

平成 21 年 5 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（A）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18206040
 研究課題名（和文）
 量子ナノ構造を用いた高出力・広周波数域テラヘルツ電子デバイスの研究
 研究課題名（英文）
 Study of terahertz electron devices with high power in wide frequency range using quantum nanostructures
 研究代表者
 浅田 雅洋 (ASADA MASAHIRO)
 東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授
 研究者番号：30167887

研究成果の概要：

未開拓周波数であるテラヘルツ周波数帯に対して、高出力・広周波数域の発振・増幅デバイスの実現を目標として、共鳴トンネルダイオードと微細アンテナを集積したテラヘルツ発振素子において、室温の単体電子デバイスでは最高周波数の 831GHz での基本波発振を得るとともに、二次元電子ガスの速度変調を用いた三端子増幅素子においては、ミリ波帯での基本動作を得ることにより、テラヘルツ帯での動作が可能であることを明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	10,100,000	3,030,000	13,130,000
2007 年度	15,300,000	4,590,000	19,890,000
2008 年度	9,400,000	2,820,000	12,220,000
総計	34,800,000	10,440,000	45,240,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学、電子デバイス・電子機器

キーワード：テラヘルツデバイス、共鳴トンネルダイオード、集積スロットアンテナ

InGaAs/AlAs/InP、発振素子、アレイ構造

1. 研究開始当初の背景

周波数 1～数テラヘルツ (THz) およびその前後の帯域は光と電波の境界の未開拓領域であるが、大容量通信、分析やイメージング (医療、化学、バイオテクノロジーなど)、計測など非常に幅広い分野への応用が期待され、盛んに研究されている。この状況は本研究開始当初から現在に至るまで変わっておらず、テラヘルツ帯をコヒーレントに増幅・発振させるコンパクトな固体素子は、これら多くの応用に対して必要不可欠のキーデバイスとなる。

THz 帯のコヒーレントな半導体光源は、このようなキーデバイスとして期待され、THz 帯が光と電波の中間に位置することから、光デバイスと電子デバイスの両分野から研究がなされてきた。光デバイスでは、従来から

の液体ヘリウム温度で動作するゲルマニウムレーザのほか、量子カスケードレーザのテラヘルツ発振が 2002 年に欧米で報告された。本研究開始当初、この量子カスケードレーザは動作温度 100K 前後、周波数は 2THz 以上で、その後、動作温度 186K (パルス動作、周波数 3.9THz)、最低周波数 1.2THz (パルス動作、温度 84K) と特性は徐々に改善されているが、室温動作は得られていない。電子デバイスでは、トランジスタ (HBT, HEMT) の動作周波数がサブ THz 領域に延びてきており、また、タンネットなどのデバイスの開発も進んでいる。半導体ナノ構造による新しいデバイスも種々検討されている。これらの研究は、本研究開始当初から現在も活発に行われている。

このような周波数帯の半導体光源を実現するには、半導体微細構造中の量子効果を積

極的に利用したデバイスばかりでなく、光デバイスと電子デバイスを包含し、電子と電磁波の相互作用に関して電子遷移（量子論）と電子走行（古典論）を同時に含む新しい観点の研究が必要とされていた。

2. 研究の目的

本研究は、満足な固体素子が存在しないため未開拓となっている THz 周波数帯に対して、高出力・広周波数域の発振・増幅デバイスの実現を目標として、共鳴トンネルダイオード(RTD)と微細共振器・アンテナを集積した二端子発振素子、および、電子のフォトンアシストトンネルあるいは速度変調を用いた三端子増幅素子の基礎特性の把握と、高周波化、高出力化、広帯域化などの高性能化の実験および理論的研究を行い、高出力・広周波数域テラヘルツ発振・増幅のためのデバイスの可能性を明らかにすることを目的として行った。

3. 研究の方法

(1) 共鳴トンネルダイオード (RTD) によるテラヘルツ発振素子

図1に示す、InP 基板上に GaInAs/AlAs 二重障壁 RTD と微細スロットアンテナを集積した THz 発振素子について、高電流密度・低キャパシタンスの共鳴トンネルダイオードを得るための層構造の最適化と、3次元電磁界シミュレータを用いた低損失で RTD とインピーダンス整合可能なアンテナの設計により、高周波・高出力化を行う。さらに、この発振素子を数素子の平面集積を行ったアレイ構造を作製し、電力合成による高出力化を行う。得られた発振素子について、ショットキーバリアダイオードを用いたヘテロダイン検出を行い、発振線幅や雑音特性を測定し、コヒーレンス特性を調べる。

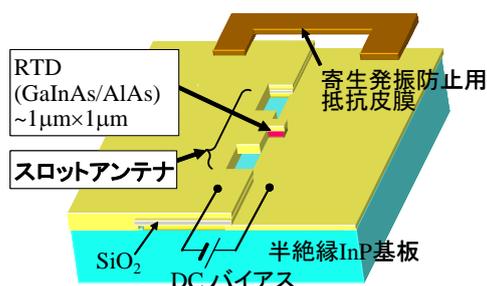


図1 RTD を用いた発振素子

(2) 二次元電子ガスの速度変調を用いた三端子増幅素子

THz 増幅の可能性がある三端子素子として、図2に示す半導体薄膜中の二次元電子ガスを用いた速度変調素子を提案している。この素子の理論解析により、十分な増幅特性を得るための構造と直流電流電圧特性を明らかにし、これに基づいて GaInAs/InAlAs/InP の HEMT 構造を用いて素子作製を行う。

得られた素子について、マイクロ波・ミリ波帯での応答特性測定を行い、基本動作を確かめ、理論解析との比較からテラヘルツ帯での増幅動作の可能性を明らかにする。

図2に示す半導体薄膜中の二次元電子ガスを用いた速度変調素子を提案している。この素子の理論解析により、十分な増幅特性を得るための構造と直流電流電圧特性を明らかにし、これに基づいて GaInAs/InAlAs/InP の HEMT 構造を用いて素子作製を行う。

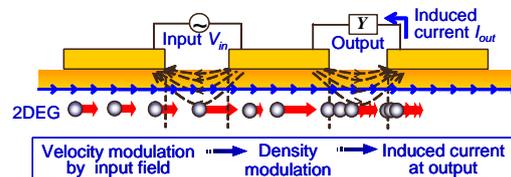


図2 二次元電子ガスの速度変調を用いた増幅素子の断面模式図

4. 研究成果

(1) 共鳴トンネルダイオード (RTD) によるテラヘルツ発振素子

RTDと微細スロットアンテナを集積したテラヘルツ発振素子について、高出力化・高周波化のために必要な高電流密度のRTD層構造を、エミッタ層への高濃度ドーピングと障壁層の極薄膜化を導入して設計し、これまで報告のある中で最大のピーク電流密度18mA/平方マイクロンの値を持つRTDウェハを得た。これと低キャパシタンスのためにスペーサー層厚の最適化を行った層構造の微小面積RTDによる発振器を作製し、図3に示すように、周波数831GHzの室温基本波発振を得た。これは単体の室温電子デバイスでは最高の基本波発振周波数である。さらに、コレクタ層へのスパイクドーピングなどによる電子のバレー間散乱抑圧構造により1THzを超える高周波化が可能なことも見積もられた。

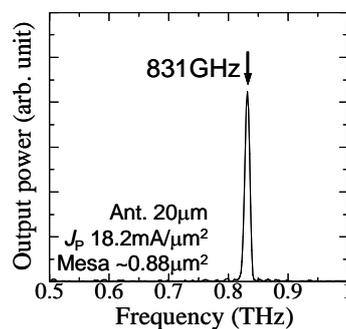


図3 RTDの発振スペクトル

また、高電流密度とオフセット給電アンテナ構造の併用により高出力化が可能なことを理論的に示し、電流密度7mA/平方マイクロンのRTDを用いて、270GHzの発振周波数において単体で150マイクロワット、直流-出力変

換効率1.9%というこの周波数帯のデバイスとしては非常に高出力・高効率の値を達成した。より高電流密度のRTDを用いれば、800GHzにおいても200マイクロワット以上の高出力が可能なことが予測された。

さらに、InP基板平面上に金属/絶縁体多層構造で形成した伝送回路で素子間を結合したアレイ素子を作製し、素子間の出力合成による高出力化を行った。アレイ各素子の個々の発振周波数がばらついていても、図4に示すように同時発振においては相互注入同期により単一周波数になり、これによりコヒーレントな電力合成が可能となる。この方法により、1素子あたり2-3マイクロワットの低出力の素子においても、電力合成により3素子で13マイクロワット、6素子で45マイクロワットの出力が得られた。また、平面結合素子のコヒーレント電力合成に関する理論解析を行い、素子間の結合の強さと合成出力の関係、および、アレイ発振モードのうちの基本モードの安定性などの条件を明らかにした。これらの結果から、オフセット宮殿アンテナとアレイ構造を用いれば、1mW以上の高出力発振器も可能である見通しが得られた。

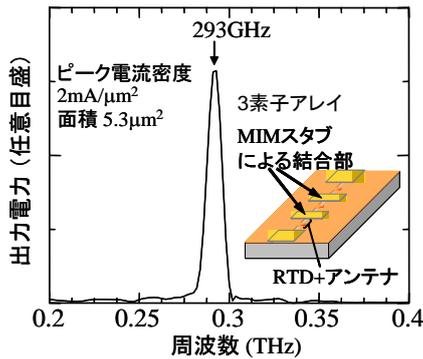


図4 3素子アレイによるコヒーレント電力合成

RTD発振素子の線幅測定を、Ni-InPのショットキーバリアダイオードと広帯域ボウタイアンテナを集積した受信素子を作製し、これを用いて行った。素子の発振周波数は373GHzで、これに対して約190GHzのマイクロ波逡倍による周波数可変型局部発信器を用いた準光学的な構成の高調波ヘテロダインにより測定した。この測定により、RTD発振素子の精密な発振周波数と発振線幅の測定が可能になった。得られた発振線幅は、現段階ではバイアス電源の雑音による変動が大きいが、それらを含めても大きくとも3MHz以下であるという結果が得られるとともに、理論的には発振素子自体はこれより十分狭い可能性があること、および、帰還回路による位相同期を行うことにより狭線化が可能であることが明らかになった。

(2) 二次元電子ガスの速度変調を用いた三端子増幅素子

THz 増幅の可能性のある三端子素子として、二次元電子ガスの速度変調を用いる素子の提案と作製を行った。素子は、すでに図2に示したように、二次元電子ガスとその上部の入出力ポートからなる。入力信号の電界により電子の加速減速が起こり、これによって走行中に電子密度変調が起こる。この電子流が出力ポートに増幅出力として誘導電流を発生させる。電子散乱と熱拡散を考慮した理論解析を行い、図5に示すように伝達コンダクタンス g_m (=出力電流/入力電圧) がサブ THz ~ THz にピークをもち、この周波数帯で増幅可能であることを明らかにした。

GaInAs/InAlAs/InP の HEMT 構造を用いて素子を作製し、初期的な実験として、ミリ波帯での g_m の測定を行った。その結果、図6に示すように、この周波数範囲では g_m は周波数とともに増加していることが明らかになった。これは理論解析の傾向と一致しており、これにより、この素子の基本動作が確認できたとともに、THz 帯での動作が期待できることがわかった。

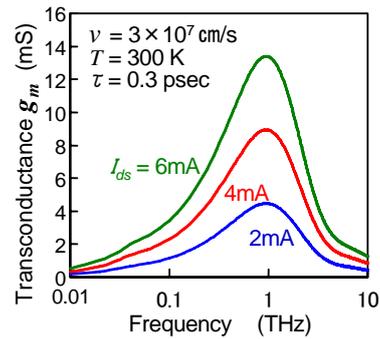


図5 二次元電子ガスの速度変調を用いた増幅素子の伝達コンダクタンスの理論的周波数特性

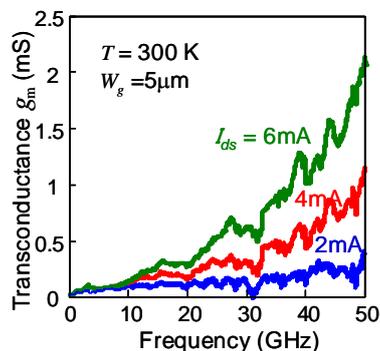


図6 二次元電子ガスの速度変調を用いた増幅素子の伝達コンダクタンスのミリ波帯での測定

5. 主な発表論文等
〔雑誌論文〕(計14件)

- ① S. Suzuki, A. Teranishi, K. Hinata, M. Asada, H. Sugiyama, and H. Yokoyama, "Fundamental Oscillation of up to 831 GHz in GaInAs/AlAs Resonant Tunneling Diode", Appl. Phys. Express, Vol. 2, 054501(1-3), 2009. (査読有)
 - ② K. Urayama, S. Aoki, S. Suzuki, M. Asada, H. Sugiyama, and H. Yokoyama, "Sub-Terahertz Resonant Tunneling Diode Oscillators Integrated with Tapered Slot Antennas for Horizontal Radiation", Appl. Phys. Express, Vol. 2, 044501(1-3), 2009. (査読有)
 - ③ 浅田雅洋, 「半導体デバイスによるテラヘルツ光源」, KEC 情報, 209 号, pp. 17-22, 2009 年 4 月. (査読無)
 - ④ S. Suzuki, N. Kishimoto, M. Asada, N. Sekine, and I. Hosako, "Experiment and theory of the dependence of oscillation characteristics on structure of integrated slot antennas in sub-THz and THz oscillating resonant tunneling diodes", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 47, pp. 64-67, 2008. (査読有)
 - ⑤ M. Asada, S. Suzuki, and N. Kishimoto, "Resonant Tunneling Diodes for Sub-Terahertz and Terahertz Oscillators" (Invited & Review), Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 47, pp. 4375-4384, 2008. (査読有)
 - ⑥ N. Kishimoto, S. Suzuki, A. Teranishi, and M. Asada, "Frequency Increase of Resonant Tunneling Diode Oscillators in Sub-THz and THz Range Using Thick Spacer Layers", Applied Phys. Express, Vol. 1, pp. 042003(1-3), 2008. (査読有)
 - ⑦ M. Asada and S. Suzuki, "Theoretical Analysis of Coupled Oscillator Array Using Resonant Tunneling Diodes in Subterahertz and Terahertz Range", J. Appl. Phys., Vol. 103, pp. 124514 (1-9), 2008. (査読有)
 - ⑧ S. Suzuki, K. Urayama, and M. Asada, "Coherent Power Combination in Multi-Element Sub-Terahertz Resonant Tunneling Diode Oscillators Coupled with Metal-Insulator-Metal Stub Structure", Applied Phys. Express, Vol. 1, pp. 093001(1-3), 2008. (査読有)
 - ⑨ S. Suzuki and M. Asada, "Coherent Power Combination in Highly Integrated Resonant Tunneling Diode Oscillators with Slot Antennas", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 46, No. 46, pp. L1108-L1110, 2007. (査読有)
 - ⑩ S. Suzuki and M. Asada, "Proposal of Resonant Tunneling Diode Oscillators with Offset-Fed Slot Antennas in Terahertz and Sub-Terahertz Range", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 46, No. 1, pp. 119-121, 2007. (査読有)
 - ⑪ M. Asada, N. Orihashi, and S. Suzuki, "Voltage-Controlled Harmonic Oscillation at About 1 THz in Resonant Tunneling Diodes Integrated with Slot Antennas", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 46, No. 5A, pp. 2904-2906, 2007. (査読有)
 - ⑫ T. Hori, T. Ozono, N. Orihashi, and M. Asada, "Frequency mixing characteristics of room temperature resonant tunneling diodes at 100 and 200 GHz", J. Appl. Phys., Vol. 99, pp. 064508 1-7, 2006. (査読有)
 - ⑬ M. Asada, N. Orihashi and S. Suzuki, "Experiment and Theoretical Analysis of Voltage-Controlled Sub-THz Oscillation of Resonant Tunneling Diodes", IEICE Trans. Electron., Vol. E89-C, pp. 965-971, 2006. (査読有)
 - ⑭ 浅田雅洋, 「テラヘルツ波の発生—電子デバイスからのアプローチ」電子情報通信学会誌, Vol. 89, pp. 456-460, 2006. (査読無)
- [学会発表] (計 49 件)
- ① S. Suzuki, A. Teranishi, K. Hinata, M. Asada, H. Sugiyama and H. Yokoyama, "Fundamental Oscillation up to 831 GHz in GaInAs/AlAs Resonant Tunneling Diodes", Int. Conf. Indium Phosphide and Related Compounds, WA1-3, Newport Beach/CA, USA, May 13, 2009.
 - ② 鈴木左文, 寺西豊志, 日向健介, 浅田雅洋, 杉山弘樹, 横山春喜, 「GaInAs/AlAs 共鳴トンネルダイオードの 831GHz 基本波発振」, 応物学会講演会, 31a-P6-3, つくば 2009 年 3 月 31 日.
 - ③ 日向健介, 鈴木左文, 白石誠人, 浅田雅洋, 「オフセット給電スロットアンテナと高電流密度 RTD によるテラヘルツ発振器の高出力化」, 応物学会講演会, 31a-P6-7, つくば, 2009 年 3 月 31 日.
 - ④ 鈴木左文, 寺西豊志, 日向健介, 浅田雅洋, 杉山弘樹, 横山春喜, 「共鳴トンネルダイオードによるサブテラヘルツ〜テラヘルツ発振器」電気学会電子デバイス研究会, EDD-09-42, 熱海, 2009 年 3 月 10 日.
 - ⑤ S. Suzuki, A. Teranishi, K. Hinata, M. Asada, H. Sugiyama and H. Yokoyama, "Frequency Switching with Bias Polarity in Resonant Tunneling Diodes Oscillating at Around 600GHz", Optical Terahertz Science and Technology (OTST2009), SuE1, Santa Barbara/CA, USA, Mar. 9, 2009.
 - ⑥ 浦山健太, 鈴木左文, 浅田雅洋, 杉山弘樹, 横山春喜 テーパーダスロットアンテナを集積した水平放射型サブ THzRTD 発振器 応物学会テラヘルツ電磁波技術研究会, 広島 2008 年 10 月 10 日.
 - ⑦ M. Asada, "Nanophotonics and Terahertz devices" (Invited), Russia-Japan Young Scientist Conference on Nanomaterials and Nanotechnology, Special Lecture 2, Moscow, Russia, Oct. 7, 2008.
 - ⑧ 浅田雅洋, 「電子デバイスによるテラヘルツ光源」, EMC 関西 2008, 特別講演 2, 神戸, 2008 年 9 月 25 日.
 - ⑨ K. Urayama, S. Suzuki, M. Asada, H. Sugiyama, and H. Yokoyama, "Sub-THz RTD Oscillators Integrated with Planar Horn Antennas for Horizontal Radiation", Int. Conf. Infrared, Millimeter Wave, and THz Electronics, T5D42, Pasadena/CA, Sept. 18, 2008.

- ⑩ 浦山健太, 鈴木左文, 浅田雅洋, 杉山弘樹, 横山春喜, 「水平方向に放射するホーンアンテナを集積したサブ THzRTD 発振器」, 応物学会講演会, 3p-ZE-8, 名古屋, 2008年9月3日.
- ⑪ 横山 亮, 青木慧俊, 辛島宏一, 浅田雅洋, 「ボウタイアンテナ集積型 Ni-InP ショットキーバリアダイオードの作製と THz 信号検出」, 応物学会講演会, 3p-ZE-9, 名古屋, 2008年9月3日.
- ⑫ R. Yokoyama, S. Aoki, S. Suzuki, and M. Asada, "Measurement of Linewidth of RTD Oscillator Using InP Schottky Barrier Diode", International Nano-Optoelectronics Workshop, 4-P29, Tokyo/Saiko/Hayama, Aug. 13, 2008.
- ⑬ M. Asada, "Sub-THz and THz Oscillators at Room Temperature Using Electron Devices" (Invited), International Nano- Opto- electronics Workshop (iNOW), Hayama, Aug. 12, 2008, TuB-3.
- ⑭ S. Suzuki, K. Urayama, and M. Asada, "Coherent Power Combination in Multi-Element Sub-THz RTD Oscillators Coupled with MIM Stub Structure", International Nano-Optoelectronics Workshop, 2-P22, Tokyo/Saiko/Hayama, Aug. 3, 2008.
- ⑮ A. Teranishi, S. Suzuki, and M. Asada, "Resonant Tunneling Diodes with Very High Peak Current Density Using Thin Barrier and High Emitter Doping", International Nano-Optoelectronics Workshop, 1-P30, Tokyo/Saiko/Hayama, Aug. 3, 2008.
- ⑯ K. Urayama, S. Suzuki, and M. Asada, "Sub-THz RTD Oscillators Integrated with Planar Horn Antennas for Horizontal Radiation", International Nano- Opto- electronics Workshop, 4-P14, Tokyo/ Saiko/ Hayama, Aug. 13, 2008.
- ⑰ A. Teranishi, S. Suzuki, H. Sugiyama, H. Yokoyama, and M. Asada, "Resonant Tunneling Diodes with Very High Peak Current Density Using Thin Barrier and High Emitter Doping", Annual Device Research Conference, VI.A-3, Santa Barbara/CA, June, 25, 2008.
- ⑱ S. Suzuki, K. Urayama, and M. Asada, "Coherent Power Combination in Multi-Element Sub-THz RTD Oscillators Coupled with MIM Stub Structure", Int. Conf. Indium Phosphide and Related Compounds, ThB2-3, Versailles, France, May 29, 2008.
- ⑲ 鈴木左文, 浦山健太, 浅田雅洋, 「スタブ結合 RTD 平面アレイによるサブ THz 発振器のコヒーレント出力合成」電子情報通信学会 MWP・THz 合同研究会技術研究報告, No. 8, 京都, 2008年5月19日.
- ⑳ 鈴木左文, 浦山健太, 浅田雅洋, 「RTD サブテラヘルツ発振素子を MIM スタブ構造で結合した多素子アレイにおけるコヒーレントな出力合成」, 応物学会講演会, 28a-ZH-3, 習志野, 2008年3月28日.
- (21) 辰尾佳彦, 横山 亮, 青木慧俊, 鈴木 哲, 浅田雅洋, 「ボウタイアンテナを集積した Ni-InP ショットキーバリアダイオードサブ THz-THz 検出素子の作製と特性」, 応物学会講演会, 28a-ZH-4, 習志野, 2008年3月28日.
- (22) 横山 亮, 辰尾佳彦, 青木慧俊, 鈴木左文, 岸本直道, 浅田雅洋, 「InP ショットキーバリアダイオードを用いたサブ THz RTD 発振素子の線幅測定」, 応物講演会, 28a-ZH-5, 習志野, 2008年3月28日.
- (23) 浅田雅洋, 「電子デバイスによるテラヘルツ光源」, 電子情報通信学会東京支部シンポジウム, No. 7, 東京, 2008年1月22日.
- (24) 浅田雅洋, 「共鳴トンネルダイオード室温テラヘルツ発振器」, 応物学会量エレクトロニクス研究会・テラヘルツ電磁波技術研究会合同研究会, 軽井沢, 2008年1月10日.
- (25) S. Suzuki, N. Kishimoto, M. Asada, N. Sekine, and I. Hosako, "Room-Temperature Resonant Tunneling Diode Oscillators at About 600GHz Using Offset-Fed Planar Slot Antennas", Int. Symp. Compound Semiconductors, TuD-P6, Kyoto, Oct. 17, 2007.
- (26) 浅田雅洋, 「共鳴トンネルダイオードを用いた室温テラヘルツ発振器」(Invited), テラヘルツテクノロジーフォーラム第6回研究会, 厚木, 2007年10月12日.
- (27) 岸本直道, 鈴木左文, 浅田雅洋, 関根徳彦, 寶迫巖, 「面積縮小とオフセット給電アンテナによる共鳴トンネルダイオード THz 発振素子の周波数上昇」, 応物学会講演会, 7p-ZB-9, 札幌, 2007年9月7日.
- (28) 鈴木左文, 浅田雅洋, 「スロットアンテナを用いた RTD 発振素子の高集積アレイコヒーレント出力合成」, 応物学会講演会, 7p-ZB-10, 札幌, 2007年9月7日.
- (29) S. Suzuki and M. Asada, "Coherent Power Combination in Highly Integrated Resonant Tunneling Diode Oscillators with Slot Antenna", Int. Conf. Infrared and Millimeter Waves & Terahertz Electronics (IRMMW-THz2007), MonB-4, Cardiff, UK, Sept. 5, 2007.
- (30) M. Asada, "Terahertz Oscillation of Resonant Tunneling Diodes at Room Temperature" (Invited), Korea-Japan Joint Workshop on THz Technology, Souel, Korea, Aug. 25, 2007.
- (31) N. Kishimoto, S. Suzuki and M. Asada, "Frequency Increase of Resonant Tunneling Diode Oscillators in Sub-THz and THz Range Using a Thick Spacer Layer", Topical Workshop on Heterostructure Micro- electronics, WeC-6, Kisarazu, Aug. 23, 2007.
- (32) M. Asada, "Sub-THz Amplifiers Using Velocity Modulated 2D Electrons in Heterostructures" (Invited), Int. Conf. Nonequilibrium Carrier Dynamics in Semiconductors (HCIS15), ThB-1, Tokyo, July 25, 2007.
- (33) 鈴木左文, 岸本直道, 浅田雅洋, 関根徳彦, 寶迫巖, "Room-Temperature

- Resonant Tunneling Diode Oscillators at About 600GHz Using Offset-Fed Planar Slot Antennas”, JSAP-THz 研および IEICE-THz 研合同研究会, 沖縄, 2007年7月13日.
- (34) M. Asada, “Room-Temperature Terahertz Oscillators Using Resonant Tunneling Diodes” (Invited), Annual Device Research Conf., IV.A-5, Notre Dame/IN, USA, June 20, 2007.
- (35) S. Suzuki, K. Hanashima, N. Kishimoto, and M. Asada, “Sub-THz Resonant Tunneling Diode Oscillators with Offset-Fed Slot Antenna”, Int. Conf. Indium Phosphide and Related Compounds, Fr-A1-3, Matsue, Japan, May 18, 2007.
- (36) 花島君俊, 鈴木左文, 岸本直道, 浅田雅洋, 「オフセット給電スロットアンテナによる共鳴トンネルダイオード THz 発振素子の性能向上」, 応物学会講演会, 28p-J-2, 相模原, 2007年3月28日.
- (37) 岸本直道, 鈴木左文, 花島君俊, 浅田雅洋 「厚いスペーサによる共鳴トンネルダイオード THz 発振素子の周波数上昇」 応物講演会, 28p-J-3, 相模原, 2007年3月28日.
- (38) 宮地正人, 鈴木左文, 辰尾佳彦, 鈴木 哲, 浅田雅洋, 「広帯域アンテナ集積 InP ショットキーバリアダイオードの作製と RTD サブ THz 発振出力の受信」, 応用物理学会講演会, 28p-J-4, 相模原, 2007年3月28日.
- (39) 浅田雅洋, 鈴木左文, 宮地正人, 花島君俊, 竹内淳, 「量子効果電子デバイスによる THz 波発生」 (Invited), 電子情報通信学会総合大会, CS-11-6, 名古屋, 2007年3月23日.
- (40) M. Asada, “Terahertz Oscillator and Amplifier Using Nanostructure Electron Devices” (Invited), UK-Japan THz Workshop, Tokyo, Nov. 15, 2006.
- (41) M. Asada, S. Suzuki, M. Miyachi, K. Hanashima, and J. Takeuchi, “Terahertz Oscillator and Amplifier Using Nano-structure Electron Devices” III-1 (Invited) Int. Topical Workshop on Tera- and Nano-Devices (IWTND06), Aizu, Oct. 18, 2006.
- (42) M. Asada, “Room-Temperature THz Oscillation of Resonant Tunneling Diodes Integrated with Slot Antennas”, (Invited Keynote Talk) Int. Conf. Infrared and Millimeter Wave & Terahertz Electron. (IRMMW-THz2006), Shanghai, China, MonC5-1, Sept. 18, 2006.
- (43) S. Suzuki, K. Hanashima and M. Asada, “Proposal of Resonant Tunneling Diode Oscillators with Offset-Fed Slot Antennas in THz and Sub-THz Range”, Int. Conf. Infrared and Millimeter Waves & THz Electron. (IRMMW-THz 2006), Shanghai, China, MoP-52, Sept. 18, 2006.
- (44) M. Miyachi, N. Orihasi, S. Suzuki, K. Hanasima, and M. Asada, “THz Oscillators using Resonant Tunneling Diodes and Slot Antennas with Stub-Shaped MIM Reflectors”, Int. Conf. Infrared and Millimeter Wave & THz Electron. (IRMMW-THz 2006), Shanghai, China, MonP-54, Sept. 18, 2006.
- (45) 折橋直行, 服部真之介, 鈴木左文, 浅田雅洋, 「Experimental and Theoretical Characteristics of Sub-Terahertz and Terahertz Oscillations of Resonant Tunneling Diodes Integrated with Slot Antennas」 (JJAP 論文賞受賞記念講演), 応物学会講演会, 31p-ZA-3, 大津, 2006年8月31日.
- (46) 鈴木左文, 花島君俊, 浅田雅洋, 「オフセット給電スロットアンテナによる共鳴トンネルダイオードを用いた THz 発振素子の性能向上」, 第 67 回応用物理学会学術講演会, 31p-ZA-4, 大津, 2006年8月31日.
- (47) 宮地正人, 辰尾佳彦, 鈴木哲, 浅田雅洋, 「THz 検出用 InP ショットキーバリアダイオードのための Pd および Ni-InP の作製と特性」, 応物学会講演会, 31p-ZA-5, 大津, 2006年8月31日.
- (48) M. Asada, “Oscillation of Resonant Tunneling Diodes Integrated with Slot Antennas in the Terahertz Range” (Invited) Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS), Tokyo, 2A4-1, Aug. 3, 2006.
- (49) M. Asada, N. Orihashi, and S. Suzuki, “Voltage Controlled Harmonic Oscillation around 1THz in Resonant Tunneling Diodes Integrated with Slot Antennas” Int. Conf. Indium Phosphide and Related Materials (IPRM 2006), Princeton/NJ, USA, WP15, pp.321-324, May 10, 2006.
- 〔図書〕(計1件)
- ① 浅田雅洋, 「テラヘルツテクノロジーハンドブック」 3.5 節 (ガンダイオード, インパット, タンネット) 3.6 節 (共鳴トンネルダイオード), 廣本宣久 編集, NGT, 2007年. pp.191-200
- 〔産業財産権〕
- 出願状況 (計2件)
- ① 浅田雅洋, 西山伸彦 「テラヘルツ波変調装置・信号送信装置および信号送信方法」 特願2008-199756, 出願日2008年8月1日.
- ② 浅田雅洋, 関口亮太, 尾内敏彦, 内田恒二 「レーザ素子」 特願2007-331275, 出願日2007年12月25日.
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
浅田 雅洋 (ASADA MASAHIRO)
東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授
研究者番号: 30167887
- (2) 研究分担者
渡辺 正裕 (WATANABE MASAHIRO)
東京工業大学・大学院総合理工学研究科・准教授
研究者番号: 00251637
- (3) 連携研究者
なし