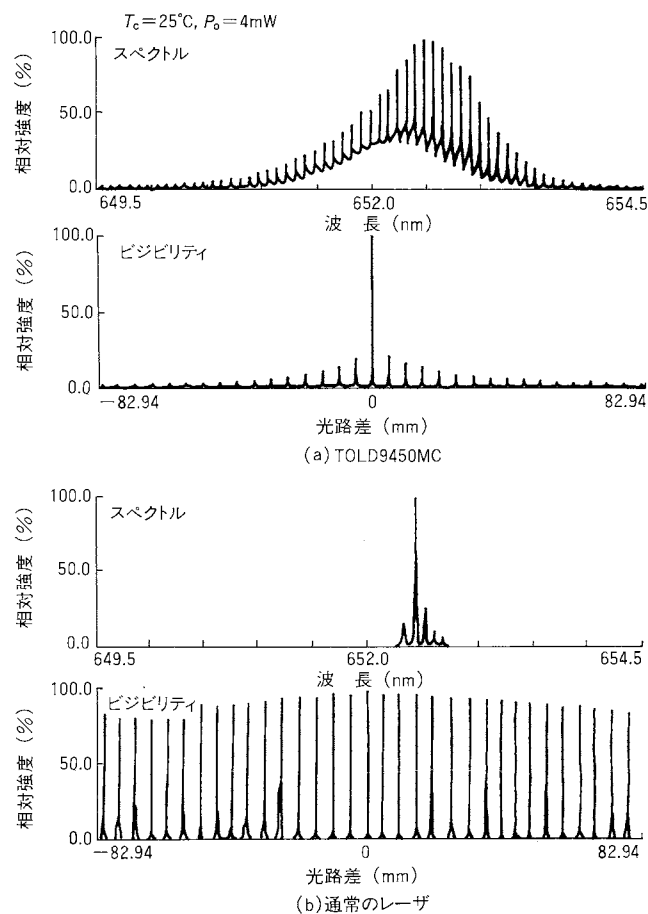


図4. スペクトルとビジビリティ比較 TOLD9450MCは縦多モードで発振していること、および可干渉性が小さくなっている。 Comparison of lasing spectrum and visibility

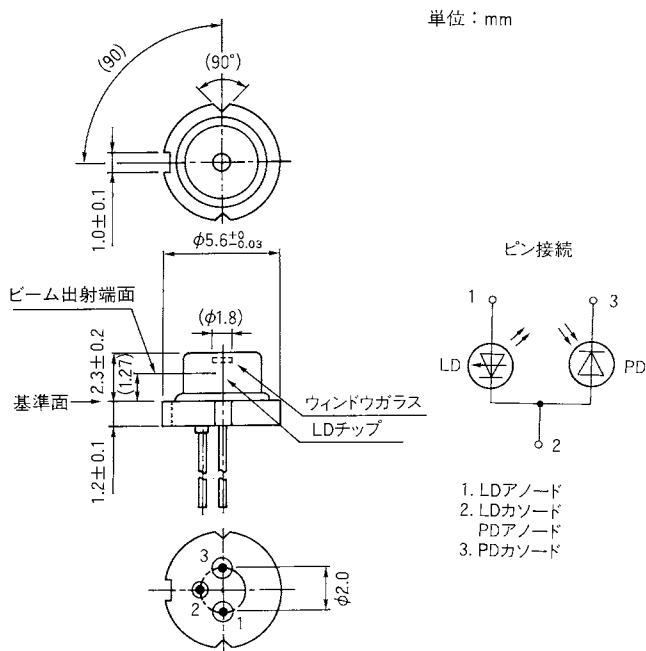


図3. TOLD9450MCのパッケージ形状とピン接続 パッケージは、φ5.6の小型タイプ、ピン接続はレーザダイオード (LD) カソードとフォトダイオード (PD) アノードが共通となっている。

Package dimensions and pin connections of TOLD9450MC

RIN は次のように定義される。

$$RIN = \frac{(P_{AC})^2}{(P_{DC})^2} \cdot \frac{1}{BW} \quad (1)$$

$P_{AC}$  = 測定光出力の AC 成分      $BW$  = 測定帯域幅

$P_{DC}$  = 測定光出力の DC 成分

自励発振しているレーザとしていないレーザの RIN を戻り光量を変化させて測定した結果を図 5 に、RIN のパワー依存性を図 6 に示す。

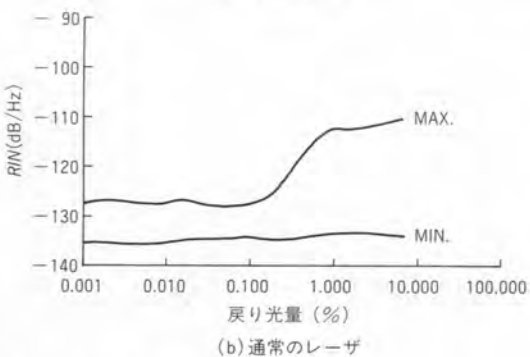
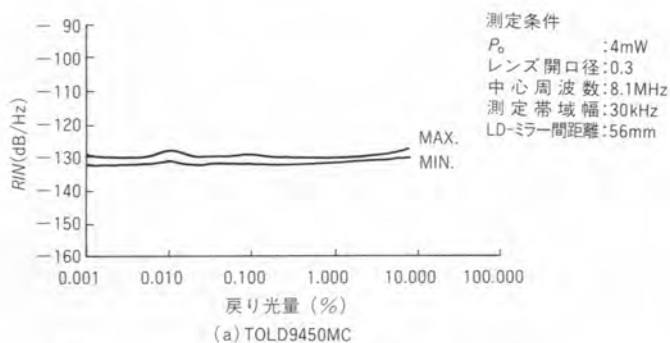


図 5. 相対雑音強度 RIN の比較 TOLD9450MC は戻り光量によらず安定して RIN 値が -130 dB/Hz 程度になっている。

Comparison of RIN difference

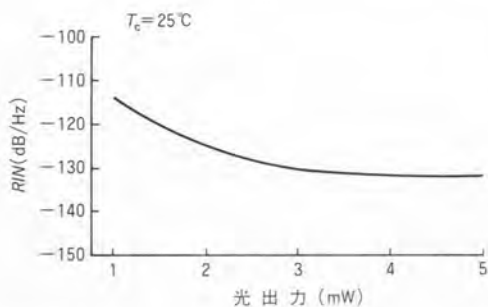


図 6. 相対雑音強度 RIN の光出力依存性 3 mW から RIN が小さくなることわかる。

Power dependence of RIN

自励発振レーザの RIN は戻り光量によらず安定して -130 dB/Hz 程度になっており、通常のレーザより戻り光に対して強くなっていること、図 6 から 3 mW 以上の出力で RIN が十分小さくなっていることがわかる。

波長 650 nm の自励発振レーザをケース温度 55°C、出力 5 mW で駆動したときの動作電流変動を図 7 に示す。

期待寿命としては、MTTF (平均故障間隔) 5,000 時間以上が推定される。

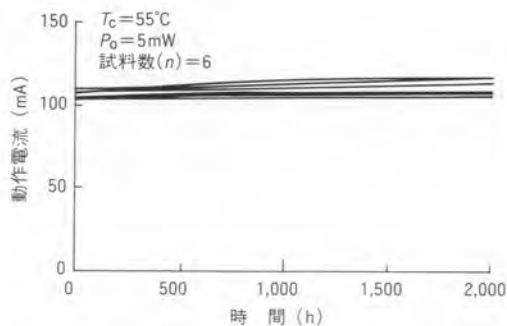


図 7. TOLD9450MC の信頼性  $T_c = 55^\circ\text{C}$ 、 $P_o = 5\text{ mW}$  での信頼性。MTTF 5,000 時間以上が推定される。

Reliability of TOLD9450MC

## 5 あとがき

次世代のマルチメディアとして各社で盛んに開発が行われている DVD 用の赤色半導体レーザ TOLD9450MC を開発した。

高密度で記録された情報を再生するため、波長は可視光領域である 650 nm とし、素子自体に発振機能をもっているため、外付けの高周波重畳回路なしで戻り光雑音に強いレーザが実現できた。これは、DVD 光源としての性能を十分に満たしているといえる。

今後、DVD の製品化、普及に伴い TOLD9450MC の需要も大きく伸びることが期待される。



松浦 初美 Hatsumi Matsuura

1982 年入社。赤色半導体レーザの開発に従事。現在、半導体システム技術センター大船分室光半導体応用技術部主務。  
Semiconductor System Engineering Center



福岡 和雄 Kazuo Fukuoka

1983 年入社。光半導体製品の開発に従事。現在、半導体システム技術センター大船分室光半導体応用技術部課長。  
Semiconductor System Engineering Center