

機関番号：12102

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2008～2010

課題番号：20244044

研究課題名 (和文) 人工原子の量子光学とスピン緩和の研究

研究課題名 (英文) Quantum optics and spin relaxation of artificial atoms

研究代表者

舛本 泰章 (MASUMOTO YASUAKI)

筑波大学・大学院数理物質科学研究科・教授

研究者番号：60111580

研究成果の概要 (和文)：人工原子—量子ドット、等電子トラップ—を取り上げ、ディスク状 InAs/InP 量子ドットにおける近赤外域最大の励起子分子束縛エネルギー、チャージチューナブル InP 量子ドットにおける励起子・電子のスピン才差運動とドーブ電子のスピン初期化過程、CdTe 量子ドットにおける電子スピン g 因子の符号、CdMnTe 量子ドットにおける電子-Mn スピン相互作用、GaP:N における等電子トラップペアの原子配置、GaAs:N における等電子トラップが発する光子の量子性を解明した。

研究成果の概要 (英文)：Quantum optics and spins were studied in artificial atoms, such as quantum dots and isoelectric traps. The largest binding energy of biexcitons in quantum dots in the near infrared region, spin precession of excitons and electrons in charge tunable InP quantum dots, initialization process of electron spins in InP quantum dots, sign of electron g-factor in CdTe quantum dots, electron-Mn spin interaction in CdMnTe quantum dots, atomic configuration of isoelectronic trap pairs in GaP:N and quantum nature of photons in GaAs:N were revealed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	14,500,000	4,350,000	18,850,000
2009年度	15,200,000	4,560,000	19,760,000
2010年度	7,400,000	2,220,000	9,620,000
年度			
年度			
総計	37,100,000	11,130,000	48,230,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・物性 I

キーワード：等電子トラップ, 単一光子源, 燐化ガリウム (GaP), 砒化ガリウム (GaAs), 量子ドット, 電子スピン初期化, スピン才差運動, 時間分解カー回転法

1. 研究開始当初の背景

量子ドットが人工原子として振る舞う特

徴の中でも、量子光学的側面—励起子とスピンの長時間コヒーレンス、量子ドットが発す

る光子の量子性一が、量子ドットの量子演算・量子情報処理への応用に直結して、特に注目されていた。1ns程度のコヒーレンス時間を持つ励起子のqubit動作や励起子分子の2qubit動作が確かめられ、励起子分子から励起子へ発光遷移に伴う光子と、続いて起こる励起子の発光遷移に伴う光子がもつれあい光子対として振る舞うことも確かめられていた。一方、ドット中に局在するために長い緩和時間を持つ電子スピンは、量子通信の媒体となる光との整合性が良いスピン量子メモリとして有望であり、そのスピン緩和は、本研究グループ以外にも仏、独、米、露において取り上げられ研究が進歩していた。さらに、単一ドットが発する光子の単光子性、量子性の解明が進み、量子通信における半導体単光子源への期待が、人工原子の概念を拡張して単一光子を発する半導体中の単一の不純物や等電子トラップの研究を急展開させていた。本研究は、人工原子の量子光学的研究を通じて (1) もつれ合い光子対発生のための励起子微細構造の制御、(2) スピン量子メモリのための電子スピンのコヒーレンス時間の長時間化、および(3) 量子通信のための半導体等電子トラップからの単光子発生の研究を格段に進展させることを狙ったものである。

2. 研究の目的

人工原子の量子光学的研究を通じて (1) もつれ合い光子対発生のための励起子微細構造の制御、(2) スピン量子メモリのための電子スピンのコヒーレンス時間の長時間化、および(3) 量子通信のための半導体等電子トラップからの単光子発生の研究を格段に進展させることを狙って、3方向で以下に述べる研究を目的とした。

(1) 通信波長帯 InAs/InP 量子ドットの励起子分子の大きな束縛エネルギー

量子ドット中の励起子分子は励起子微細構造(分裂)が小さいと、もつれ合い光子対を発生するが、励起子分子の束縛エネルギーはこの温度安定性の指標となる。時間領域からの量子ビート測定はマクロ測定で、単一量子ドット分光に比べて格段に効率的に励起子分子の束縛エネルギーを決定できる。通信波長帯をカバーする InAs/InP 量子ドットを対象に、時間領域から量子ドットの励起子分子の束縛エネルギーを決定し、大きな束縛エネルギーを生み出す戦略を明らかにする。

(2) 量子ドット中の電子スピン才差運動とその初期化を理解する。

InP、CdTe、CdMnTe 量子ドット中の電子スピン才差運動を時間分解カー回転を通して観測し、電子スピンの光書き込み(初期化)

過程、電子スピンの向き(g因子の符号)、常磁性イオンスピンとの相互作用を明らかにする。

(3) 半導体中の等電子トラップを理解し、単一光子発生の研究を行う。

GaP:N, GaAs:Nなどの単一等電子トラップからの単一光子発生の研究を行い、単一光子発生を実現する。また、単一等電子トラップの原子配置を解明する。

3. 研究の方法

(1) 通信波長帯 InAs/InP 量子ドットの励起子分子の大きな束縛エネルギー

単一量子ドット分光に比べて格段に効率的に量子ドットのサイズに依存した励起子分子の平均束縛エネルギーを測定するため、マクロ測定である時間領域からの超高感度ヘテロダイナミック検出フォトンエコー法による量子ビート測定を用いて、歪みが極小化されたディスク状 InAs/InP 量子ドットの励起子分子の束縛エネルギーを計測する。

(2) 量子ドット中の電子スピン才差運動とその初期化を理解する。

InP 量子ドット中の電子ドーピングを電場で制御し高感度時間分解カー回転でスピン才差運動を調べることで励起子スピンと電子スピンの才差運動の違いと電子スピンの初期化を理解する。併せて、CdTe、CdMnTe 量子ドットを比較することで常磁性 Mn イオンスピンドーピングの中の電子スピン才差運動を時間分解カー回転を通して観測し、電子スピンの向き(g因子の符号)、常磁性イオンスピンとの相互作用を明らかにする。

(3) 半導体中の等電子トラップを理解し、単一光子発生の研究を行う。

GaP:N, GaAs:N などの等電子トラップを有機金属気相成長法(MOCVD)、デルタドーピングの手法によりドーピング層数を原子層精度で制御して作成し、これと単一等電子トラップの偏光分光を組み合わせることで、NN ペアの原子配置を調べる。また、磁場下での単一偏光分光を行いこの面からも NN ペアの原子配置を確定させる。GaP:N, GaAs:N などの等電子トラップ NN ペアからの単一光子発生の研究を行い、単一光子発生を実現する。

4. 研究成果

(1) 近赤外域で最大の束縛エネルギーを持つ InAs 量子ディスク中の励起子分子 [論文 2,4]

1.1~1.36 μm で発光する 1 原子層(ML)単位で精密に制御された数原子層のディスク状 InAs/InP 量子ドットを対象として、光ヘテロダイナミック検出フォトンエコーにより、励起子の

位相緩和時間 T_2 と励起子分子束縛エネルギー E_B が調べられた。2K における T_2 は、3ML、4ML の高さの量子ドットにおいてそれぞれ 31ps(3ML)、41ps(4ML) と見積もられた。

フォトンエコー信号の初期時間領域に励起子-励起子分子遷移による量子ビートが観測され、その振動周期から励起子分子束縛エネルギー E_B を $E_B(3ML) = 3.4\text{meV}$ 、 $E_B(4ML) = 4.1\text{meV}$ と見積もられた。これは、 $1.1 \sim 1.36\mu\text{m}$ の近赤外域で発光する量子ドットとして最大である。

(2) InP 量子ドット中の電子スピン初期化とスピンオ差運動の研究 [論文 3,13]

時間分解カー回転を用いて、チャージチューナブル InP 量子ドットのスピンドYNAMICS を研究した。電界制御によって 1 個の電子をドーピングした状態にも中性にも InP/InGaP 量子ドットを変えることができる。中性のときには励起子スピンのオ差運動が観測され、オ差運動周期の磁場依存性から電子・正孔交換相互作用が求められた。

1 電子ドープの際にはドープされた電子スピンのオ差運動が観測され、トリオン（負の荷電励起子）への遷移に共鳴するピコ秒パルスレーザー光の照射によって、スピン 1 重項電子対と正孔からなるトリオンの生成・正孔スピンの反転・電子正孔対の再結合からなる過程を通してドープされた電子 ($s=1/2$) の 2 つのスピン準位間のコヒーレントな状態が生成され、電子スピンが円偏光パルスにより書き込まれ偏極する過程を調べた。観測された電子スピンのオ差運動の位相はパルス光の強度、偏光状態やバンド幅に極めて敏感に依存し、これらのパラメータの精密な調整によってスピン偏極の方向と大きさを自由に制御できることを、密度行列を用いた理論計算との比較によって示した。

(3) CdTe 量子ドット、CdMnTe 量子ドット中のスピンの時間分解カー回転 [論文 8]

CdTe 量子ドットでは、低温から温度を上げると正孔が障壁層に熱励起され電子・正孔間の交換相互作用が効かなくなるのに対応して電子スピンのオ差運動が観測された。光励起の配置の工夫により電子スピンの g 因子の符号を求める新しい方法を考案し、実証した。CdMnTe 量子ドットの場合は、電子スピンと Mn スピンのオ差運動が観測され、電子スピンのオ差振動数は常磁性的に振る舞う Mn スピンとの相互作用を明快に表している。

(4) GaP 中の NNN クラスタ [論文 22]

GaP 中に N 原子をデルタドープしたときに形成される等電子トラップに顕微発光分光法を適用して、 542.2nm 付近に新しい発光ピークを観測した。その発光中心はドープ濃度の

3 乗に比例して形成され、3 つの窒素原子が近接する P サイトを置換した時に形成される NNN クラスタと結論された。発光エネルギーと偏光依存性を詳細に調べることによって、この NNN クラスタは、[110] 方向に並んだ NN_4 ペアの近傍にもう一つの N が付け足された構造を持っていることが明らかにされた。単一 NNN 発光の光子相関実験を強度相関関数を Hanbury-Brown and Twiss 型の強度干渉計で測定することで行い、アンチバンチング的振る舞いを観測し、単一光子発生が確認された。

(5) 単一光子を発生する GaP 中の NN ペア等電子トラップの原子配置の確定 [論文 5,17]

エネルギーの良く揃った単一光子源になる GaP 中の近接する 2 つの P 原子を 2 つの N 原子が置換して作られる NN ペア等電子トラップの原子配置を発光の偏光特性、エネルギー位置、 δ ドープ層の厚みを変えて層間にまたがる原子配置をもつ偏光発光を調べることで決定した。GaP:N の研究初期(1960 年代)から信じられてきた NN ペア等電子トラップの原子配置は間違っており、およそ 50 年ぶりに原子配置が確定した。NN₁ ペアが原子配置 (0,0,0)-(2,2,0)、NN₃ ペアが原子配置 (0,0,0)-(3,3,0)、NN₄ ペアが原子配置 (0,0,0)-(4,4,0)、NN₇ ペアが原子配置 (0,0,0)-(5,5,0) である。

(6) 単一光子を発生する III-V 族半導体等電子トラップの研究

高純度の GaAs 結晶中に N 原子をデルタドープした試料を用いて、顕微鏡下で単一の窒素由来発光中心を観測し、これを用いた近赤外領域（波長 $\sim 830\text{nm}$ ）の単一光子発生を初めて光子相関実験により実証した。

また、このような未知の発光中心の起源を明らかにするために、単一発光中心に対して様々な方向から磁場(0 \sim 5T)を印加して発光スペクトルを測定できるシステムを構築した。これまでの研究で発光中心の原子配置が特定できている GaP 中の NN ペア発光中心を用いて研究を行い、原子配置から考えられる異方的な結晶場を取り入れた理論計算によって励起子微細分裂の磁場依存性を説明することに成功した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 28 件)

1. S. Tomimoto, S. Nozawa, Y. Terai, S. Kuroda, K. Takita, Y. Masumoto, "Exciton spin dynamics in CdTe/ZnTe quantum structures", Phys. Stat. Sol. B 248(2), 389-392, 2011 (査

- 読有) .
2. Y. Masumoto, S. Yoshida, M. Ikezawa, S. Tomimoto, Y. Sakuma, "The enhanced binding energy for biexcitons in InAs quantum dots", *Appl. Phys. Lett.* 98, 061905-1-3, 2011 (査読有) .
 3. Y. Masumoto, K. Kawana, S. Tomimoto, "Initialization of Electron Spins in One-Electron-Doped InP Quantum Dots", 30th International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS2010) プロシーディング (掲載確定) , 2011 (査読有) .
 4. Y. Masumoto, S. Yoshida, M. Ikezawa, Y. Sakuma, "Exciton Dephasing and Biexcitons in InAs Quantum Rhombic Disks", 30th International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS2010) プロシーディング (掲載確定) , 2011 (査読有) .
 5. M. Ikezawa, M. Watanabe, Y. Sakuma, Y. Masumoto, "Reexamination of the atomic configurations of NN centers and observation of new infrared luminescence centers in GaP:N", 30th International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS2010) プロシーディング (掲載確定) , 2011 (査読有) .
 6. S. Tomimoto, S. Nozawa, H. Kato, M. Sano, T. Matsumoto, Y. Masumoto, "Optical electron spin orientation in Ga-doped and undoped ZnO films", 30th International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS2010) プロシーディング (掲載確定) , 2011 (査読有) .
 7. Y. Ido, Y. Masumoto, F. Sasaki, M. Mori, Satoshi Haraichi, Shu Hotta, "Reduced lasing threshold in thiophene/phenylene co-oligomer crystalline microdisks", *Appl. Phys. Express* 3, 012702-1-3, 2010 (査読有) .
 8. S. Tomimoto, S. Nozawa, Y. Terai, S. Kuroda, K. Takita, Y. Masumoto, "Anisotropic spin dynamics of confined electrons in CdTe/ZnTe quantum structures", *Phys. Rev. B* 81, 125313-1-10, 2010 (査読有) .
 9. F. Sasaki, M. Mori, S. Haraichi, Y. Ido, Y. Masumoto, S. Hotta, "Microdisk lasers and field effect transistors of thiophene/phenylene co-oligomers by using high temperature deposition method", *Org. Electron.* 11, 1192-1198, 2010 (査読有) .
 10. Y. Masumoto, K. Goto, S. Yoshida, Y. Sakuma, P. Mohan, J. Motohisa, T. Fukui, "One- and two-dimensional spectral diffusion of type-II excitons in InP/InAs/InP core-multishell nanowires", *Phys. Rev. B* 82, 075313-1-5, 2010 (査読有) .
 11. J. Zheng, W. Ji, X. Wang, M. Ikezawa, P. Jing, X. Liu, H. Li, J. Zhao, Y. Masumoto, "Improved Photoluminescence of MnS/ZnS Core/Shell Nanocrystals by Controlling Diffusion of Mn Ions into the ZnS Shell", *The J. Phys. Chem. C* 114, 15331-15336, 2010 (査読有) .
 12. 舛本泰章, "量子ドット中の永続的ホールバーニング", *光学* 39(9). 453-460, 2010 (査読有) .
 13. Y. Masumoto, K. Kawana, S. Tomimoto, "Coherent spin precession of electrons and excitons in charge tunable InP quantum dots", *Physica E* 42, 2493-2496, 2010 (査読有) .
 14. Y. Masumoto, K. Goto, B. Pal, P. Mohan, J. Motohisa, T. Fukui, "Spectral diffusion of type-II excitons in InP/InAs/InP core-multishell nanowires", *Physica E* 42, 2579-2582, 2010 (査読有) .
 15. E. L. Ivchenko, V. K. Kalevich, A. Yu. Shiryayev, M. M. Afanasiev, Y. Masumoto, "Optical orientation and spin-dependent recombination in GaAsN alloys under continuous-wave pumping", *J. Phys. C.* 22, 465804-1-12, 2010 (査読有) .
 16. P. Jing, X. Yuan, W. Ji, M. Ikezawa, Y. A. Wang, X. Liu, L. Zhang, J. Zhao, Y. Masumoto, "Shell-Dependent Energy Transfer from 1,3,5-Tris (*N*-phenylbenzimidazol-2-yl) Benzene to CdSe Core/Shell Quantum Dots", *J. Phys. Chem. C* 114, 19256-19262, 2010 (査読有) .
 17. M. Ikezawa, Y. Sakuma, M. Watanabe, Y. Masumoto, "Single NN pair luminescence and single photon generation in nitrogen δ -doped GaP", *Phys. Stat. Sol. (c)* 6, 362-365, 2009 (査読有) .
 18. Y. Masumoto, T. Suzuki, K. Kawana, M. Ikezawa, "Spin orientation of excitons, trions and tetraons in charge tunable InP quantum dots", *Phys. Stat. Sol. (c)* 6, 24-27, 2009 (査読有) .
 19. Y. Masumoto, T. Suzuki, K. Kawana, M. Ikezawa, "Exciton Spin Stability in InP Quantum Dots at the Elevated Temperatures", *Jpn. J. Appl. Phys.* 48, 04C098-1-4, 2009 (査読有) .
 20. P. Jing, J. Zheng, M. Ikezawa, X. Liu, S. Lv, X. Kong, J. Zhao, Y. Masumoto, "Temperature-Dependent Photoluminescence of CdSe-Core CdS/CdZnS/ZnS-Multishell Quantum Dots", *J. Phys. Chem. C* 113, 13545-13550, 2009 (査読有) .
 21. K. Goto, M. Ikezawa, S. Tomimoto, B. Pal, Y. Masumoto, P. Mohan, J. Motohisa, T. Fukui, "One- and Two-Dimensional Spectral Diffusions in InP/InAs/InP Core-Multishell Nanowires", *Jpn. J. Appl. Phys.* 48, 04C203-1-3, 2009 (査読有) .

22. M. Ikezawa, Y. Sakuma, M. Watanabe, Y. Masumoto, "Observation of New Isoelectronic Trap Luminescence in Nitrogen δ -Doped GaP", Jpn. J. Appl. Phys. 48, 04C158-1-3, 2009 (査読有) .
23. V. K. Kalevich, A. Y. Shiryaev, E. L. Ivchenko, M. M. Afanasiev, A. Y. Egorov, V.M. Ustinov, Y. Masumoto, "Hanle effect and spin-dependent recombination at deep centers in GaAsN", Physica B 404, 4929-4932, 2009 (査読有) .
24. J. Zheng, X. Yuan, M. Ikezawa, P. Jing, X. Liu, Z. Zheng, X. Kong, J. Zhao, Y. Masumoto, "Efficient Photoluminescence of Mn^{2+} Ions in MnS/ZnS Core/Shell Quantum Dots", J. Phys. Chem. C 113, 16969-16974, 2009 (査読有) .
25. B. Pal, Y. Masumoto, "Spin relaxation in charge-tunable InP quantum dots", Phys. Rev. B 80, 125334-1-6, 2009 (査読有) .
26. Y. Masumoto, T. Suzuki, K. Kawana, M. Ikezawa, "Spin orientation in charge tunable InP quantum dots", J. Lumin. 129, 1919-1922, 2009 (査読有) .
27. B. Pal, K. Goto, M. Ikezawa, Y. Masumoto, P. Mohan, J. Motohisa, T. Fukui, "Spectral diffusion of type-II excitons in wurtzite InP/InAs/InP core-multishell nanowires", J. Lumin. 129, 1941-1944, 2009 (査読有) .
28. Y. Masumoto, K. Toshiyuki, T. Suzuki, M. Ikezawa, "Resonant spin orientation at the exciton level anticrossing in InP quantum dots", Phys. Rev. B 77, 115331-1-5, 2008 (査読有) .
- [学会発表] (計 30 件)
1. 舘林潤、佐久間芳樹、池沢道男、曾根良則、落合雅幸、池田直樹、舛本泰章、中尾正史、杉本喜正、迫田和彰, "窒素を導入した GaP ナノワイヤの結晶成長及び光学特性", 第58回応用物理学関係連合講演会, 2011.3, 神奈川工科大学
2. S. Tomimoto, S. Nozawa, Y. Terai, S. Kuroda, K. Takita, Y. Masumoto, "Exciton spin dynamics in CdTe/ZnTe quantum structures", The 9th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed and Nano Materials (EXCON'10), 2010.7.13, オーストラリア・ブリスベン
3. Y. Masumoto, K. Kawana, S. Tomimoto, "Initialization of Electron Spins in One-Electron-Doped InP Quantum Dots", 30th International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS2010), 2010.7.27, 韓国・ソウル
4. Y. Masumoto, S. Yoshida, M. Ikezawa, Y. Sakuma, "Exciton Dephasing and Biexcitons in InAs Quantum Rhombic Disks", 30th International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS2010), 2010.7.27, 韓国・ソウル
5. M. Ikezawa, M. Watanabe, Y. Sakuma, Y. Masumoto, "Reexamination of the atomic configurations of NN centers and observation of new infrared luminescence centers in GaP:N", 30th International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS2010), 2010.7.27, 韓国・ソウル
6. S. Tomimoto, S. Nozawa, H. Kato, M. Sano, T. Matsumoto, Y. Masumoto, "Optical electron spin orientation in Ga-doped and undoped ZnO films", 30th International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS2010), 2010.7.27, 韓国・ソウル
7. M. Ikezawa, M. Watanabe, Y. Sakuma, Y. Masumoto, "Atomic configurations of NN centers and new infrared luminescence centers in GaP:N", The International Conference on NANOPHOTONICS 2010, 2010.6.1, つくば市・国際会議場
8. 池沢道男、佐久間芳樹、曾根良則、張遼、濱野毅信、舘林潤、舛本泰章, "GaAs 中の窒素等電子発光中心からの単一光子発生", 第 71 回応用物理学学会学術講演会, 2010.9.14, 長崎大学
9. S. Tomimoto, K. Kawana, Y. Masumoto, "Coexistence of the fast and slow spin orientation processes of the doped electron in InP quantum dots", The 6th International Conference on the Physics and Applications of Spin Related Phenomena in Semiconductors (PASPS-VI), 2010.8.2, 東京大学
10. 渡邊真人、池沢道男、佐久間芳樹、舛本泰章, "窒素を δ ドープした GaP における赤外領域発光中心の観測", 2010 年春季第 57 回応用物理学学会関連連合講演会, 2010.3.18, 東海大学
11. 佐々木史雄、森 雅彦、原市 聡、舛本泰章、堀田 収, "(チオフェン/フェニレン) コオリゴマーマイクロディスクレーザーの共振器モードと有効屈折率", 2010 年春季第 57 回応用物理学学会関連連合講演会, 2010.3.18, 東海大学
12. 川名啓介、冨本慎一、舛本泰章, "チャージチューナブル InP 量子ドットにおける電子のスピン偏極過程の実時間観測", 2010 年春季第 57 回応用物理学学会関連連合講演会, 2010.3.18, 東海大学
13. 野澤伸介、冨本慎一、加藤裕幸、佐野道宏、松本貴裕、舛本泰章, "Ga をドープした ZnO 薄膜の電子スピンドYNAMIKS の観測", 2010 年春季第 57 回応用物理学学会関連

- 連合講演会, 2010.3.19, 東海大学
14. 吉田清太郎、池沢道男、舛本泰章、佐久間芳樹, "ディスク状単層 InAs 量子ドットにおけるフォトンエコー", 日本物理学会 2010 年年次大会, 2010.3.20, 岡山大学
 15. 池沢道男、渡邊真人、佐久間芳樹、舛本泰章, "単一発光中心の精密分光による GaP 中 NN 発光の起源解明とその利用", 日本物理学会 2010 年年次大会, 2010.3.20, 岡山大学
 16. 川名啓介、冨本慎一、舛本泰章, "チャージチューナブル InP 量子ドットの時間分解カー回転測定", 日本物理学会 2010 年年次大会, 2010.3.20, 岡山大学
 17. 野澤伸介、冨本慎一、舛本泰章, "ZnO 薄膜における電子スピンダイナミクスの励起波長依存性", 日本物理学会 2010 年年次大会, 2010.3.22, 岡山大学
 18. 高木勇人、舛本泰章, "CuCl の励起子、励起子分子フォトンエコー", 日本物理学会 2010 年年次大会, 2010.3.22, 岡山大学
 19. 渡邊真人、池沢道男、佐久間芳樹、舛本泰章, "膜厚を精密制御した GaP:N を用いた窒素由来発光中心の起源解明とその光物性", 日本物理学会 2010 年年次大会, 2010.3.22, 岡山大学
 20. Y. Masumoto, K. Goto, B. Pal, M. Ikezawa, P. Mohan, J. Motohisa, T. Fukui, "Spectral diffusion of type-II excitons in InP/InAs/InP core-multishell nanowires", The 14th International Conference on Modulated Semiconductor Structures MSS-14 (EP2DS/MSS14), ポスター発表, 2009.7.20, 神戸コンベンションセンター
 21. Y. Masumoto, K. Kawana, S. Tomimoto, "Coherent spin precession of electrons and excitons in charge tunable InP quantum dots", The 14th International Conference on Modulated Semiconductor Structures MSS-14 (EP2DS/MSS14), 2009.7.22, 神戸コンベンションセンター
 22. 舛本泰章, "New artificial atoms - isoelectronic traps in GaP:N", International Workshop on Photons and Spins in Nanostructures (IWPSN), 2009.7.27, 北海道大学
 23. 池沢道男、渡邊真人、舛本泰章、佐久間芳樹, "窒素をドーブした GaP 中の単一等電子トラップの偏光 PL", 第 5 回量子ナノ材料セミナー, 2009.7.29, 埼玉大学
 24. 野澤伸介、冨本慎一、寺井慶和、黒田眞司、瀧田宏樹、舛本泰章, "時間分解カー回転法を用いた CdTe/ZnTe 量子構造中の閉じ込め電子の g 因子の符号決定", 2009 年秋季第 70 回応用物理学会学術講演会, 2009.9.8, 富山大学
 25. 佐々木史雄、原市 聡、井門靖樹、舛本泰

- 章、堀田 収, "(チオフェン/フェニレン) コオリゴマーマイクロディスクレーザーの発振前共振器モードの観測", 2009 年秋季第 70 回応用物理学会学術講演会, 2009.9.9, 富山大学
26. 池沢道男、渡邊真人、佐久間芳樹、舛本泰章, "原子層単位で膜厚制御した GaP:N 超薄膜における単一等電子トラップの偏光 PL", 2009 年秋季第 70 回応用物理学会学術講演会, 2009.9.9, 富山大学
 27. 渡邊真人、池沢道男、佐久間芳樹、舛本泰章, "原子層単位で膜厚制御した GaP:N における NN ペア形成", 2009 年秋季第 70 回応用物理学会学術講演会, 2009.9.9, 富山大学
 28. 冨本慎一、野澤伸介、寺井慶和、黒田眞司、瀧田宏樹、舛本泰章, "斜め入射ポンプ光を用いた CdTe/ZnTe 量子構造の時間分解カー回転測定", 日本物理学会 2009 年秋季大会, 2009.9.25, 熊本大学
 29. M. Ikezawa, M. Watanabe, Y. Sakuma, Y. Masumoto, "Luminescence polarization and atomic configuration of NN pair single-photon-emitter", International Symposium on Quantum Nanophotonics and Nanoelectronics, 2009.11.18, 東京大学
 30. 池沢道男、佐久間芳樹、渡邊真人、舛本泰章, "窒素δドーブ GaP の単一等電子トラップ分光 II", 日本物理学会 2008 年秋季大会, 2008.9.22, 岩手大学

[その他]
ホームページ等
<http://www.sakura.cc.tsukuba.ac.jp/~masumoto/>

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
舛本 泰章 (MASUMOTO YASUAKI)
筑波大学・大学院数理物質科学研究科・教授
研究者番号：60111580
- (2) 研究分担者
池沢 道男 (IKEZAWA MICHIO)
筑波大学・大学院数理物質科学研究科・准教授
研究者番号：30312797
冨本 慎一 (TOMIMOTO SHINICHI)
筑波大学・大学院数理物質科学研究科・助教
研究者番号：90396599
- (3) 連携研究者
佐久間 芳樹 (SAKUMA YOSHIKI)
独立行政法人物質・材料研究機構・先端フ
ォトニクス材料ユニット 量子ナノ構造グ
ループ・グループリーダー
研究者番号：60354346