

半導体レーザー開発物語

片山 忠則

電子デバイス事業本部 システムデバイス第3事業部

はじめに

当社は、業界で初めて赤外半導体レーザーを量産しました。それはCDがこの世に産み出された時代（1982年）の事です。半導体レーザーの研究は世界中で行われていましたが、製品化については多くのメーカーの先陣を切って当社が成功しました。半導体レーザーの歴史はいわば光ディスクの歴史そのものであり、CDというメディアは半導体レーザーの開発なくしては誕生しなかったと言えます。そしてCDからDVDへ、DVDからBDへと光ディスクの進化と共に歩んできました。半導体レーザーは、その誕生から長年に渡って当社オンリーワン商品を支えるキーデバイスとして活躍しています。

1 半導体レーザーとは

半導体レーザーとは文字通り「半導体」と「レーザー」を組み合わせた言葉であり、「レーザー」は英語表記で「LASER」と記し、Light Amplification by Stimulated Emission of Radiationの頭文字を取った合成語です。直訳すると「放射誘導放出による光増幅」となりますが、詳しく説明するには本一冊分くらいの執筆量になりますので、本稿では割愛させていただきます。

簡単に言えば、レーザー装置あるいはレーザー素子から発光するレーザー光は非常にエネルギーが密集している真直ぐな光という事になります。

日常生活で感じる太陽光や蛍光灯の光は様々な波長成分を含んでいますが、レーザー光は、ほぼ単一の波長成分なので可視光であれば非常にクリアな色を表現できます。身近な事例としては、レーザーポインターやコンサート会場などでレーザー光を目にする機会があります。

また、レーザーは加工用や医療用などに使用される固体レーザー、液体レーザー、ガスレーザーなどがあり、用途により使い分けられています。中でも、最も数多く、しかも日常生活

に近い場面で活躍しているのは半導体レーザーです。

半導体レーザーは、他のレーザーに比べ、小型でかつ安価、しかも低消費電力のため、光ファイバーによる光通信、主に音楽を記録再生するCD、主に映像を記録再生するDVDやBD用の光ディスクドライブ、オフィスやコンビニ等で見かけるコピー機など、我々の身近にある多様な商品の中で活躍しており、当社商品にも数多く搭載されています（[図1](#)）。

これら商品は、何れも半導体レーザーが発明されなければ、この世に存

在しなかったか、或いは普及しなかったと考えられます。

半導体レーザーは、通常集積回路に多く使用されるシリコン（Si）材料ではなく化合物半導体を材料として作られます。

主にCD/DVD用途に使用される波長帯域が785/660nm程度の光を発生させる基板材料にはGaAs（ガリウム砒素）が使用され、主にBD用途の405nm程度の光を発生させる基板材料には、GaN（窒化ガリウム）が使用されます（[図2](#)）。



図1 半導体レーザー応用商品（当社商品例）

規格	CD	DVD	BD
年代	1982年頃	1998年頃	2004年頃
容量	650MB	4.7GB (CDの約7倍)	25GB (CDの約38倍)
基板材料	GaAs	GaAs	GaN
半導体レーザ波長	785nm	660nm	405nm



図2 光ディスク用途別波長と基板材料

2 半導体レーザ黎明期

当社は、半導体レーザの研究開発を1960年代初頭から行っています。

数名の技術者で研究をスタートし、当初はレーザを利用したディスプレイの実現を目指していました。また半導体レーザと同様に、化合物半導体を原材料とする発光デバイスであるLEDについても研究開発を進め、1970年代より量産を開始しています。

長年に渡る基礎的な研究およびLEDの量産化技術を基に製品化した半導体レーザを、1981年に当社製レジスター装置に供給し始めました(図3)。しかし、生産数量は月産30~50台程度で、本格的な大量生産は1982年の家庭用CDプレーヤが登場してからになります。

3 赤外半導体レーザ

1982年に業界で初めて商品化された家庭用CDプレーヤ(SONY社製)に、当社が開発した半導体レーザが搭載されました。

当時、数多くのメーカーが半導体レーザの開発を行っていましたが、製品化には、長寿命化が課題でした。

当社は、独自のP型GaAs基板

を使用したVSIS (V-channelled Substrate Inner Stripe) 構造(図4)の開発により、他社に先駆けて約4万時間という製品寿命を達成し、業界で初めてCDプレーヤ用赤外半導体レーザの量産化に成功しました(表1)。

VSIS構造とは、結晶内部にV型の溝を作り電流を流す領域を絞り込むことによって効率的にレーザ光を取り出せる構造です。

また、1983年には、業界初となる半導体レーザを用いたLD(レーザディスク)プレーヤ(パイオニア社製)にも採用されています。その後、音楽CDやLDの普及と共に赤外半導体レーザの市場は拡大していきます。

1980年代末頃からはパソコン用のCD-ROMドライブ、1992年に発売開始した音楽用MDも徐々に普及し始めて、赤外半導体レーザの需要は益々増大していきました。

1990年代後半からは、パソコン用のCD-R/RWドライブが普及し始めて、やがてドライブの高倍速記録競争が起こりました。

CD-R/RWの記録速度を向上させるためには、半導体レーザの光出力を向上させる必要がありました。当

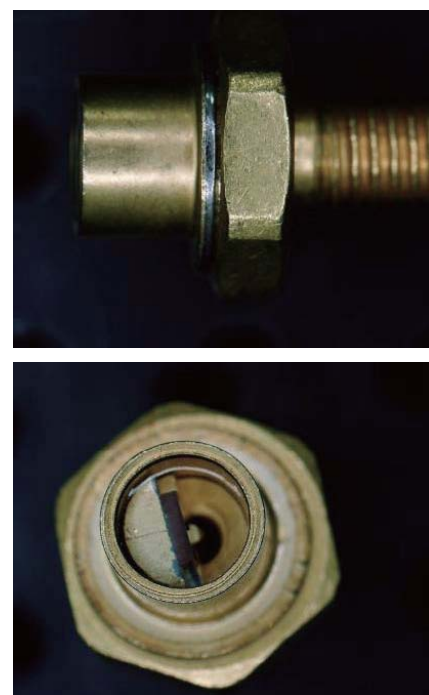
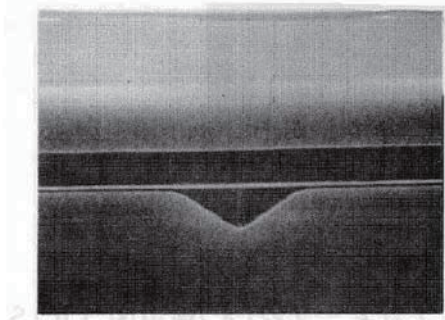
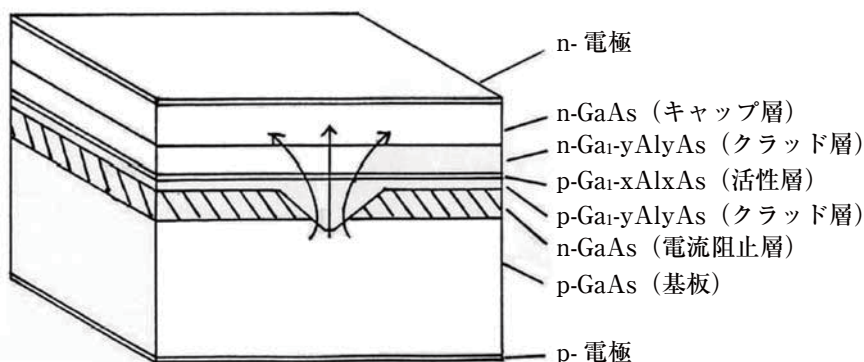


図3 1981年当時
レジスター向け半導体レーザ

社では赤外半導体レーザの高出力化においても、これまでの実績を基に業界をリードし、2000年には業界初となる16倍速CD記録用赤外高出力半導体レーザを、2002年には48倍速CD記録用赤外高出力半導体レーザを開発しています(表1)。



上記図の電子顕微鏡画像

図4 VSIS構造

4 集積化技術

当社のオンリーワンデバイスとしてホログラムの技術を半導体レーザに応用したホログラムレーザがあります。

ホログラムとはガラスや樹脂などの表面に細かい溝を多数刻んだ回折格子の一種で、溝のパターンにより、表面に当たったレーザ光をある角度で曲げたり、レンズ効果を持たせた

りすることが出来ます。

ホログラムレーザでは信号検出用の受光素子（OPIC）とレーザチップを同一パッケージに内蔵しており、ホログラム素子を用いて光ディスクからの光をOPICに導いています。ホログラムレーザを用いると光ピックアップユニットの心臓部を集積化でき、その構成を非常に簡素なものにする事が出来ます（図5）。光ピックアップユニットとは光ディ

スクドライブの基幹部品であり、半導体レーザ、レンズ、ドライブICなどを組み込んだ非常に精密なデバイスです。

当社は、1988年にCD用のホログラムレーザを業界で初めて開発しています（表1）。優れた温度特性と高信頼性、さらには省スペースを特長としておりこれを用いた光ピックアップユニットは、性能を損なうことなく小型・薄型化が可能となりました。

ホログラムレーザが誕生した結果、持ち運び可能な小型のポータブルCDや、車の中での厳しい環境でも動作する車載用CDプレーヤが実現可能となり、新しい商品ジャンルの創出に貢献しました。図5は、CD用光ピックアップユニットの例ですが、後述しますDVD用の赤色半導体レーザが開発されると、この技術を応用したDVD用のホログラムレーザも開発されました。

一般的に、DVD用の光ピックアップユニットでは、下位互換のため赤色と赤外の2種類の半導体レーザを必要とし、その光学系の構築にはCD用より高度な技術が要求されますが、DVD用ホログラムレーザの開発によりDVD用の光ピックアップユニットの光学系も容易に構築する事が可能となりました。

表1 当社の半導体レーザ開発の歴史

年	内 容	説 明
1982年	業界初、CD用半導体レーザを開発	VSIS構造を採用し、半導体レーザの量産化に成功
1988年	業界初、CD用ホログラムレーザを開発	光ピックアップの機能の大半をユニット化し、高信頼性を実現
1992年	業界初、MD用ホログラムレーザの開発	MDプレーヤの小型化に貢献
1993年	業界初、CD-ROM用OPIC（注）内蔵ホログラムレーザを開発	内蔵のフォトダイオードとICを一体化し、高倍速再生を実現
1998年	業界初、波長帯域635nm、高温動作型 30mWの半導体レーザを開発	DVDオーサリング（編集）システムに採用
2000年	業界初、16倍速CD記録用赤外高出力半導体レーザを開発	CD記録ドライブの倍速競争の激化
2001年	業界初、4倍速DVD記録用赤色高出力半導体レーザを開発	DVD記録ドライブの倍速競争の発端
2002年	業界初、48倍速CD記録用赤外高出力半導体レーザを開発	CD記録ドライブの倍速競争のほぼ最終段階に採用
2006年	業界最薄 1.8mm厚 350mW高出力 赤色半導体レーザを開発	DVD記録ドライブの倍速競争のほぼ最終段階に採用
2006年	青紫色 20mW半導体レーザを開発	BD/HD-DVD再生用として100万個を超える量産実績を実現
2007年	業界最高水準 BD記録用 青紫色 210mW半導体レーザを開発	BD記録ドライブの倍速競争の発端

（注）OPICは当社の登録商標でOptical ICを表象しています。
フォトダイオードとその信号処理回路（IC）を1チップ化したものです。

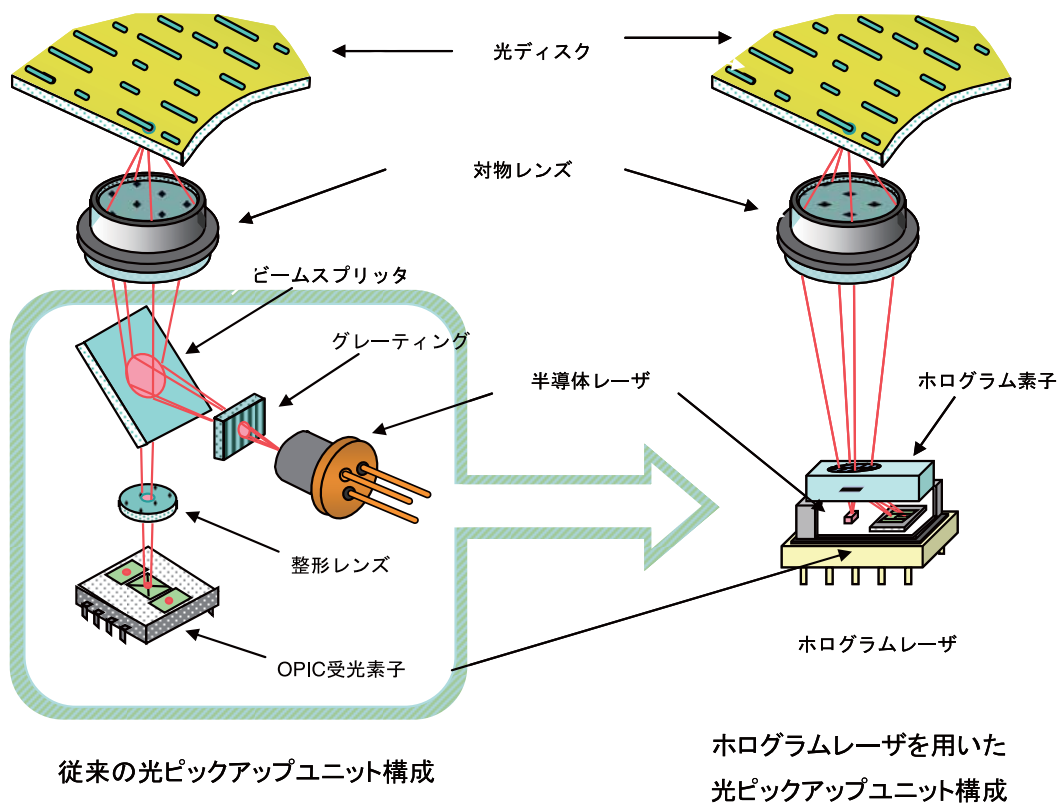


図5 光ピックアップユニットの構成図

5 赤色半導体レーザー

当社の半導体レーザー事業は、赤外半導体レーザーの成功により市場を謳歌する時代が長く続きましたが、パソコン用の光ディスクドライブ市場がCDからDVDへと遷移し始めると、次第にDVD用の赤色半導体レーザーの需要が増大していきました。

1990年代後半、DVD用の赤色半導体レーザーはオーサリング規格（編集のための業務用途規格）として、

波長帯域635nm程度で開発がスタートしました。

1998年、当社は635nm帯域の赤色半導体レーザーにおいてオーサリング用として業界初となる高温動作型30mWの赤色半導体レーザーを開発しました（表1）。

一方、民生用途でのDVD用赤色

半導体レーザーは660nm付近の波長で規格化され、1999年には、業界初となる液晶付きポータブルDVDプレーヤにDVD用の赤色ホログラムレーザーを供給し、当社のオンリーワン商品の創出に貢献しました（図6）。

やがて、CD-R/RWと同様にDVD



図6 業界初、液晶付きポータブルDVDプレーヤ（赤色半導体レーザー応用商品）



図7 三原工場（2002年に操業開始）

用赤色半導体レーザーにおいても高出力化、高倍速記録、加えて、小型（薄型）、低価格化競争が起こります。

この競争を勝ち抜くためには、より効率的な組織体制を築き、開発スピードを上げる必要がありました。

そこで、我々は2004年に奈良県新庄町（同年10月より葛城市）、大和郡山市、天理市に分散していた管理部門、研究開発部門、技術部門、品質部門、生産部門を2002年に操業を開始し主にレーザーチップの生産を行っていた広島県三原市の工場へ集結し、化合物半導体事業の本拠地としました（図7）。

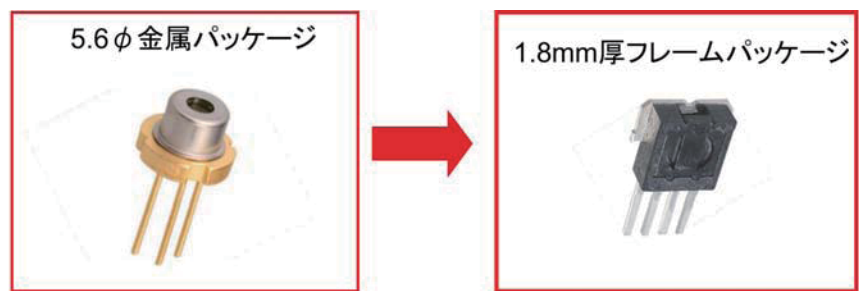
組織体制を強化したことにより、開発スピードが上がり赤色半導体レーザーの高出力化についても競争力が増し、大幅なコストダウンを実現した1.8mm厚フレームパッケージを開発する事ができました（図8）。

従来、赤色高出力半導体レーザーは、1個単位で製造するキャンタイプと呼ばれる金属パッケージを採用していましたが、フレームタイプでは1枚のフレーム枠に40個の素子を連続して組立てる事が可能となり、部材コストの削減だけでなく、大幅な製造コストの削減が可能となりました。

また、放熱性を確保しながらも小型化、薄型化した1.8mm厚フレームパッケージの製品は、複数のメーカーにご採用頂きました。以降CD/DVD用の半導体レーザーにおいて、同様のフレームタイプの薄型パッケージは業界標準的なものとなりました。

こうして、当社が赤色高出力半導体レーザーにフレームパッケージを開発した事がきっかけとなり、DVDドライブは一段と普及し、AV用途の応用商品である家庭用DVDレコーダも新たに登場しました。

2006年には、350mWクラスの光出力としては、業界最薄となる赤色高



銅合金と樹脂を一体成型した1.8mm厚フレームパッケージでは、従来品(5.6φ 金属パッケージ)では困難だった連続組立てが可能となりました

図8 赤色高出力半導体レーザーのパッケージ

出力半導体レーザーを開発する（表1）など、赤色半導体レーザーの分野においても業界トップの新製品を生み出す事ができました。

6 青紫色半導体レーザー

前述の組織体制強化には、天理市にある総合開発センターで最先端の要素技術開発を推進していたメンバーも三原工場に集結し、赤色に加え、青紫色半導体レーザーの量産へ向けた開発も進めました。さらには、問題点の原因分析と対策を効率的に行うため、生産現場としては異例の解析専門の部隊を結成し、本部隊にも研究開発部門メンバーを参画させ一層の強化を図りました。

三原工場への本拠地移転により、多くの従業員が転勤をしました。単身赴任の従業員も多く、新天地でのスタートは慣れない環境の中で、決して順調なものではありませんでしたが、青紫色半導体レーザーの量産化という大きな目標に向かって全員一丸となって取り組みました。

開発を進めて行くうえで、様々な問題点をクリアする必要があり、設計や解析を担当する若手エンジニアを中心に、生産および生産技術部門とも連携しながら、三原第一工場の3Fにある会議室【通称「タコ部屋」】に集まっては日々議論を繰り返す毎日でした（図9）。

課題のひとつにはGaN基板の格子定数差や熱膨張係数の差から結晶成長させたウェハ内にクラックが多数生じ、レーザーとして発光しない箇所が多く生じるという問題があり、大きな障害要因となっていました。

試行錯誤の結果、基板上に予め余分な応力を分散するための溝を設けて結晶成長を行う方法を確認し、クラックの発生を著しく抑えることに成功しました。

また、製品として必要とされる寿命の確保という課題に対しては、独自のレーザーチップ端面保護技術（レーザー光の発熱によるチップ端面の劣化を防ぐ技術）を開発し、高信頼性を達成しています。さらに、これまで、CD/DVD用など長年の半導体レーザー開発で培ってきた製造技術と組み合わせ、2006年ついに低出力（20mW出力）青紫色半導体レーザー（GH04020A2G）の量産に成功しま



図9 会議室【通称「タコ部屋」】の風景

した(表1)。

この青紫色半導体レーザーの量産に際して、三原工場ではウェハからチップにする工程を第一工場で行い、チップを実装し組立てて製品として仕上げる工程を第二工場で行う一貫生産体制を新たに構築しました。これにより、開発期間と生産リードタイムを従来に比べて大幅に短縮できました。

開発、生産、品質など関連部門が全て三原工場に集結しているため、生産品を直ぐに現場で確認でき、開発から生産に渡る様々な問題への対応が迅速に行える体制もリードタイム短縮に有効でした。

2006年10月には、210mWの高出力化を実現する技術を確立(2007年春に量産化)し、レーザー関連の国際学会(International Workshop on Nitride Semiconductors)で発表しました。青紫色半導体レーザーにおいてもCD/DVD同様高出力化のニーズがあり、この発表は、業界で大きな話題を呼び、一気に青紫色半導体レーザーの高出力化競争が激化しました。

一般的に、映画やゲームなどのコンテンツが入ったBDの再生には、20mW程度の出力で十分ですが、映像やデータを記録する場合には、

より大きな出力が必要となります。

レーザー光の利用効率を左右する光ピックアップユニットの構成にも依存しますが、例えば、片面1層タイプのBDの場合は120mW~130mWで2倍速、170mWで4倍速、200mWで6倍速、240mWで8倍速など、出力と比例して記録速度が速くなり(記録時間の短縮)、利便性が向上します。

また2層ディスクに対しては、より大きな出力が必要とされます。現段階では、具体的な規格化はされていませんが、3~4層と更に多層化したBDディスクが市場に出る頃には500mW程度の出力が必要だと言われています。

7 垂直統合展開

当社では光ディスクドライブの基幹部品である光ピックアップユニットも生産しています。特にBD用の光ピックアップユニットは、3種類(赤外、赤、青紫)の半導体レーザーが必要であり、光学部品の緻密な調整を要するため、国内でも数社しか量産できない精密デバイスです。多様なAV商品事業を保有している強みを活かした垂直統合戦略を展開しており、直近のモデル(HPD-925)はブルーレイ内蔵AQUOSに搭載さ

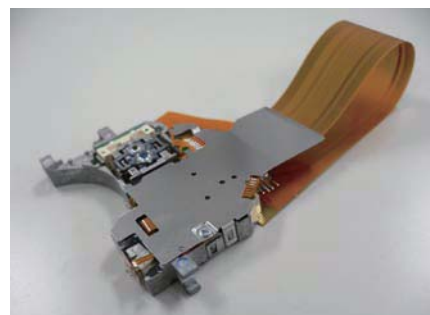


図10 ブルーレイ内蔵AQUOSに搭載された光ピックアップユニット(HPD-925)

れています(図10)。

8 おわりに

当社は1982年以来、長年に渡って半導体レーザーの開発・生産を続けている業界トップメーカーです。

新規分野であるディスプレイやプロジェクタ用途への応用が期待できる緑色レーザーや、ますます高出力が必要とされる青紫色レーザーなど、半導体レーザーの開発は、CD用半導体レーザーの量産開始から30年近く経った今も精力的に続けています。

これからも、これまで培ってきた豊富な技術と経験を活かし、ユーザーの様々なニーズに対応する新たな応用商品を実現するキーデバイスの創出に取り組んで参ります。