

12. 3D General Relativistic Simulations of Coalescing Binary Neutron Stars. Prog. Theor. Phys. supplement **136** (1999) 270–286, K. Oohara and T. Nakamura
13. Gravitational Waves from a point particle in circular orbit around a black hole — Logarithmic terms in the post-Newtonian expansion—. Phys. Rev. D**49** (1994) 4016–4022, H. Tagoshi and T. Nakamura
14. Gravitational Waves from Coalescing Black Hole Macho Binaries. Astrophys. J. **487** (1997) L139–L142, T. Nakamura, M. Sasaki, T. Tanaka and K. S. Thorne
15. Direct Measurement of the Acceleration of the Universe using 0.1 Hz Band Laser Interferometer Gravitational Wave Antenna in Space. Physical Review Letters **87** (2001) 221103, Naoki Seto, Seiji Kawamura and T. Nakamura

工学博士 榊 裕之氏及び工学博士 大野英  
 男氏の「半導体ナノ構造による電子の量  
 子制御と強磁性の研究」(共同研究)に  
 対する授賞審査要旨

エレクトロニクスと情報技術の驚異的進展には、半導体が不可欠な役割を果たしている。例えば、トランジスタの演算機能や半導体レーザーの発光機能は、半導体内の電子の密度を増減させ、電気伝導率や光増幅率を制御することで達成されている。通常の半導体では、電子は自由な荷電粒子として振舞うが、ナノメートル級の極微の構造に閉じ込めると、運動の自由度(次元性)が制限され、量子力学的な波動性が顕わになり、著しい影響を及ぼす。また、磁性原子の存在下では、電子の持つスピンの重要な役割を果たす。榊氏と大野氏は、半導体のナノ構造の形成や磁性不純物の導入によって、電子の波動性と次元性およびスピン自由度を自在に制御する先駆的研究を進め、半導体に新たな物性と優れた素子機能を付与できることを明らかにした。この研究は、電子工学・固体物理学・ナノ物質科学が交叉する先端領域に、新たな学術分野を開くものであり、国内外

で高い評価を受けている。以下に両氏の研究業績の概要を記す。

神氏は、半導体の組成を局所的に変えた多彩なナノ構造を案出し、電子の量子力学的な波動状態と運動の自由度（次元性）を制御することで、新たな物性や優れた素子機能が創出できることを示す一連の先駆的な研究を行った。まず、Si-MOS型電界効果トランジスタ (FET) の超薄伝導層に着目し、散乱頻度の高い室温でも電子が量子閉じ込めを受け、自由運動が膜面内の二次元に限定されることを初めて実証して、LSI技術の学術的基盤を確立した。続いてGaAs系へテロ超薄膜構造に沿う二次元電子伝導の研究を創始し、波動関数の制御可能性や散乱過程を明らかにするなど超高速ヘテロ構造FETの誕生と発展に先駆的貢献をなした。また、量子井戸内の準位間の励起に伴う二次元電子の膜外へのトンネル脱出を用いた赤外検出器を考案するとともに、二次元電子正孔対（励起子）の蛍光線の不均一な拡がりを支配する界面凹凸構造を抑制し、優れた発光特性を得る新手法を実証するなど、超薄膜を活用した一連の光素子の誕生と発展にも大きな寄与をなした。

さらに電子の波動性と次元性をよりよく制御するために、量子細線や量子箱（ドット）構造を案出し、その素子応用を世に先駆けて提唱する一連の研究を行った。特に、量子細線構造での二次元電子の散乱の抑制とFET応用を初めて論じるとともに、量子箱（ドット）内の零次元電子を用いた負性抵抗素子・レーザ・光検出器などの可能性や特色を明らかにする一連の先駆的研究を理論・実験の両面から推進した。これらの研究が契機となり、量子細線・ナノチューブ・量子ドット構造に関する形成法・物理・素子応用の研究が国内外で活発化し、前述の素子に留まらず、量子ドットを用いた単電子メモリーや単一光子源なども登場し、新たな学術分野が開かれてきた。このように、神氏の半導体量子ナノ構造の研究は、江崎玲於奈博士の（層状）超格子の研究に続く画期的で先導的なものである。

大野氏は、エレクトロニクス材料である非磁性化合物半導体に磁性不純物を導入し、その最外殻電子を利用して強磁性となる半導体を新たに創成すると共に、強磁性の起源が最外殻電子からなるキャリアによって誘起されたものであることを理論的に明らかにした。さらに、新たに創成した強磁性半導体を半導体量子構造の一部に用いることによって、磁性やスピンの基づく新しい物理現象を発見・解明し、スピンを用いる半導体エレクトロニクスの端緒を開いた。

とりわけ、チャネル層がナノ薄膜の強磁性半導体である電界効果トランジスタ構造を作成し、強磁性相転移が電界で制御できることを実証したことは特筆に値する。これは、電界によるキャリア注入によって最外殻電子を増減させ、磁気・半導体特性を制御したもの

であり、磁石がギリシャの文献に記されて以来今日に至る磁性体の歴史上、強磁性相転移を等温可逆的に外部制御した初めての例である。さらに、強磁性半導体／非磁性半導体ヘテロ構造を用いた発光素子を作成し、その発光特性を解析して、従来困難であるとされたきた非磁性半導体への電気的スピン注入が可能であることを実証している。また、強磁性半導体の磁化反転が電気的に制御可能であることも明らかにした。

これら、新たな強磁性半導体材料の創生からその理解、デバイス構造による新現象の提示に至る一連の研究は、半導体におけるスピン利用に道を開いたのみならず、磁性機能素子研究にも新たな展開をもたらした。これは、半導体と磁性という二つの分野が接する学問領域を進展させ、ひいては半導体における磁性およびスピン利用の端緒となるものであり、電子工学・固体物理学上、大きな意義と波及効果を有するものとして、国内外で高く評価されている。

榎、大野両氏はIBM T・J・ワトソン研究所客員研究員として江崎玲於奈博士のグループに一年以上参加して受けた指導の結果を継続したことによるところ少なからざるものと考えられる。

## 榎 裕之氏 主要な著書及び論文

### ① 著書

1. 榎 裕之「超格子から量子細線・量子箱まで：ナノ構造による電子の量

子的制御」、荒船次郎ら編「現代物理学の歴史Ⅱ」、朝倉書店、八一五—八四六頁、二〇〇四年。

2. H. Sakaki, "Fabrication of atomically controlled nanostructures and their device applications" (ed. by G. Timp, "Nanotechnology" Springer Pub., 1999). Chap. 5, pp. 207-256.

3. 江崎玲於奈、榎 裕之 編著「超格子・ヘテロ構造デバイス」、工業調査会、一九八九年。

### (II) 論文

1. H. Sakaki and T. Sugano, "Galvano magnetic effects in silicon surface inversion layers", *Japanese Journal of Applied Physics*, **10**, 1016 (1971).

2. H. Sakaki, K. Wagatsuma, J. Hamasaki, and S. Saito, "Possible applications of surface-corrugated quantum thin films to negative-resistance devices", *Thin Solid Films*, **36**, 497 (1976).

3. I. Esaki and H. Sakaki, "A new photoconductor (using bound-to-extend intersubband transitions in superlattices)", *IBM Technical Disclosure Bulletin*, **20**, 2456 (1977).

4. L. L. Chang, H. Sakaki, C. A. Chang, and I. Esaki, "Shubnikov-de Haas oscillation in a semiconductor superlattices", *Physical Review Letters*, **38**, 1489 (1977).

5. H. Sakaki, "Scattering suppression and high-mobility-effect of size-quantized electrons in ultrathin semiconductor wire structures", *Japanese Journal of Applied Physics*, **19**, L735 (1980).

6. Y. Arakawa and H. Sakaki, "Multidimensional quantum well laser and temperature dependence of its threshold current", *Applied Physics Letters*, **40**, 939 (1982).

7. K. Hirakawa and H. Sakaki, "Mobility modulation of the two-dimensional electron gas via controlled deformation of the electron wave function in selectively doped AlGaAs-GaAs heterojunctions", *Physical Review Letters*,

- 54, 12, 1279 (1985).
8. **H. Sakaki**, M. Tanaka, and J. Yoshino, "One atomic layer heterointerface fluctuations in GaAs-AlAs quantum well structures and their suppression by insertion of smoothing period in molecular beam epitaxy", *Japanese Journal of Applied Physics*, **24**, L417 (1985).
  9. **H. Sakaki**, "Physical limits of heterostructure field-effect transistors and possibilities of novel quantum field-effect devices", *IEEE Journal of Quantum Electronics*, **QE-22**, 1845-1852 (1986).
  10. **H. Sakaki**, T. Noda, K. Hirakawa, M. Tanaka, and T. Matsusue, "Interface roughness scattering in GaAs/AlAs quantum wells", *Applied Physics Letters*, **51**, 1934 (1987).
  11. T. Someya, H. Akiyama, and **H. Sakaki**, "Enhanced binding energy of one-dimensional excitons in quantum wires", *Physical Review Letters*, **76**, 2965 (1996).
  12. J. Kono, M. Y. Su, T. Inoshita, T. Noda, M. S. Sherwin, S. J. Allen, and **H. Sakaki**, "Resonant Terahertz optical sideband generation confined from magnetoexcitons", *Physical Review Letters*, **79**, 1758 (1997).
  13. G. Yusa and **H. Sakaki**, "Trapping of photogenerated carriers by InAs quantum dots and persistent photoconductivity in novel GaAs/n-AlGaAs field-effect transistor structures", *Applied Physics Letters*, **70**, 345 (1997).
  14. S. Kobayashi, C. Jiang, T. Kawazu, and **H. Sakaki**, "Self-assembled growth of typeII quantum ring structures", *Japanese Journal of Applied Physics*, **43**, L662 (2004).
- 大野 英樹 氏 中野 隆文 氏
1. H. Munekata, **H. Ohno**, S. von Mohr, A. Segmüller, L. L. Chang, and L. Esaki, "Diluted magnetic III-V semiconductors," *Physical Review Letters*, **63**, 1849 (1989).
  2. **H. Ohno**, H. Munekata, T. Penney, S. von Mohr, and L. L. Chang, "Magnetotransport properties of p-type (In,Mn)As diluted magnetic III-V semiconductors," *Physical Review Letters*, **68**, 2664 (1992).
  3. **H. Ohno**, A. Shen, F. Matsukura, A. Oiwa, A. Endo, S. Kasumoto, and Y. Iye, "(Ga,Mn)As: A new diluted magnetic semiconductor based on GaAs," *Applied Physics Letters*, **69**, 363 (1996).
  4. **H. Ohno**, "Making nonmagnetic semiconductors ferromagnetic," *Science*, **281**, 951 (1998).
  5. F. Matsukura, **H. Ohno**, A. Shen, and Y. Sugawara, "Transport properties and origin of ferromagnetism in (Ga,Mn)As," *Physical Review B*, **57**, R2037 (1998).
  6. Y. Ohno, D. K. Young, B. Beschoten, F. Matsukura, **H. Ohno**, and D. D. Awschalom, "Electrical spin injection in a ferromagnetic semiconductor heterostructure," *Nature*, **402**, 790 (1999).
  7. **H. Ohno**, "Properties of Ferromagnetic III-V Semiconductors," *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **200**, 110 (1999).
  8. T. Dietl, **H. Ohno**, F. Matsukura, J. Cibert, and D. Ferrand, "Zener model description of ferromagnetism in zinc-blende magnetic semiconductors," *Science*, **287**, 1019 (2000).
  9. **H. Ohno**, D. Chiba, F. Matsukura, T. Omiya, E. Abe, T. Dietl, Y. Ohno, and K. Ohnari, "Electric-field control of ferromagnetism," *Nature*, **408**, 944 (2000).
  10. M. Kohda, Y. Ohno, K. Takamura, F. Matsukura, **H. Ohno**, "A spin Esaki diode," *Japanese Journal of Applied Physics*, **40**, L1274 (2001).
  11. T. Dietl, **H. Ohno**, and F. Matsukura, "Hole-mediated ferromagnetism in tetrahedrally coordinated semiconductors," *Physical Review B*, **63**, 195205 (2001).
  12. D. Chiba, M. Yamamouchi, F. Matsukura, and **H. Ohno**, "Electrical

- manipulation of magnetization reversal in a ferromagnetic semiconductor," *Science*, 301, 943 (2003).
13. M. Yamamouchi, D. Chiba, F. Matsukura, and H. Ohno, "Current-induced domain-wall switching in a ferromagnetic semiconductor structure," *Nature*, 428, 539 (2004).
14. D. Chiba, Y. Sato, T. Kita, F. Matsukura, and H. Ohno, "Current-driven magnetization reversal in a ferromagnetic semiconductor (Ga,Mn)As/GaAs/(Ga,Mn)As tunnel junction," *Physical Review Letters*, 93, 216602 (2004).

獣医学博士喜田 宏氏の「インフルエンザ抑制のための基礎的研究——家禽、家畜およびヒトの新型インフルエンザウイルスの出現機構の解明と抗体によるウイルス感染性中和の分子的基盤の確立——」に対する授賞審査要旨

人類は二〇世紀に多くの感染症を制圧したが、インフルエンザは、今後に克服すべき主要な疫病として残されている。喜田氏は、この問題の解決には、インフルエンザウイルスの起源と変異の過程を明らかにすることが、必須の要件であると考え、一九七六年以降、東南アジアからシベリア、さらにアラスカに至る広範な地域を足繁く訪れ、このウイルスの生態ならびに疫学にかかわる研究に取り組んできた。そして長期にわたる多様な研究活動を通じて、インフルエンザが典型的な人獣共通の感染症であることを実証するとともに、自然界における病原巣動物の実態や、ウイルスの存続機構、伝播経路等を明らかにした。さらに同氏は、多数のウイルス株について、