

Fig. 4-10: L-I characteristic of FP laser, with 200 μm long active region.

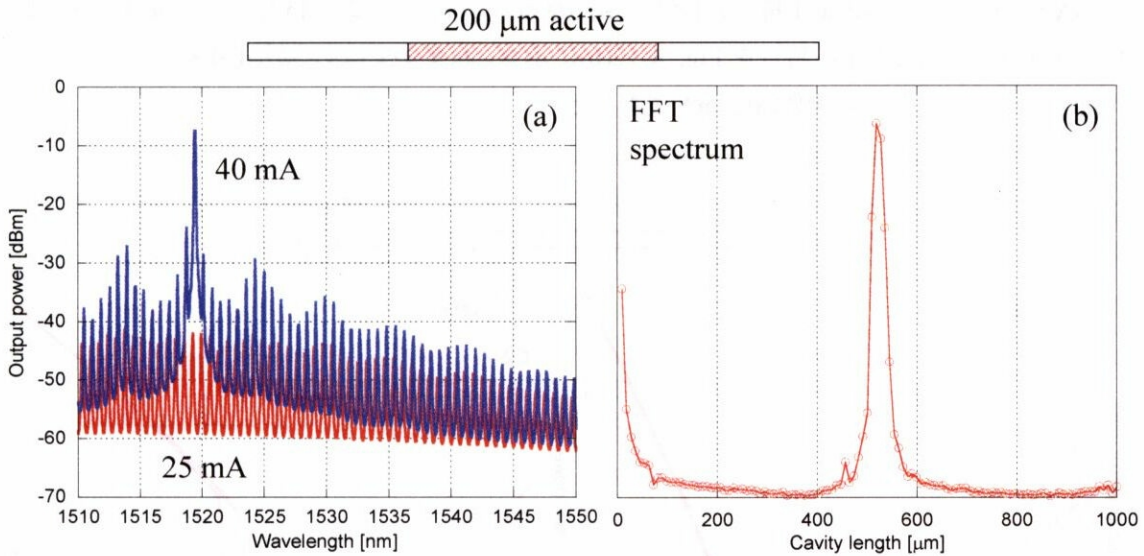


Fig. 4-11: (a) Lasing spectrum of FP laser, with 200 μm long active region. (b) FFT result of ASE spectrum.

発振波長は、全体が Active となっているレーザー (Fig. 4-5 では 1535 nm) や、300 μm の Active 領域をもつレーザー (Fig. 4-7, Fig. 4-9 ではおよそ 1529 nm) よりもさらに短波長化しているのが分かる。これもこれまでの傾向と同様に短い領域にたくさんの電流を注入したことによるバンドフィリング効果によるものと考えられる。

以上の内容により、結晶成長や導波路の作製プロセスには問題はなく、この手法を用いて滑らかな Active / passive 界面が得られることが分かった。

4.4. 双安定 FP レーザーの特性

ここから、様々な長さの過飽和吸収体(SA)を持つ双安定レーザー(BLD)の特性について述べる。BLD は Active / passive 集積をしなくても電極分離をするだけで作製することはできるが、ここでは利得部分と SA 部分で電極を分離するとともに活性層を取り除いている。

まず、全体 $500\ \mu\text{m}$ のうち $25\ \mu\text{m}$ の長さの SA を持つ BLD の L-I 特性を Fig. 4-12 に示す。SA を取り付けたことによるヒステリシスの有無を調べるため、これまでの L-I 特性とは違い、電流スキャンを往復させている。すなわち、まず $0\ \text{mA}$ から $40\ \text{mA}$ まで注入電流を増やしたのち、そのまま $40\ \text{mA}$ から $0\ \text{mA}$ まで注入電流を下げながら光出力を測定している。

発振しきい値電流は $27.5\ \text{mA}$ であり、 $40\ \text{mA}$ の電流注入で $0.67\ \text{mW}$ の光出力が得られた。また、SA をつけたことにより L-I 特性に段差が見られるようになった(2.5, [39]参照)。発振しきい値付近のみ詳細に測定した L-I 特性を Fig. 4-12(b)に示す。わずかではあるが、L-I 特性にヒステリシスが見られた。ヒステリシスの幅は $0.2\ \text{mA}$ であった。

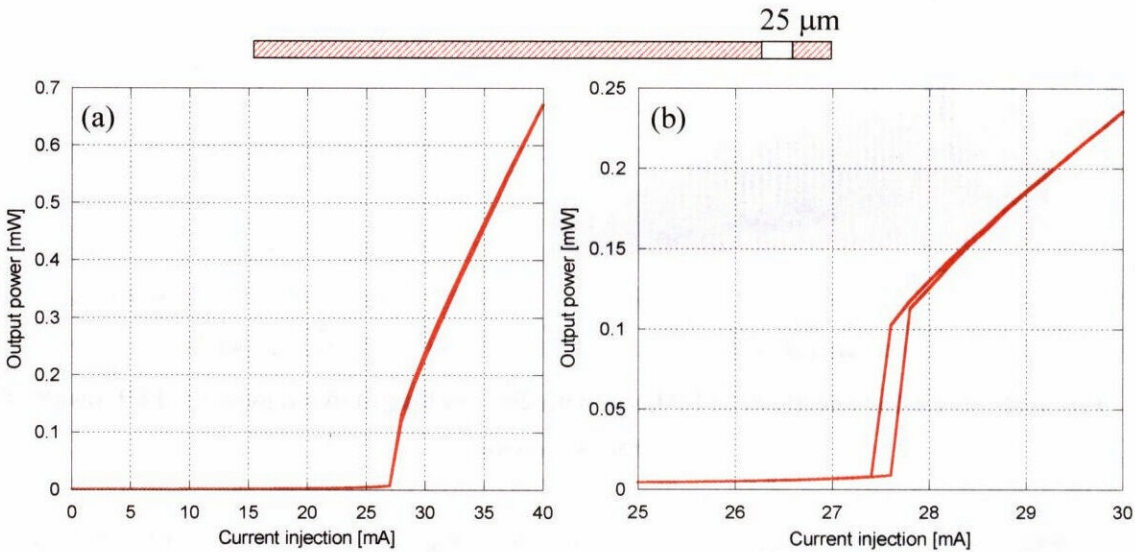


Fig. 4-12: L-I characteristics of BLD with $25\ \mu\text{m}$ long SA.

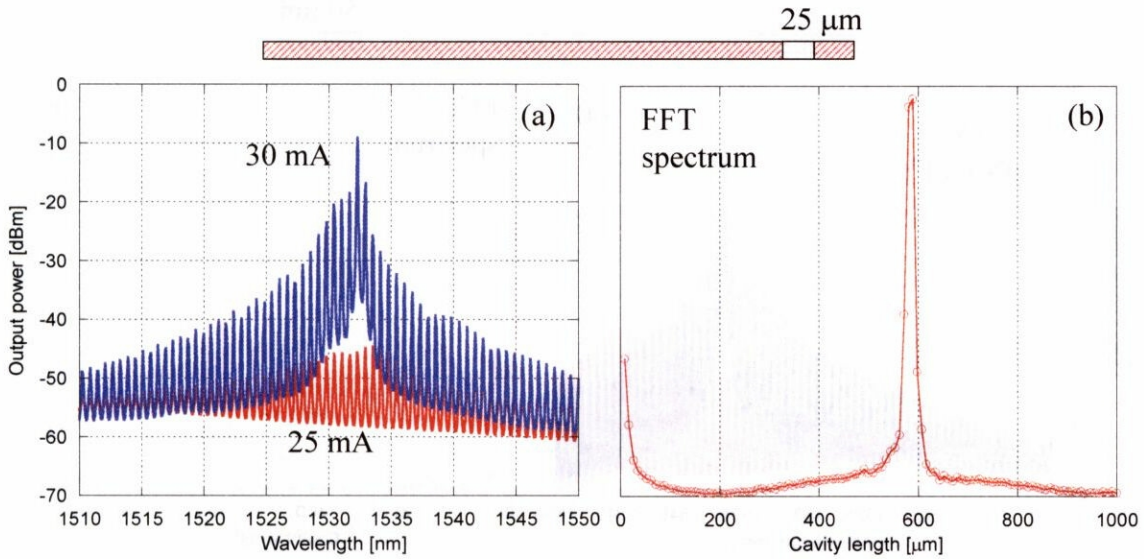


Fig. 4-13: (a) Lasing spectrum of BLD with 25 μm long SA. (b) FFT result of ASE spectrum.

SAの長さが25 μm のBLDの発振スペクトルを、25 mAと30 mAの電流注入値において Fig. 4-13(a)に示す。発振波長は1532 nmであった。また25 mAの電流注入におけるASEの振幅が、短波側で小さくなっているのが分かる。これはSAをつけたことにより、4.3のFPレーザーとは違い短波側でSAの吸収が起こるためと考えられる。

また、25 mAの電流注入におけるASEスペクトルをフーリエ変換した結果を Fig. 4-13(b)に示す。これまでのFPレーザーとは別の部分なので、全体の共振器長に差はあるが、これまでのFPレーザーの結果同様、590 μm 付近にのみ強いピークが得られた。

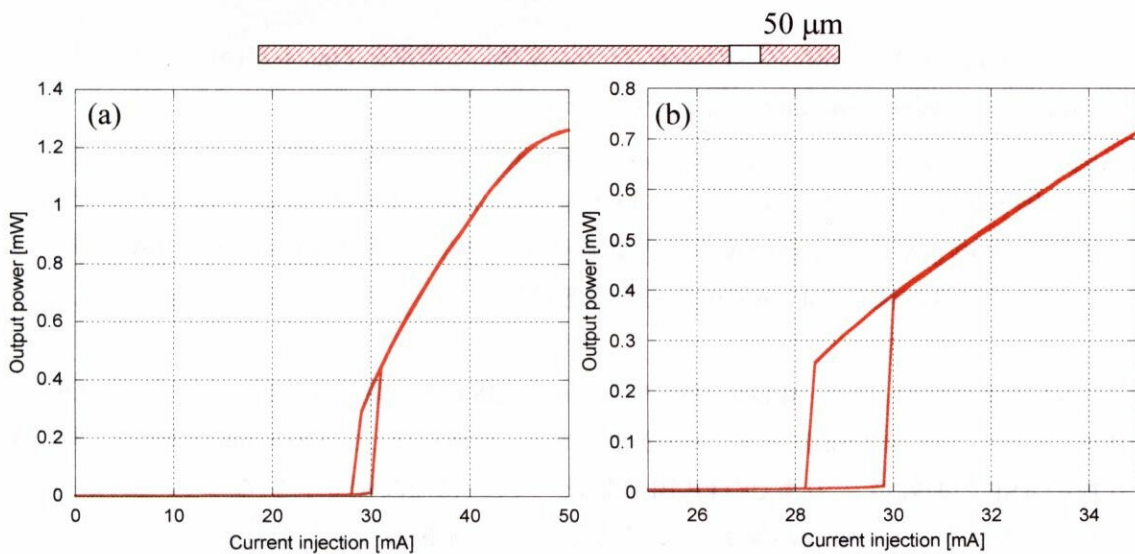


Fig. 4-14: L-I characteristics of BLD with 50 μm long SA.

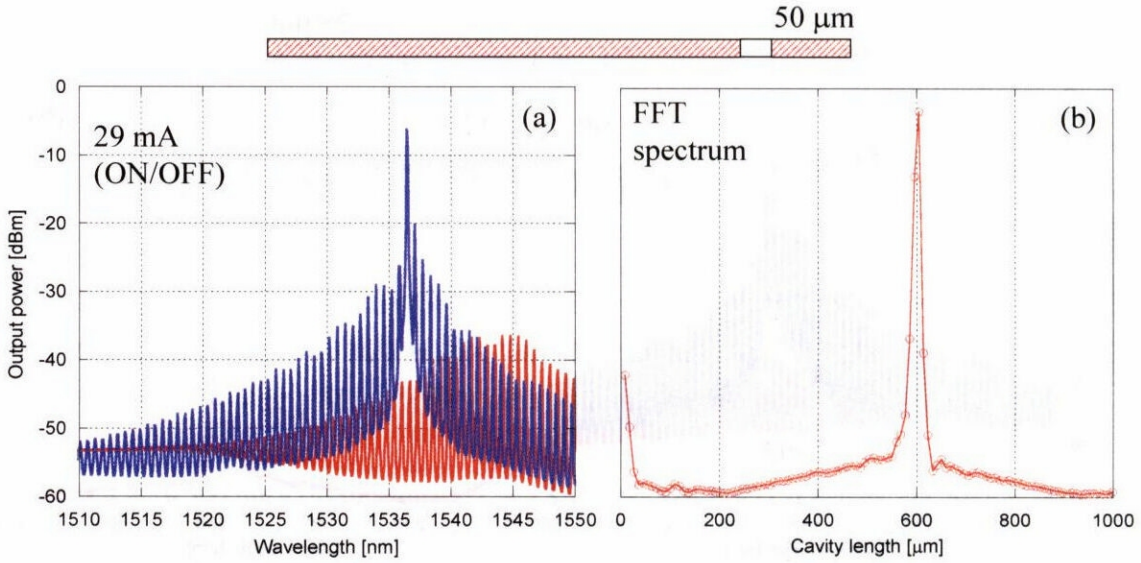


Fig. 4-15: (a) Lasing spectrum of BLD with 50 μm long SA. (b) FFT result of ASE spectrum.

全体 500 μm のうち 50 μm の長さの SA をもつ BLD の L-I 特性を Fig. 4-14 に示す。発振しきい値電流は 30 mA であり、50 mA の注入電流で 1.25 mW の光出力を得た。また、SA の非線形吸収により L-I 特性に幅約 1.6 mA のヒステリシスを得た。

SA の長さが 50 μm の BLD の発振スペクトルを、29 mA の電流注入値において ON/OFF の 2 状態について Fig. 4-15(a) に示す。発振波長は 1536.5 nm であった。また OFF 状態の ASE の振幅が、25 μm の長さの SA を持つ BLD に比べてさらに短波側で小さくなっているのが分かる。このことより短波長での吸収が強まっているのが分かる。発振波長が SA 長 25 μm のものと比べて長波長化しているのはこれが原因と考えられる。

また、OFF 状態の ASE スペクトルをフーリエ変換した結果を Fig. 4-15(b) に示す。これまでの FP-BLD の結果同様、590 μm 付近にのみ強いピークが得られた。

全体 500 μm のうち 75 μm の長さの SA をもつ BLD の L-I 特性を Fig. 4-16 に示す。発振しきい値電流は 40 mA であり、45 mA の注入電流で 0.7 mW の光出力を得た。また、SA の非線形吸収により L-I 特性に幅約 2.4 mA のヒステリシスを得た。

SA の長さが 75 μm の BLD の発振スペクトルを、38 mA の電流注入値において ON/OFF の 2 状態について Fig. 4-17(a) に示す。発振波長はさらに長波長化し、1540.4 nm であった。また OFF 状態の ASE の振幅が、これまでの FP-BLD に比べてさらに短波側で小さくなっているのが分かる。このことより短波長での吸収が強まっているのが分かる。発振波長が長波長化しているのはこれが原因と考えられる。

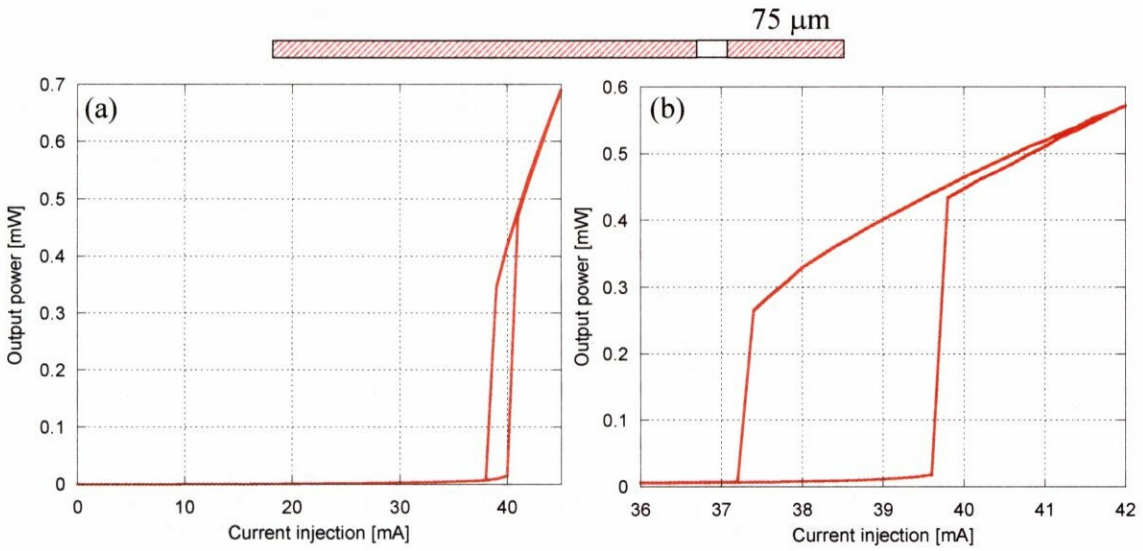


Fig. 4-16: L-I characteristics of BLD with 75 μm long SA.

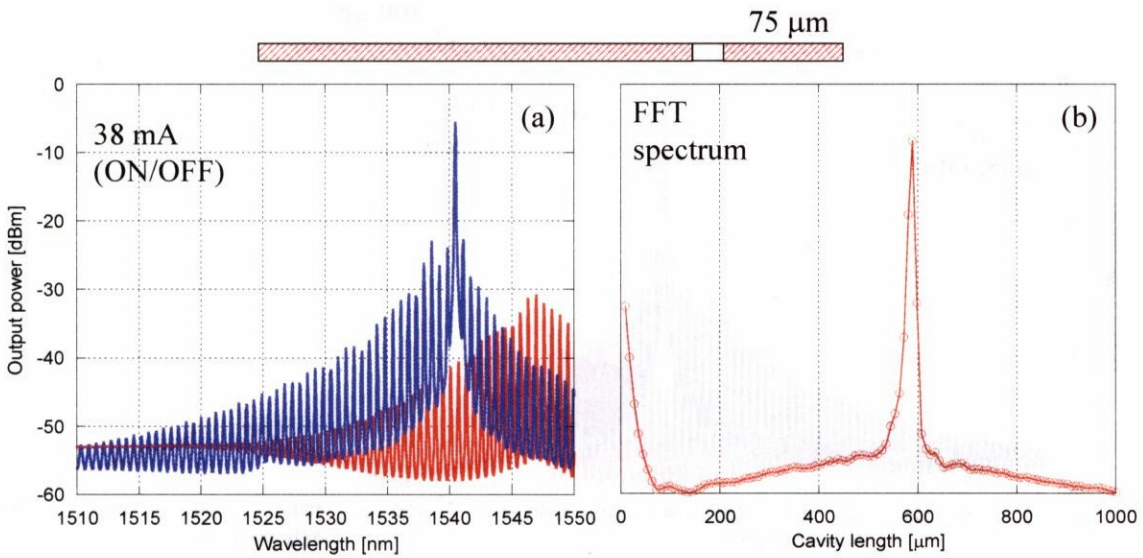


Fig. 4-17: (a) Lasing spectrum of BLD with 75 μm long SA. (b) FFT result of ASE spectrum.

また、OFF 状態の ASE スペクトルをフーリエ変換した結果を Fig. 4-17(b)に示す。これまでの FP-BLD の結果同様、590 μm 付近にのみ強いピークが得られた。

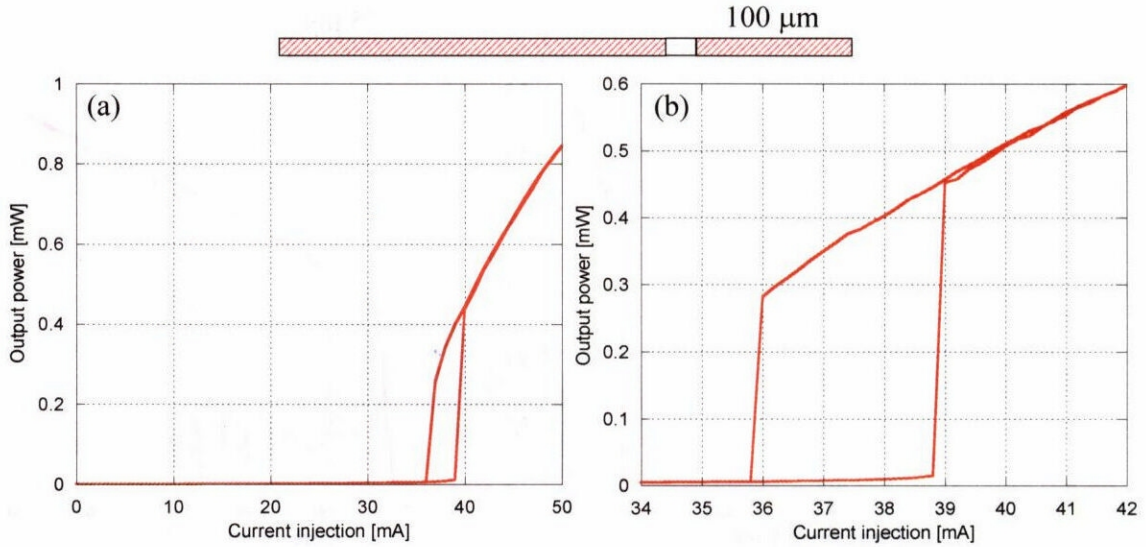


Fig. 4-18: L-I characteristics of BLD with 100 μm long SA.

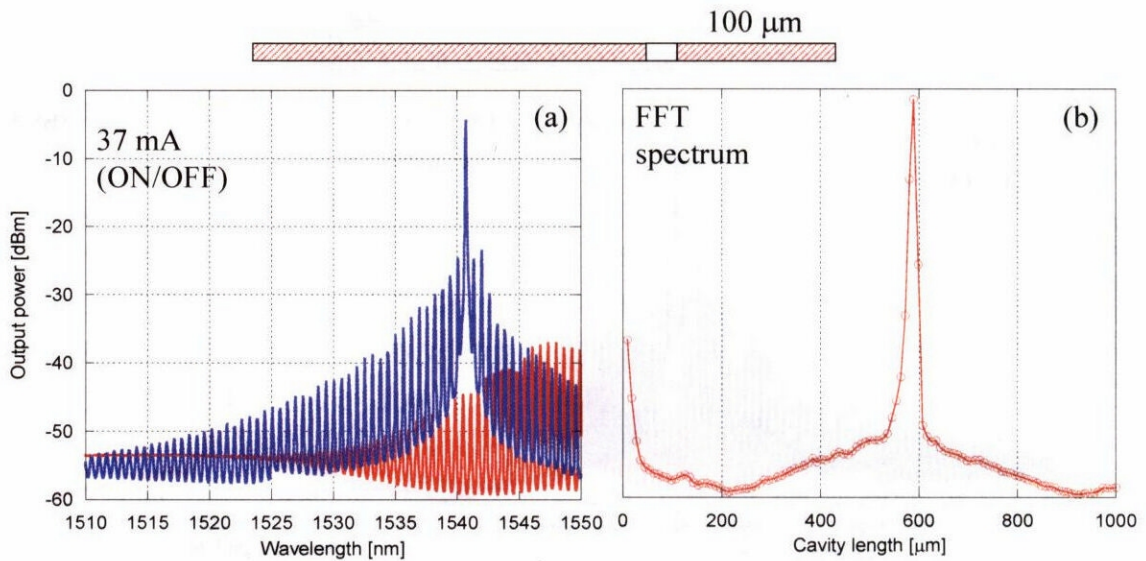


Fig. 4-19: (a) Lasing spectrum of BLD with 100 μm long SA. (b) FFT result of ASE spectrum.

全体 500 μm のうち 100 μm の長さの SA をもつ BLD の L-I 特性を Fig. 4-18 に示す。発振しきい値電流は 39 mA であり、50 mA の注入電流で 0.84 mW の光出力を得た。また、SA の非線形吸収により L-I 特性に幅約 3.0 mA のヒステリシスを得た。

SA の長さが 100 μm の BLD の発振スペクトルを、37 mA の電流注入値において ON/OFF の 2 状態について Fig. 4-19(a)に示す。発振波長は SA 長 75 μm のものとはほぼ変わらず、1540.6 nm であった。

また、OFF 状態の ASE スペクトルをフーリエ変換した結果を Fig. 4-19(b)に示す。これまでの FP-BLD の結果同様、590 μm 付近にのみ強いピークが得られた。

4.5. まとめ

本章では、実際に DBR-MMI-BLD を作製するための予備実験として、Offset quantum well による Active / passive 集積の検証を行った。ここでは MMI や DBR は作製せず、単に単一モード導波路の中に Active 領域と Passive 領域を同時に作りこみ、その界面での反射が起こっていないかどうかフーリエ変換を用いて見積もった。部分的に Active 領域としたレーザーも発振し、ASE スペクトルのフーリエ変換結果から Active / passive 界面での反射は十分に低く滑らかな界面が得られていることが分かった。Active 領域が短くなると、Passive 領域の損失の分だけ大きな電流を狭い領域に注入する必要があり、バンドフィリング効果による発振波長の短波長化が観測された。また、Active 領域を 2 つに分けることにより双安定レーザーBLD を作製し、過飽和吸収体 SA の非線形吸収により L-I 特性にヒステリシスを観測した。100 μm の長さの SA を用い、ヒステリシスの幅は約 3.0 mA であった。

