

2. 現在までの研究状況 (図表を含めてもよいので、わかりやすく記述すること。様式の改変・追加は不可(以下同様))

- ① これまでの研究の背景、問題点、解決策、研究目的、研究方法、特色と独創的な点について当該分野の重要文献を挙げて記述すること。
 - ② 申請者のこれまでの研究経過及び得られた結果について、問題点を含め①で記載したことと関連づけて説明すること。
- なお、これまでの研究結果を論文あるいは学会等で発表している場合には、申請者が担当した部分を明らかにして、それらの内容を記述すること。

1. 研究背景及び動機

量子細線を含めた低次元系においては、デバイス特性の向上や新奇の物理現象の発現が理論的に予測され、基礎・応用を問わず高い関心を集めてきた。しかし、作製及び評価が困難なことから、デバイス特性の向上(低閾値化や温度依存性の減少など [1]) に対する確固たる検証を行った例は未だない。

T型量子細線(図1参照)は劈開再成長法と成長中断アニール法によって作製され [2]、世界一の均一性を有しており(細線の発光線幅~1meV、量子ドットの発光線幅~20meV) 検証に適していると言える。その均一性を利用して光励起では一次元系の物理がよく調べられてきたが、電流注入という点では他の量子細線 [3] より研究が立ち遅れており1994年に4.2Kでのマルチモード発振がWegscheiderらによって観測されたのみ [4] でまだまだ未成熟である。そこで均一性に優れた電流注入T型量子細線レーザーを作製し、デバイス特性を定量的に測定すること及びそれに適した新たな構造を設計・作製することは一次元半導体レーザーの物理を解明していく上で非常に重要である。

2. 電極付けプロセス及び試料構造の改善

試料の結晶成長は共同研究者である米国Bell研のPfeiffer博士らによって行われているが、試料の設計及び結晶成長後の電極付けプロセスは全て私が行っている。

電極付けプロセスにおいて、対象が小さく、電極付けの方法が特殊であることから当初は効率よく電流注入が出来ていなかった。そこでまず私は各工程について理解を深め、主に以下の二つの工程を改善することで電極付けプロセスを確立した。

- エッチング精度を著しく向上させ、p側電極金属とpドープ層がオーム性接触となる深さを決定した
- n側電極金属をAuGeNiからAuGeに変更し、[110]量子井戸へのNiによるダメージを除去した

これらによって飛躍的に電流・電圧(I-V)特性を向上させることに成功した。同時に、各工程を最適化し作業時間を三割程度まで減少することに成功した。これによって試料の作製・評価・再設計のサイクルを早めることが可能になり、本研究を行ううえでは核心的な進歩である。また、新しい試料構造の設計も併せて行った。

まず、以前に発振が観測されたWegscheiderらの構造からT型量子細線と隣接する量子井戸とのエネルギー差(ΔE)を大きくするため各々の量子井戸の厚み・組成を変更した。T型量子細線はその形成方法上、常に量子井戸が隣接してしまうためにより高温でのレーザー発振を実現するためにはΔEを大きくする必要がある。そこでΔEが約1.5倍の20meVになるように設計した(図1参照)。また、研究当初は[001]表面層にGaAsを用いていたが、電流がGaAsへと流れてしまい量子細線部にキャリアが注入されなかった。そこで、[001]表面層をよりバンドギャップが大きい30%のAlGaAsへと変更することによって細線へのキャリア注入を可能にした。

この電極付けプロセス及び試料構造の改善という二つのブレイクスルーによって10年以上も進んでいなかった電流注入T型量子細線レーザーの研究を大きく前進させることに成功した。その詳細を次項に示す。

3. 電流注入T型量子細線の発振特性及びメカニズム

私が得た最も顕著な研究成果は、電流注入T型量子細線において世界最高である110K及び世界最広範囲である5-110Kでシングルモードでのレーザー発振を達成したことである。また、以前は定性的にしか測定されなかった光出力・電流(L-I)特性を定量的に測定し(図2参照)、そこから閾値電流と外部量子効率の温度依存性を導出した(図3参照)。図3から最小閾値電流は2.1mAであることがわかるが、これはノンドープのT型量子細線試料の光励起発振実験から見積もられる値の20倍という非常に大きな値である。この原因について調べるために顕微電界発光(EL)イメージ測定を行った。ELイメージ測定においてGaAs基板や[001]表面層の30%のAlGaAsに隣接する[110]量子井戸からの発光を観測した。この結果からこの試料構造において閾値を増加させている主要な原因は注入効率の低さにあることを明らかにした。この成果は日本物理学会で発表するととも(7頁の(4)-2.)に、米 Applied Physics Letters誌へと論文を投稿し掲載された(7頁の(1)-1.)。

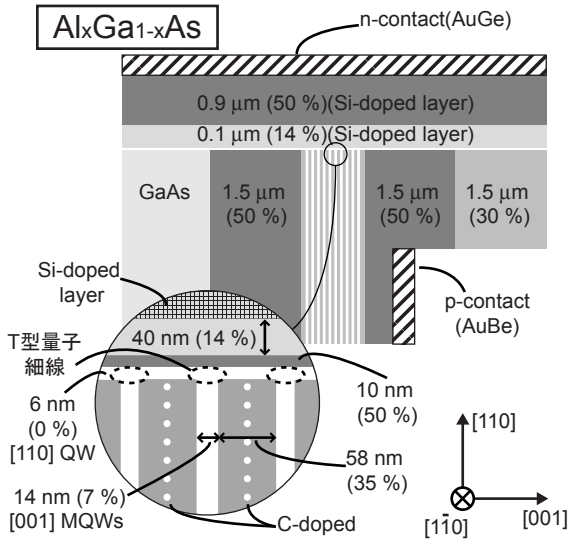


図1. 電流注入T型量子細線レーザーの構造図
図中のパーセンテージはAl含有率。拡大図に示したように[001], [110]量子井戸の交点に、紙面と垂直な方向にT型量子細線が形成される。T型量子細線が形成される部分を50%のAlGaAsが囲んでおり、屈折率の違いによってT型の光導波路を形成している。共振器長は500μmで共振器端面はHRコートされている。

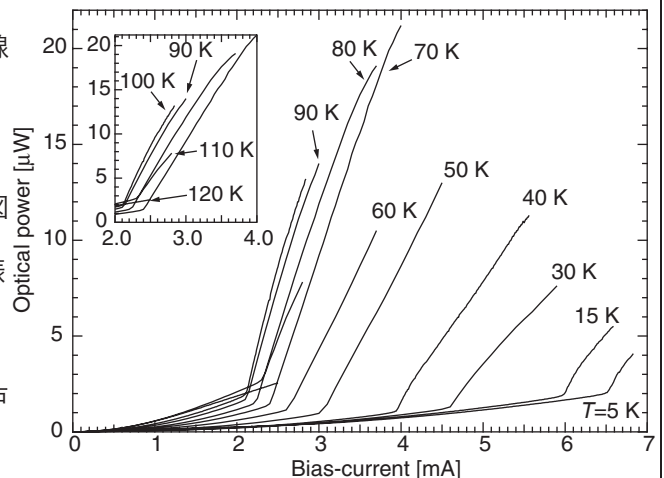


図2. L-I特性の温度依存性

各温度のL-I曲線の変曲点から閾値電流が、変曲点以降の傾きから外部量子効率を導出される。

申請者氏名 岡野 真人

(現在までの研究状況の続き)

注入効率とはデバイス全体に注入したキャリアに対する細線の発光に寄与するキャリアの割合で、閾値電流や外部量子効率はこの影響を強く受ける。細線以外の構造からの発光が観測されるということは注入された電子と正孔が効率よく細線内で再結合を起こしていないことを意味する。そこで私は細線外部で再結合が起こる原因について考察を行った。ある領域における発光はそこでの再結合、つまりそこに電子と正孔が共存していることを保証する。電子は構造上 [110] 量子井戸に広く変調ドーピングされているので、クラッド層外部の構造からの発光は [001] 量子井戸から細線へと注入される正孔がクラッド層を乗り越えて [110] 量子井戸内に広く分布していることを示しているといえる。これは正孔の細線への閉じ込めが弱いこと (閉じ込めエネルギー \sim 1meV) と矛盾しない。

さらに、このような正孔の分布から図3に示した100Kで最良値を取るような温度依存性も説明することができる。ELイメージ測定では5 \sim 110Kの全ての温度でクラッド層外部の構造からの発光が観測されているため、正孔は全温度で [110] 量子井戸内に広く分布していると言える。よって電子・正孔対も [110] 量子井戸内に広く生成されると考えられる。正孔は電荷を持つため電位の高い活性領域に戻ることはできないが、電子・正孔対は電的に中性なのでクラッド層に接している [110] 量子井戸内に生成された電子・正孔対は電位は高いがエネルギーが低い活性領域への拡散が可能になる。量子井戸に生成された電子・正孔対の拡散長は100K以下では温度に伴って長くなるため [5]、クラッド層から活性領域へ流れ込む電子・正孔対の数が増える。そのため注入効率が上昇し100Kで最良値をとると考えられる。この内容については今秋にイタリアで行われるMSS13(7頁の(3)-2. 採択済)で発表予定である。

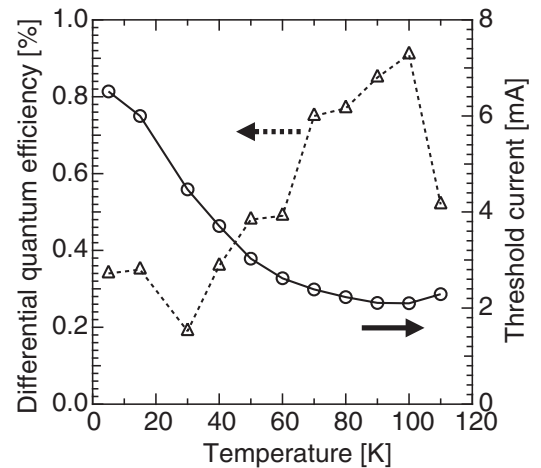


図3. 閾値電流・外部量子効率の温度依存性
閾値電流(実線)・外部量子効率(点線)共に100Kまで温度上昇に従って値が改善していき100Kにおいて最良値を取っている。

[1] Y. Arakawa *et al.* APL, **40** 939 (1982) ; A. Yariv, APL, **53** 1033 (1988) [2] L. Pfeiffer *et al.* APL, **56** 1697 (1990) ; M. Yoshita *et al.* JJAP Part2, **40** L252 (2001) [3] S. Tiwari *et al.* APL, **64** 3536 (1994) ; H. Yagi *et al.* APL, **87** 223120 (2005) [4] W. Wegscheider *et al.* APL, **65** 2510 (1994) [5] H. Hillmer *et al.* PRB, **39** 10901 (1989)

3. これからの研究計画

(1) 研究の背景

2. で述べた研究状況を踏まえ、これからの研究計画の背景、問題点、解決すべき点、着想に至った経緯等について参考文献を挙げて記入すること。

低次元半導体レーザーの物理を実験の立場から議論する上での主要な問題は作製及び評価上の困難にある。半導体において低次元系を実現するためには材料の混合比におけるバンドギャップエネルギーの差を主に用いるが、この場合境界面のラフネスから生じる不均一性の問題(作製上の困難)がある。また、対象が小さいために電極付けプロセス(作製上の困難)や光学・電気的測定が難しい(評価上の困難)。

そこで、低次元半導体レーザーの物理を解明していくためにはこれらの困難を除去していかななくてはならない。まず研究対象としてT型量子細線を採用する [2]。T型量子細線は現在多くの研究が行われている量子ドットに比べ作製自体は困難で量産には向かないものの、各量子細線のサイズ均一性や境界面の平坦性は世界最高であり、光励起実験では1次元系の物理が十分議論できてきたこと [6] から作製上の困難が比較的克服されており研究対象として適していると考えられるからである。T型量子細線は分子線エピタキシー (MBE) 成長で作製するため各構造の厚みや組成が高い制御性で独立に変更でき、各要素について系統的な知見が得られることも研究を進めていく上では重要な利点である。また電極付けプロセスにおける困難は 2. で示したように既に私自身によって克服済みであり、光学測定の困難さも顕微光学系を用いることで十分に回避できると考えている。

以上のことから1次元半導体レーザーの物理を議論するための土台は既に整っていると考えられる。今後の課題は2. の図3のように注入効率のような電流注入上の問題がデバイス特性に対して支配的にならず、一次元系の効果が露わに観測できるような試料構造を開発することである。現在、電流注入方法が異なる二つの電流注入T型量子細線試料を並行して研究しているが、それぞれの試料において異なったデバイス特性を示している。私が主に担当していた試料構造(2. の図1)は動作温度領域と耐久性に優れており、もう一方の試料構造は閾値電流と外部量子効率に優れている [7]。この二つの構造はドーピング構造及び注入方法以外はほぼ同じ構造であるので、この異なる特性を示す原因はそれぞれに電流注入上の問題点があるからだと考えられる。そこで、それぞれの試料における問題点を各種測定から明らかにし、一つずつその問題を構造から排除していくことはより物理を議論するのに適した試料構造の開発を行う上では非常に重要である。また、既存の理論予測 [1] とデバイス特性を比較するのに加え、現実の系に即した理論計算を構築・議論していくことは低次元系デバイスの物理を解明していく上で非常に意義があると言える。

[6] H. Itoh *et al.* APL, **83** 2043 (2003) [7] S.-M. Liu *et al.* JJAP Part2, **46** L330 (2007)

申請者氏名 岡野 真人

(2) 研究目的・内容 (図表を含めてもよいので、わかりやすく記述すること)

- ①研究目的、研究方法、研究内容について記述すること。
- ②どのような計画で、何を、どこまで明らかにしようとするのか、具体的に記入すること。
- ③なお共同研究の場合には、申請者が担当する部分を明らかにすること。
- ④研究計画の期間中に異なった研究機関(外国の研究機関等を含む)において研究に従事することを予定している場合はその旨を記載すること。

1. 研究目的

T型量子細線を用いて一次元の物理について十分議論が可能な電流注入レーザーの開発を行う。議論が可能か否かについては、現在までに得られているノンドープ試料の光励起による実験結果(利得・吸収及び発振特性)と比較して判断する[8]。そしてそのデバイス特性(閾値電流・微分利得・温度依存性)や一次元性を実験及び理論の見地から比較・議論を行い、一次元半導体レーザーの物理を解明することが本研究の目的である。

2. 試料の開発

試料構造の開発には作製・評価・再設計のサイクルが早いことは非常に有効である。作製の段階に関しては2.で述べたように電極付けプロセスの短縮化が既に私によって達成されているため、今後は評価を迅速に行える測定系の構築を行い、試料の再設計を効率的に行う。

測定系の構築 閾値電流と微分利得は測定方法が大きく異なる。閾値電流の方は分光せず短時間で得られるL-I特性から導出されるので冷凍機を用いて一度に大量に測定できる。一方、微分利得は分光が必要で時間が掛かる導波路放出光測定を用いて利得吸収スペクトルを導出する必要があり、後に示すように高い空間分解能も必要のためクライオスタットを用いて一つずつしか測定できない。そのためそれぞれに適した測定系を構築し閾値電流から試料品質を判断し、良いものに対して微分利得を評価することは非常に効率的である。既にクライオスタットを用いた光学系は構築済みだが改善の余地はあるため、改善を継続していくと共に冷凍機を用いた測定系を構築する。また、測定を自動・簡便に行える機器制御プログラムを開発する。

試料の再設計 現在、並行して電流注入T型量子細線試料を二種類研究しているが、異なる試料構造を同時に研究していくのは試料構造の問題点を明らかにし、特性を決定している要因を見出す上で非常に効果的である。1次元性が現れているか否かは光励起実験との比較から行うことが出来るが、電流注入上の問題がドーピング構造、注入方法、各構造の組成のどれによっているか判断することは難しい。一方、構造が異なる電流注入試料の特性を比較することは、その相違点に原因が特定できるので非常に簡単である。しかし、構造が大きく異なる試料の比較は困難なので構造を少しずつ変更させながら試料の測定を行い、理論との比較に適した試料の開発を目指す。

3. 一次元レーザー物理の解明

理想的な電流注入T型量子細線レーザーの開発を目指していくと共に、実験と理論から1次元系のレーザー物理について理解を深めていく。具体的には、閾値電流・微分利得・温度依存性のデバイス特性の測定とあわせて利得吸収スペクトル測定を行い一次元電子正孔系における利得発生メカニズムを明らかにしていく。

利得吸収スペクトル測定 利得吸収スペクトルは導波路放出光に現れるFabry-Perot振動を解析することによって求められる(図4参照)。この解析方法としてCassidyの方法を用いる[9]。Cassidyの方法は広く用いられているHakki-Paoliの方法より精度よく利得吸収スペクトルが求まる方法であり、そのための解析用プログラムは既に開発済みである。T型量子細線レーザーの典型的な導波路サイズは $1\mu\text{m}$ 程度なので導波路放出光をS/N比よく検出するためには高い空間分解能と技術力が必要であり、波長程度の分解能が実現可能な顕微分光は必須である。図4に空間分解能による利得吸収スペクトル形状への影響を示す。図より現状でもS/N比よく検出できていると考えられるが継続的に精練していく。

量子井戸レーザーとの比較 次元性の影響を明らかにするため、T型量子細線レーザーに加え量子井戸レーザーでもデバイス特性測定及び利得吸収スペクトル測定を行う。比較対象として量子井戸レーザーを用いるのは現在でも二次元系の特徴が多数観測されており作製方法が洗練されていると考えられるからである。T型量子細線レーザーの測定からだけでは特性及びスペクトルに一次元性が現れているかを判断するには理論との比較以外ないが、実験的に量子井戸との比較を行うことによって異なる次元系による各種測定結果の違いから低次元化による影響を明らかにし、一次元レーザー物理の解明への足がかりにする。

既存の理論及び新しい理論との比較 理論との比較に際しては既存の理論計算[1, 10]との比較に加え、大阪大の小川理論グループと共同してクーロン相互作用も含めて現実の系に即した理論計算も進めており、それとの比較も行う予定である。理論による具体的な計算は共同研究者である小川グループにやっていただくが、理論計算に関して実験の立場から積極的に意見を述べていくとともにその物理的な意味の理解に努める。

[8] Y.Hayamizu *et al.* APL, **81** 4937 (2002).

[9] D. T. Cassidy, Applied Optics. 22, 3321 (1983). ; J. Appl. Phys. 56, 3096 (1984).

[10] F.Tassone *et al.* PRL, **82** 843 (1999)

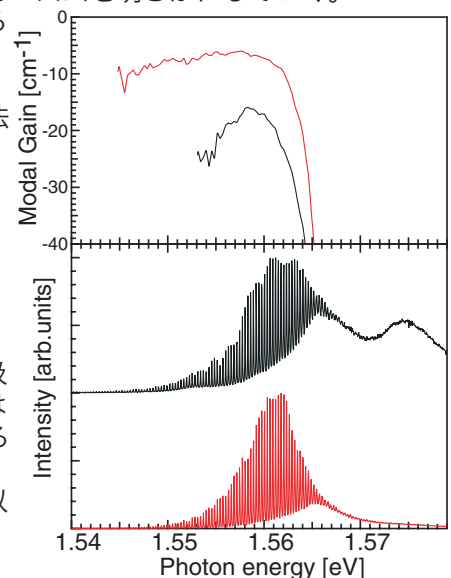


図4. 利得吸収スペクトル導出

下側が導波路放出光を、上側が利得吸収スペクトルである。赤線が空間分解能が高い条件で得られたもの、黒線は低い条件で得られたものである。導波路放出光の影響で利得吸収スペクトルの形状が大きく異なっている。

申請者氏名

岡野 真人

(3) 研究の特色・独創的な点

次の項目について記載すること。

- ①これまでの先行研究等があれば、それらと比較して、本研究の特色、着眼点、独創的な点
- ②国内外の関連する研究の中での当該研究の位置づけ、意義
- ③本研究が完成したとき予想されるインパクト及び将来の見通し

現在低次元半導体レーザーとしては量子ドットレーザーが盛んに研究されており、その研究例には枚挙に暇がない。量子ドットは量子細線に比べて作製が簡単でデバイスには向いているものの、各量子ドットサイズの不均一性は無視できない程度に存在する。そのため、得られるデバイス特性はサイズの異なる量子ドットの統計平均となるため、理論との比較・検証を行うことは現時点では非常に難しいと言える。本研究対象であるT型量子細線は作製に多少の困難を伴うものの、各構造の界面揺らぎやサイズ均一性に関しては世界最高水準を有している。本研究の特色は**均一性の高い一次元系を実現可能なT型量子細線を用いることで閾値電流や微分利得といったデバイス特性に加え、利得吸収スペクトルといった一次元電子正孔系の効果が露わに現れるものについても理論との比較が可能**なことである。

本研究ではT型量子細線へと電流注入を行うため、ノンドープの試料における光励起実験では影響のなかった構造上の問題が起こりうる。しかし、そのような問題を技術的及び電荷輸送などの物理的理解から克服することによって、光励起では行うことが難しい定量的な測定や磁場下や極低温下での測定が容易に行えるという点で、本研究は今までのT型量子細線研究と一線を隔していると言える。そのため今までのT型量子細線研究によって得られてきた一次元系物理への理解をさらに一歩進めることが可能である。さらに電流注入レーザーなのでデバイス特性という面からも一次元系の物理を明らかにしていくことが可能である。**理論との比較という”基礎研究的な”側面とデバイス特性の評価という”応用研究的な”側面から同時に一次元系のレーザー物理について解明していくことが出来る**という点で、本研究は非常にユニーク且つチャレンジングであると考えている。この二つの側面から同時に議論できることは、T型量子細線に限らず量子ドットや量子井戸を含めた**低次元半導体レーザーにおける可能性を模索する**という意味で**非常に重要**であると考えている。

また、本研究によって低次元化によるデバイス特性向上が実験及び理論との比較から検証された際は、T型量子細線が直接的にデバイス応用できるか否かにかかわらず、理論、基礎、応用のあらゆる分野に影響を及ぼし今後の低次元半導体レーザーの研究の方向性を決定する一つの要因になるだろうと予測・期待している。

(4) 年次計画

(1年目)

様々な試料構造の測定を通してより一次元性の現れる電流注入T型量子細線レーザーの開発を行う。

本年度中に完成予定である冷凍機を用いて簡便且つ速やかに電気的特性を評価できる測定系、精密な光学測定が可能な測定系という各目的に合わせて特化した各測定系を併用することによって新しく作製した試料構造に対して迅速に評価を行う。また、各種条件(細線の本数・光閉じ込め・キャリア閉じ込め)の中でデバイス特性向上に有効である要素を判断するとともに、一次元性の発現を阻害する要因の特定を行う。これによってT型量子細線にとどまらず、低次元半導体レーザーにおけるデバイス特性向上及び次元性の発現に関して理解を深めていく。

また試料構造が最適化されたあとの比較のために、量子井戸レーザーに関して利得吸収スペクトル測定などを行っていくとともにクーロン相互作用を含めた現実に即した一次元系に関する理論計算を理論グループと議論しながら進めていく。

(2年目)

1年目の継続として一次元性の現れる試料構造の最適化を行っていくとともに、実験及び理論との比較を行い一次元レーザー物理を解明することを目指す。具体的には、利得吸収スペクトルを量子井戸の実験及び計算結果と比較し一次元性の特徴や理論との整合性に関して考察していく。

またデバイス応用とより広い温度範囲でのデバイス特性評価を目的として、更なる高温動作に向けた試料構造の開発もあわせて行う。現在の構造は閉じ込めエネルギーが小さく、それを大きくするために抜本的な構造の変更が伴うが、一次元性を保ちつつ高温動作が実現可能であるかをそうであれば、徐々にそちらへと主目的を移していく。また、高速変調などより応用に近いデバイス特性についても評価していくと共に、具体的な応用例を提案していく。

(3年目) (DC2は記入しないこと)

申請者氏名 岡野 真人

4. 研究業績 (下記の項目について申請者が中心的な役割を果たしたものがある場合は項目に区分して記載すること。申請者にアンダーラインを付すこと)

(1) 学術雑誌等(紀要・論文集等も含む)に発表した論文又は著書 (査読の有無を区分して記載すること。査読のある場合、印刷済及び採録決定済のものに限り、査読中・投稿中のものは除く)

①著者(申請者を含む全員の氏名を、論文と同一の順番とする)、題名、掲載誌名、発行所、巻号、pp 開始頁-最終頁、発行年をこの順で記入すること。なお、著者の所属・職については脚注に記載すること。

②採録決定済のものについては、それを証明できるものをP.8の後に添付すること。

(2) 学術雑誌等又は商業誌における解説、総説

(3) 国際会議における発表 (口頭・ポスターの別、査読の有無を区分して記載すること)

著者(申請者を含む全員の氏名を、論文等と同一の順番で記載すること)、題名、発表した学会名、論文等の番号、場所、月・年を記載すること。発表者に○印を付すこと。

(4) 国内学会・シンポジウム等における発表

(3)と同様に記載すること。

(5) 特許等 (申請中、公開中、取得を明記すること。ただし、申請中のもので詳細を記述できない場合は概要のみの記述でよい。)

※申請者が特に中心的な役割を果たしたものを長方形で囲っています

(1)-1. Makoto Okano, Shu-man Liu, Toshiyuki Ihara, Hirotake Itoh, Masahiro Yoshita, Hidefumi Akiyama, Loren N.Pfeiffer, Kenneth West, Oana Malis, "Temperature-dependent current injection and lasing in T-shaped quantum wire laser diodes with perpendicular p and n-doping layers", Appl.Phys.Lett. 90, 091108 (2007).

(1)-2. Masahiro Yoshita, Shu-man Liu, Makoto Okano, Yuhei Hayamizu, Hidefumi Akiyama, Loren N.Pfeiffer, Ken W.West, "T-shaped GaAs quantum-wire lasers and the exciton Mott transition", J.Phys.; Condensed Matters(in press) (掲載決定通知を資料Aとして添付します。題名と著者は以下のURLから確認できます http://www.iop.org/EJ/journal/-page=forthart/0953-8984/1)

(1)-3. Shu-man Liu, Masahiro Yoshita, Makoto Okano, Toshiyuki Ihara, Hirotake Itoh, Hidefumi Akiyama, Loren Pfeiffer, Ken West, Kirk Baldwin, "Low-threshold Current-injection Single-mode Lasing in T-shaped GaAs/AlGaAs Quantum Wires", Jpn.J.Appl.Phys. Part2, 46, L330-L332(2007).

(3)-1. Makoto Okano, Shu-man Liu, ○Masahiro Yoshita, Toshiyuki Ihara, Hirotake Itoh, Hidefumi Akiyama, Loren N.Pfeiffer, Ken W.West, Kirk W.Baldwin, Oana Malis "Current-injection T-shaped GaAs/AlGaAs quantum-wire lasers" The 2006 IEEE/LEOS Semiconductor Laser Workshop,(Long Beach Convention Center, Long Beach, California),May 26, 2006.informal meeting (査読なし)

(3)-2. ○Makoto Okano, Shu-man Liu, Masahiro Yoshita, Hidefumi Akiyama, Loren N.Pfeiffer, Ken W.West, Oana Malis."Current-injection T-shaped quantum wire lasers with perpendicular doping layers operating at 100K" The 13th International Conference on Modulated Semiconductor Structures(MSS-13),(Genova, Italy), July 15-20 2007. Poster session (査読あり)(採択決定通知を資料Bとして添付いたします)

(3)-3. ○Shu-man Liu, Masahiro Yoshita, Makoto Okano, Hidefumi Akiyama, Loren N.Pfeiffer, Ken W.West, "Current-injection lasing in T-shaped GaAs/AlGaAs quantum-wire lasers", 28th International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS 2006) (Vienna, Austria),July 26, 2006. Poster session(査読あり)

(3)-4. ○Shu-man Liu, Masahiro Yoshita, Makoto Okano, Toshiyuki Ihara, Hirotake Itoh, Hidefumi Akiyama, Loren N.Pfeiffer, Ken W.West, Kirk W.Baldwin, "Low-Threshold Current-Injection Single-Mode Lasing in T-Shaped Quantum Wires with Parallel Doping Layers", The Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2007) (Baltimore,USA), May 07, 2006. Oral session (査読あり)

(3)-5. ○Hidefumi Akiyama, Masahiro Yoshita, Yuhei Hayamizu, Shu-man Liu, Makoto Okano, Loren N.Pfeiffer, Ken W.West, Ping Huai, Kenichi Asano, Tetsuo Ogawa, C.Z.Ning "Exciton-biexciton-plasma crossover and formation of optical gain in quantum wires" The 17th International Conference on Electronic Properties of Two-dimensional Systems (EP2DS 17), (Genova, Italy), July 15-20 2007. Poster session (査読あり)(採択決定通知を資料Cとして添付いたします。)

(4)-1. ○岡野真人、劉舒曼、吉田正裕、秋山英文、Loren N.Pfeiffer、Ken W.West、「電流注入型T型量子細線レーザーの作製と評価」、日本物理学会第61回年次大会(愛媛大学・松山大学)、2006年3月27日、口頭発表(査読なし)

(4)-2. ○岡野真人、劉舒曼、井原章之、吉田正裕、秋山英文、Loren N.Pfeiffer、Ken W.West、Oana Malis、「Arm-Stem電流注入型T型量子細線レーザーの発振特性」、日本物理学会2006年秋季大会(千葉大学)、2006年9月24日、口頭発表(査読なし)

(4)-3. ○吉田正裕、劉舒曼、岡野真人、井原章之、伊藤弘毅、秋山英文、Loren N.Pfeiffer、Ken W.West、Kirk W.Baldwin、「Arm-arm電流注入型T型量子細線レーザーの光学評価と電流注入発振機構の解明」、日本物理学会2006年秋季大会(千葉大学)、2006年9月24日、口頭発表(査読なし)

(4)-4. ○Shu-man Liu、吉田正裕、岡野真人、井原章之、伊藤弘毅、秋山英文、Loren N.Pfeiffer、Ken W.West、Kirk W.Baldwin「Low-threshold T-shaped Quantum Wire Lasers by Arm-arm Current Injection」、日本物理学会2006年秋季大会(千葉大学)2006年9月24日、口頭発表(査読なし)

学術論文：3本(主著論文 1本) 国際学会発表：5件 国内学会発表：4件

(1)の論文著者の所属一覧 Makoto Okano[岡野真人](申請者・東大博士課程在学)、Shu-man Liu [劉舒曼](東大物性研博士研究員)、Toshiyuki Ihara[井原章之](東大博士課程在学)、Hirotake Itoh [伊藤弘毅](JST・ERATO博士研究員)、Masahiro Yoshita [吉田正裕](東大物性研助教)、Hidefumi Akiyama [秋山英文](東大物性研准教授)、Loren N.Pfeiffer (米 Bell研究所研究員)、Kenneth West (米 Bell研究所研究員)、Oana Malis (米 Binghamton大学准教授)、Yuhei Hayamizu [早水裕平](産総研博士研究員)、Kirk W.Baldwin (米 Bell研究所研究員)

申請者氏名 **岡野 真人**