

光物性研究チーム

Laboratory for Photophysics

チームリーダー 瀬川 勇三郎
SEGAWA, Yusaburo

当研究チームでは、光と物質との相互作用を理解し、それを光機能素子に応用することを目指している。通常、物質を光を用いて観察したとき、その光学的特徴は、電子構造で基本的に定まってしまう、それは材料に固有の特性となる。しかし、物質の形を電子のドブロイ波長程度(数十～数ナノメートル)にすると、電子構造の変化に伴う新しい特徴が見られ始める。これは電子の量子閉じ込め効果と呼ばれ、物質の光学的性質を人為的に制御する方法として、最近盛んに研究が行われている。

当研究チームでは、このような量子閉じ込め効果を調べるため、まずイオン結晶や II-VI 族化合物半導体の結晶成長と、その形を制御して、量子井戸、細線、ドット等の量子構造を、分子エピタキシー法で作る技術の開発を行っている。

また、このような量子構造を広い面積で一様に作ることは困難であるので、試料の狭い領域の光学特性を評価する必要が生じる。このため、顕微分光法、近接場走査型光学顕微鏡等の装置を開発し、1 ミクロンから 0.1 ミクロンの微小領域での光学測定を極低温で行うよう努力している。さらに波長可変短パルスレーザーを用いた、2 光子励起、4 光波混合等の非線形分光法も活用し、いろいろな量子閉じ込め効果を解明しようとしている。

高温超伝導体の発見以来、酸化物の製作法の研究が急速に進歩した。この進歩を受けて、ZnO を中心とする酸化物半導体の研究を開始した。酸化物半導体は可視紫外領域の新しい光学素子材料として注目されている。その理由の 1 つは励起子と呼ばれる水素原子と同様の束縛準位が室温でも存在するからである。この励起子を利用した大きな光学活性が ZnO では期待されており、現在 ZnO 系量子井戸構造を中心として研究を行っている。

以上に述べたのは、物質の形状制御による光学特性の変化の研究であるが、同様なことは光に対しても行うことが可能である。光を、光の波長と同程度の周期構造の中に入れると、光の存在を制御することが可能になる。つまり、ある周期構造の中では、ある特定の波長の光は存在できず、励起された原子は、この波長の発光でエネルギーを放出することができなくなり、光の自然放出過程の制御が可能になることが理論的に予測されている。しかし、可視光の波長 0.5 ミクロンに対応する三次元周期構造を作るのは容易ではなく、この三次元周期構造を、可視光領域で数年以内に実現しようと、現在努力しているところである。

このように、物質の形状制御と、光の三次元周期構造による制御とを組み合わせ、新しい光機能素子の開発を当研究チームは目指している。

1. 半導体等の量子閉じ込め構造の製作とその光学特性

に関する研究(Zhang, Manh, Manh, Qiu^{*1}, 東海林^{*2}, 若槻^{*2})

ZnSe 上へ格子常数の異なる CdSe を成長するとき、CdSe 層の厚みがある臨界膜厚(~2.1 原子層)を超えると、Stranski-Krastanow (S-K) 成長モードによる CdSe の島が生成される。これらの島が量子ドット試料として研究されてきた。最近、ZnSe/CdSe/ZnSe ヘテロ構造において、CdSe の厚みは臨界膜厚以下でもドットが形成される可能性があることが指摘されたが、明瞭な実験結果が報告されていない。我々は、励起子発光寿命の温度依存性を測定することによって、CdSe の厚みが臨界膜厚以下でも量子ドットが生成されることを実験的に証明した。まず、分子線エピタキシー法により、ZnSe/CdSe/ZnSe ヘテロ構造を作製した。ここで CdSe 層の厚みは 1.4 原子層である。このような構造からはブロードな発光スペクトルが得られた。さらに、試料の温度を変化させながら異なる温度においての発光寿命を測定した。そして、ブロードな発光の中の比較的高い光子エネルギーを持つ発光の寿命は温度に依存しないことが分かった。これは三次元的に量子閉じ込め効果を持つ量子ドットの特徴を反映している。一方、比較的低いエネルギーをもつ発光の寿命は温度の上昇に伴い線形に増大した。これは二次元的な量子閉じ込め効果を反映していると考えられる。

また、ZnSe 上へ CdSe を数原子層、成長し、大気中において表面に形成された島構造を原子間力顕微鏡を用いて観察した。これまではこのような島の形成メカニズムは S-K 成長モードとされてきた。しかし、我々は大気中で成長している島を発見し、さらにオージェ電子分光法による表面分析から、これらの島の形成に表面の酸化が大きな役割を果たしていることが分かった。また、島には CdSe だけではなく、ZnSe も混在していることが判明した。これは下地の ZnSe が島へと拡散することを示唆している。さらに、ドットの形成過程において、元素の偏析が生じたことが分かった。つまり、島の表面は Zn-リッチである。また、顕微分光や近接場走査型光学顕微鏡などによって、島からの発光が観測された。これらの発光の半値幅が 0.3 meV 位となり、量子ドットの特徴を有することが分かった。

また、ZnSe を他のバンドギャップの大きい材料によって閉じ込めるような量子構造を作製している。例えば、ZnSe を井戸層とする ZnMgSe 量子井戸や量子細線などを作っている。今後さらに種々の光学的測定により、これらの量子構造における励起子ダイナミクスを研究する予定である。

2. 酸化物半導体に関する研究(Sun, Tien, 牧野^{*3}, 山本^{*3}, Chen^{*4}, 田村^{*4}, Chia^{*2}, 木村^{*2})

約 18% の大きな格子不整合を持つサファイア基板上に成

膜した ZnO 薄膜・量子井戸では、脈々と築かれた化合物半導体の洗練された技術をフルに活用できない。より低閾値で発振できる紫外レーザーダイオードを目指すには、良質な量子井戸を作製することが必須である。さらに、電流注入を効率よく行い、励起子密度を稼ぐためには、低抵抗で高い移動度をもつ n 層、p 層の形成が不可欠である。

そこで我々は成長基板として、ZnO の面内格子定数と 0.1% 以下で整合し、注目するバンド端付近の波長領域で完全に透明で絶縁体である ScAlMgO_4 を選んだ。電気特性、結晶性、表面構造特性、ドーピング特性、光学特性は、サファイア基板を用いた場合、達成するべくもなかった良質のものであった。化合物半導体としての議論に耐えうる単結晶 ZnO 薄膜が始めて合成できたといえる。

量子井戸の誘導放出機構を明確にするために、低温 (5 K) から室温に至る範囲での誘導放出スペクトルの温度依存性を求め、検討を施した。比較のためにサファイア基板上 ZnO エピタキシャル膜における同様の依存性も求めた。薄膜における室温誘導放出過程は、励起子相互の非弾性散乱により、片方の励起子がイオン化され、他方の励起子が輻射再結合するものである。量子井戸における温度依存性は ZnO のそれと同じ振る舞いを示し、この誘導放出の機構は励起子間非弾性散乱であることが明らかになった。エネルギー位置の解析より、励起子束縛エネルギーの井戸幅依存性を実験的に決定することができた。井戸幅を薄くしていくと、束縛エネルギーが 90 meV 程度にまで増加し、光学フォノンエネルギーを大幅に凌駕した。これは量子閉じこめ効果による増加と説明することができる。

ZnO 量子井戸における励起子とフォノンとの結合定数については、定量的に求められていなかった。そこで我々は、吸収帯半値幅の温度依存性を求めることにより、その定量化を試みた。解析によって求められた励起子フォノン相互作用強度を薄膜と量子井戸とで比較したところ、井戸幅を狭くしたときに、相互作用強度が小さくなることが分かった。この傾向は、量子閉じこめ効果に伴う励起子束縛エネルギーの増大により、束縛エネルギーが光学フォノンエネルギーを越えたため、励起子が光学フォノンの散乱により、自由電子正孔対にイオン化してしまう確率が減ることに対応している。量子井戸構造を採用すれば、フォノン散乱が抑制され、励起子がより安定に存在できるという実用上意味のある結論を得ることができた。

3. 量子光学とフォトニック結晶に関する研究 (矢野, 磯谷, 飯野^{*2}, 榊原^{*2})

スパッタ法による、オートクローニング技術を用いて、可視紫外光領域における二次元および、三次元フォトニック結晶の作製を試みている。作製時に用いているオートクローニング技術とは、凹凸の加工を施した基板上に、ある条件下で膜の堆積、エッチングを繰り返し、多層膜を積層することにより、特定の形状を保ったままの多層構造を作製する技術である。二次元フォトニック結晶には、矩形溝状の周期を持った基板を使用し、三次元フォトニック結晶では、三角格子状に孔を配列した基板を使用して作製を行っている。現在、結晶作製時に使用している多層膜材料は、低屈折率材料として SiO_2 、高屈折率材料として Ta_2O_5 を使用している。現在これらの基板および、オートクローニング

技術を使用しての二次元および、三次元フォトニック結晶の作製は、再現性良く行えている。しかし、現在作製しているフォトニック結晶の周期は、フォトニックバンドの波長領域が赤外領域であるような、0.5 ミクロン程度の比較的長周期の試料である。今後は、膜厚および溝、孔の周期間隔を 0.3 ~ 0.2 ミクロンとさらに短くし、可視、紫外領域の二次元、三次元フォトニック結晶の作製を試みる予定である。

また、光機能材料の探索と検証のため、ミリ波領域での光結晶の作製と実験を継続している。実験は、東北大通研の水野研の協力を得て、ミリ波領域での光結晶量子井戸を作製し、透過スペクトルおよび井戸層内の内部電界の測定を行った。その結果、バリア層に対応する光結晶の全反射領域に複数の鋭い透過構造を観測した。また、井戸層内の電界強度の測定では、それぞれの透過構造ごとに異なる強度分布を観測した。観測された透過構造は (1) 不純物準位の結合・反結合状態 (2) 量子化された光バンド、の両方で解釈が可能であることが示唆された。また、千葉大・大高教授、東北大・宮崎助教授による理論計算と比較したところ非常に良く一致していることが分かった。

^{*1} 訪問研究員, ^{*2} 研修生 (東北大大学院), ^{*3} 基礎科学特別研究員, ^{*4} ジュニア・リサーチ・アソシエイト

誌 上 発 表 Publications

(原著論文) * 印は査読制度がある論文誌

- Ullrich B., Löher T., Segawa Y., and Kobayashi T.: "The influence of hydrogen passivation of silicon on the photocurrent of CdS/Si heterodiodes", *Mater. Sci. Eng. B* **65**, 150–152 (1999). *
- Chen Y. F., Hong S.-K., Ko H.-J., Nakajima M., Yao T., and Segawa Y.: "Plasma-assisted molecular-beam epitaxy of ZnO epilayers on atomically flat MgAl_2O_4 (111) substrates", *Appl. Phys. Lett.* **76**, 245–247 (2000). *
- Makino T., Chia C. H., Tuan N. T., Segawa Y., Kawasaki M., Ohtomo A., Tamura K., and Koinuma H.: "Exciton spectra of ZnO epitaxial layers on lattice-matched substrates grown with laser-molecular-beam epitaxy", *Appl. Phys. Lett.* **76**, 3549–3551 (2000). *
- Makino T., Chia C. H., Tuan N. T., Sun H. D., Segawa Y., Kawasaki M., Ohtomo A., Tamura K., and Koinuma H.: "Room-temperature luminescence of excitons in ZnO/(Mg,Zn)O multiple quantum wells on lattice-matched substrates", *Appl. Phys. Lett.* **77**, 975–977 (2000). *
- Qiu X., Segawa Y., Xue Q.-K., Xue Q.-Z., and Sakurai T.: "Influence of threading dislocations on the near-bandedge photoluminescence of wurtzite GaN thin films on SiC substrate", *Appl. Phys. Lett.* **77**, 1316–1318 (2000). *
- Makino T., Chia C. H., Tuan N. T., Segawa Y., Kawasaki M., Ohtomo A., Tamura K., and Koinuma H.: "Radiative and nonradiative recombination processes in lattice-matched (Cd,Zn)O/(Mg,Zn)O multiquantum wells", *Appl. Phys. Lett.* **77**, 1632–1634 (2000). *

- Ohtomo A., Tamura K., Kawasaki M., Makino T., Segawa Y., Tang Z.-K., Wong G. K. L., Matsumoto Y., and Koinuma H.: “Room-temperature stimulated emission of excitons in ZnO/(Mg,Zn)O superlattices”, *Appl. Phys. Lett.* **77**, 2204–2206 (2000). *
- Usami N., Azuma Y., Ujihara T., Sazaki G., Nakajima K., Yakabe Y., Kondo T., Koh S., Zhang B. P., Segawa Y., and Kodama S.: “SiGe bulk crystal as a lattice-matched substrate to GaAs for solar cell applications”, *Appl. Phys. Lett.* **77**, 3565–3567 (2000). *
- Zhang B. P., Dang Duc M., Wakatsuki K., and Segawa Y.: “Features of nanometer scale islands on CdSe/ZnSe surfaces”, *Appl. Phys. Lett.* **77**, 3950–3952 (2000). *
- Sun H. D., Makino T., Tuan N. T., Segawa Y., Tang Z.-K., Wong G. K. L., Kawasaki M., Ohtomo A., Tamura K., and Koinuma H.: “Stimulated emission induced by exciton-exciton scattering in ZnO/ZnMgO multiquantum wells up to room temperature”, *Appl. Phys. Lett.* **77**, 4250–4252 (2000). *
- Zeng H., Liu C., Tokura S., Kira M., and Segawa Y.: “Optical limiting and bistability of a σ - π photoconductive copolymer”, *Chem. Phys. Lett.* **331**, 71–77 (2000). *
- Tomm J. W., Ullrich B., Qiu X., Segawa Y., Ohtomo A., Kawasaki M., and Koinuma H.: “Optical and photoelectrical properties of oriented ZnO films”, *J. Appl. Phys.* **87**, 1844–1848 (2000). *
- Siah F., Yang Z., Tang Z.-K., Wong G. K. L., Kawasaki M., Ohtomo A., Koinuma H., and Segawa Y.: “In-plane anisotropic strain of ZnO closely packed microcrystallites grown on tilted (0001) sapphire”, *J. Appl. Phys.* **88**, 2480–2483 (2000). *
- Zhang B. P., Wakatsuki K., Dang Duc M., and Segawa Y.: “Temperature dependence of the exciton decay times of different quantum structures coexisting in a ZnSe/CdSe/ZnSe heterostructure”, *J. Appl. Phys.* **88**, 4916–4918 (2000). *
- Tamura K., Ohtomo A., Saikusa K., Osaka Y., Makino T., Segawa Y., Sumiya M., Fuke S., Koinuma H., and Kawasaki M.: “Epitaxial growth of ZnO films on lattice-matched ScAlMgO₄ (0001) substrates”, *J. Cryst. Growth* **214/215**, 59–62 (2000). *
- Ohtomo A., Kimura H., Saito K., Makino T., Segawa Y., Koinuma H., and Kawasaki M.: “Lateral grain size and electron mobility in ZnO epitaxial films grown on sapphire substrates”, *J. Cryst. Growth* **214/215**, 284–288 (2000). *
- Makino T., Isoya G., Segawa Y., Chia C. H., Yasuda T., Kawasaki M., Ohtomo A., Tamura K., and Koinuma H.: “Optical spectra in ZnO thin films on lattice-matched substrates grown with laser-MBE method”, *J. Cryst. Growth* **214/215**, 289–293 (2000). *
- Zhang B. P., Li Y., Yasuda T., Segawa Y., Edamatsu K., and Itoh T.: “Time-resolved photoluminescence of ZnCdSe single quantum dots”, *J. Cryst. Growth* **214/215**, 765–769 (2000). *
- Makino T., Tuan N. T., Segawa Y., Chia C. H., Ohtomo A., Kawasaki M., and Koinuma H.: “Temperature dependence of four-wave-mixing spectra in ZnO thin films on sapphire substrates grown with laser MBE”, *J. Lumin.* **87/89**, 210–212 (2000). *
- Edamatsu K., Itoh T., Hashimoto S., Zhang B. P., and Segawa Y.: “Micro-photoluminescence spectroscopy of CuCl quantum dots in thin NaCl crystals”, *J. Lumin.* **87/89**, 387–389 (2000). *
- Ullrich B., Bagnall D. M., Sakai H., and Segawa Y.: “Photoluminescence and lasing of thin CdS films on glass formed by pulsed-laser-deposition”, *J. Lumin.* **87/89**, 1162–1164 (2000). *
- Ohtaka K., Suda Y., Nagano S., Ueta T., Imada A., Koda T., Bae J., Mizuno K., Yano S., and Segawa Y.: “Photonic band effects in a two-dimensional array of dielectric spheres in the millimeter-wave region”, *Phys. Rev. B* **61**, 5267–5279 (2000). *
- Edamatsu K., Watatani C., Itoh T., Zhang B. P., and Segawa Y.: “Non-Markovian relaxation of excitons confined in CuCl quantum dots studied by resonant secondary emission”, *Phys. Status Solidi A* **178**, 317–321 (2000). *
- Wu J., Yaguchi H., Zhang B. P., Segawa Y., Onabe K., and Shiraki Y.: “Optical properties of cubic GaN grown on 3C-SiC (100) substrates by metalorganic vapor phase epitaxy”, *Phys. Status Solidi A* **180**, 403–407 (2000). *
- Dushkina N. M., Ullrich B., Sakai H., Segawa Y., Hibino K., and Eiju T.: “Reflection properties of oriented thin CdS films formed by laser ablation”, *Thin Solid Films* **360**, 222–228 (2000). *
- Xue Q.-K., Xue Q.-Z., Kuwano S., Sakurai T., Ohno T., Tsong I. S. T., Qiu X., and Segawa Y.: “Imaging wurtzite GaN surfaces by molecular beam epitaxy-scanning tunneling microscopy”, *Thin Solid Films* **367**, 149–158 (2000). *
- (その他)
- Qiu X., Victor M., Yuan B., Joseph K., and Segawa Y.: “Vortex melting and decoupling transitions in YBa₂Cu₄O₈ single crystals”, *Physica C* **341/348**, 1057–1058 (2000).
- Makino T., Isoya G., Segawa Y., Chia C. H., Yasuda T., Kawasaki M., Ohtomo A., Tamura K., Matsumoto Y., and Koinuma H.: “Optical characterization for combinatorial systems based on semiconductor ZnO”, *Proc. SPIE-Int. Soc. Opt. Eng.* **3941**, 28–35 (2000).
- 瀬川勇三郎: “光物性の高速評価”, *機能材料* **21**, 76–82 (2001).

口頭発表 Oral Presentations

(国際会議等)

- Makino T., Tuan N. T., Segawa Y., Chia C. H., Kawasaki M., Ohtomo A., Tamura K., and Koinuma H.: “Exciton localization in (Cd,Zn)O epilayers and (Cd,Zn)O/(Mg,Zn)O multi-quantum wells on lattice-

- matched substrates”, 2000 Int. Conf. on Excitonic Processes in Condensed Matter (EXCON 2000), (Yamada Science Foundation), Osaka, Aug. (2000).
- Zhang B. P., Dang Duc M., Wakatsuki K., and Segawa Y.: “CdZnSe nanostructures formed on ZnSe surfaces”, 11th Int. Conf. on Molecular Beam Epitaxy, Beijing, China, Sept. (2000).
- Sun H. D., Makino T., Tuan N. T., Segawa Y., Tang Z.-K., Wong G. K. L., Kawasaki M., Ohtomo A., Tamura K., and Koinuma H.: “Stimulated emission spectra from ZnO/Zn_{1-x}Mg_xO multi-quantum wells”, 25th Int. Conf. on the Physics of Semiconductors (ICPS 25), (IUPAP), Osaka, Sept. (2000).
- Makino T., Tuan N. T., Segawa Y., Chia C. H., Kawasaki M., Ohtomo A., Tamura K., and Koinuma H.: “Time-resolved luminescence spectra in (Cd,Zn)O/(Mg,Zn)O multi-quantum wells on lattice-matched substrates”, 25th Int. Conf. on the Physics of Semiconductors (ICPS 25), (IUPAP), Osaka, Sept. (2000).
- Makino T., Chia C. H., Tuan N. T., Sun H. D., Segawa Y., Kawasaki M., Fukumura T., Ohtomo A., Tamura K., Matsumoto Y., and Koinuma H.: “High-throughput optical characterization for the development of a ZnO-based ultraviolet semiconductor-laser”, 1st Japan-US Workshop on Combinatorial Material Science and Technology, (Japan Science and Technology Corporation), Maui, USA, Oct. (2000).
- Zhang B. P. and Segawa Y.: “Self formation and optical study of II-VI semiconductor nanostructures”, 11th Frontier Science Research Conf., (La Jolla International School of Science), La Jolla, USA, Nov. (2000).
- Zhang B. P., Yasuda T., Segawa Y., Edamatsu K., and Itoh T.: “Time-resolved photoluminescence of ZnCdSe single quantum dots”, 9th Int. Conf. on II-VI Compounds (II-VI'99), Kyoto, Nov. (2000).
- Yano S., Segawa Y., Bae J., Mizuno K., Miyazaki H., Ohtaka K., and Yamaguchi S.: “Observation of quantized photonic bands in quantum well structure of photonic crystal”, 2000 Fall Materials Research Soc. Meet., Boston, USA, Nov.-Dec. (2000).
- Sun H. D., Makino T., Tuan N. T., Segawa Y., Tang Z.-K., Wong G. K. L., Kawasaki M., Ohtomo A., Tamura K., and Koinuma H.: “Optically pumped stimulated emission in ZnO/ZnMgO multiple quantum wells prepared by combinatorial techniques”, SPIE's Optoelectronics 2001, San Jose, USA, Jan. (2001).
- Makino T., Sun H. D., Tuan N. T., Segawa Y., Chia C. H., Kawasaki M., Ohtomo A., Tamura K., and Koinuma H.: “Well-width dependence of exciton-phonon coupling strength in ZnO/(Mg,Zn)O multiple quantum wells grown by combinatorial laser molecular-beam epitaxy”, SPIE's Optoelectronics 2001, San Jose, USA, Jan. (2001).
- Zhang B. P., Wakatsuki K., Dang Duc M., and Segawa Y.: “Temperature dependence of photoluminescence decay times of excitons in semiconductor quantum dots”, Advanced Research Workshop on Semiconductor Nanostructures, (ARW), Queenstown, New Zealand, Feb. (2001).
- Yamamoto K., Ishizaka K., Shinomori S., Tanabe T., Katsufuji T., and Tokura Y.: “Optical probe of charge-spin-lattice dynamics in half-doped La_{3/2}Sr_{1/2}NiO₄”, Ann. March Meet. 2001 of the American Physics Soc., Seattle, USA, Mar. (2001).
- (国内会議)
- 劉泳祚, 知京豊弘, 牧野啓征, 瀬川勇三郎, 福村知昭, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: “Epitaxial 六方晶 ZnS 薄膜の特性”, 第 61 回応用物理学会学術講演会, 札幌, 9 月 (2000).
- 若槻一樹, 張保平, Dang Duc M., 瀬川勇三郎: “ZnSe/CdSe/ZnSe ヘテロ構造における励起子発光寿命の温度依存性”, 第 61 回応用物理学会学術講演会, 札幌, 9 月 (2000).
- 村上真, 松本祐司, 牧野啓征, 瀬川勇三郎, 知京豊弘, 川崎雅司, 鯉沼秀臣: “コンビナトリアルレーザー MBE 法による高品質アナターゼエピタキシャル薄膜の作成と評価”, 第 61 回応用物理学会学術講演会, 札幌, 9 月 (2000).
- 塚崎敦, 田村謙太郎, 広瀬力, 角谷正友, 福家俊朗, 牧野啓征, 瀬川勇三郎, 鯉沼秀臣, 川崎雅司: “レーザー MBE 成長単結晶 p 型 ZnO の電気特性”, 第 61 回応用物理学会学術講演会, 札幌, 9 月 (2000).
- 田村謙太郎, 塚崎敦, 広瀬力, 角谷正友, 福家俊朗, 牧野啓征, 瀬川勇三郎, 鯉沼秀臣, 川崎雅司: “格子整合 ScAlMgO₄ 基板上単結晶 p 型 ZnO のレーザー MBE 成長”, 第 61 回応用物理学会学術講演会, 札幌, 9 月 (2000).
- 牧野啓征, Nguten Tien T., 瀬川勇三郎, 謝振豪, 川崎雅司, 大友明, 田村謙太郎, 鯉沼秀臣: “格子整合 (Cd,Zn)O/(Mg,Zn)O 多重量子井戸における輻射および非輻射再結合過程”, 第 61 回応用物理学会学術講演会, 札幌, 9 月 (2000).
- 近藤孝志, 萩行正憲, 矢野聡, 瀬川勇三郎: “時間領域 THz 分光法を用いた二次元フォトリック結晶の透過特性”, 第 61 回応用物理学会学術講演会, 札幌, 9 月 (2000).
- 太田誠, 吉松俊英, 原高志, 足田朋幸, 近藤泰洋, 邱祥岡, 瀬川勇三郎, 宮崎博司: “磁場中の半導体における光励起キャリアからの THz 放射の理論”, 第 61 回応用物理学会学術講演会, 札幌, 9 月 (2000).
- 鈴木拓馬, 羽賀浩一, 柏葉安宏, 渡辺英夫, 張保平, 瀬川勇三郎: “Si 基板上への ZnO 薄膜の作成”, 第 48 回応用物理学関係連合講演会, 東京, 3 月 (2001).
- 太田誠, 原高志, 足田朋幸, 近藤泰洋, 邱祥岡, 瀬川勇三郎, 宮崎博司: “Slab モデルによる磁場中の半導体表面からの THz 放射の計算”, 第 48 回応用物理学関係連合講演会, 東京, 3 月 (2001).
- 牧野啓征, 孫漢東, 瀬川勇三郎, 川崎雅司, 大友明, 田村謙太郎, 鯉沼秀臣: “ZnO/(Mg,Zn)O 多重量子井戸における誘導放出機構”, 第 48 回応用物理学関係連合講演会, 東京, 3 月 (2001).
- 斎藤肇, 塚崎敦, 田村謙太郎, 広瀬力, 角谷正友, 福家俊朗, 牧野啓征, 瀬川勇三郎, 鯉沼秀臣, 川崎雅司: “コンビナトリアルレーザー MBE 成長による ZnO:(Ga,N) の電気特性”, 第 48 回応用物理学関係連合講演会, 東京, 3 月

(2001).

大谷亮, 福村知昭, 牧野哲征, 木村克, 山本貴一, 十倉好紀, 瀬川勇三郎, 鯉沼秀臣, 川崎雅司: “巨大非線形光学効果を示す銅酸化物のコンポジションスプレッド薄膜の作製と評価”, 第 48 回応用物理学関係連合講演会, 日本, 3 月 (2001).

田村謙太郎, 広瀬力, 塚崎敦, 斎藤肇, 角谷正友, 福家俊朗, 牧野哲征, 瀬川勇三郎, 鯉沼秀臣, 川崎雅司: “高純度 ZnO 薄膜及び窒素ドーパ ZnO 薄膜の電気特性”, 第 48 回応用物理学関係連合講演会, 東京, 3 月 (2001).

近藤孝志, 萩行正憲, 矢野聡, 瀬川勇三郎, 山口修一, 大高一雄: “時間領域 THz 分光法を用いた Si₃N₄ 球アレイの透過特性”, 第 48 回応用物理学関係連合講演会, 東京, 3 月 (2001).

塚崎敦, 斎藤肇, 広瀬力, 田村謙太郎, 角谷正友, 福家俊朗, 牧野哲征, 瀬川勇三郎, 鯉沼秀臣, 川崎雅司: “堆積温度傾斜法を用いた Ga_{0.9}N 同時ドーパ ZnO 薄膜の作製と構造評価”, 第 48 回応用物理学関係連合講演会, 東京, 3 月 (2001).

柏葉安宏, 羽賀浩一, 渡辺英夫, 張保平, 瀬川勇三郎: “大気圧 MO-CVD 法により作成した ZnO 薄膜の評価”, 第 48 回応用物理学関係連合講演会, 東京, 3 月 (2001).

Research Subjects and Members of Laboratory for Photophysics

1. Optical Properties of Quantum Confined Ionic and II-VI Compounds Crystals
2. Development of Oxide Semiconductors

3. Quantum Optics and Photonic Crystal

Head

Dr. Yusaburo SEGAWA

Research Scientists

Dr. Satoshi YANO

Dr. Bao-Ping ZHANG

Dr. Han-Dong SUN

Technical Staffs

Ms. Tomoko SATOH

Mr. Dang-Duc MANH

Mr. Nguyen-Tuan TIEN

Mr. Le-Hong MANH

Mr. Gen ISOYA

Visiting Members and Postdoctoral Fellows

Dr. Takayuki MAKINO

Dr. Xiang-Gang QIU

Dr. Ki-ichi YAMAMOTO

Trainees

Mr. Ye-Fan CHEN (IMS, Tohoku Univ.)

Mr. Atsushi SYOUJI (Fac. Sci., Tohoku Univ.)

Mr. Minoru IINO (Fac. Sci., Tohoku Univ.)

Mr. Kentaro TAMURA (Fac. Eng., Tokyo Inst. Tech.)

Mr. Chin-Hau CHIA (Fac. Sci., Tohoku Univ.)

Mr. Katsumi KIMURA (Fac. Sci., Tohoku Univ.)

Mr. Ryuichi SAKAKIBARA (Fac. Sci., Tohoku Univ.)

Mr. Kazuki WAKATSUKI (Fac. Sci., Tohoku Univ.)