

——日産科学賞業績の概要——

量子ドット研究の創始とその物性解明および 半導体レーザへの応用

荒川 泰彦 (東京大学先端科学技術研究センター教授)
(1952年11月26日 49歳)

1980年 東京大学工学系研究科
電気工学専門課程修了 工学博士
1980年 東京大学生産技術研究所講師
1981年 東京大学生産技術研究所助教授

1988年 東京大学先端科学技術研究センター
助教授
1993年 東京大学生産技術研究所教授
1999年 東京大学先端科学技術研究センター
教授

業績の概要

米国でナノテクノロジー国家研究戦略が打ち上げられて以来、わが国でもナノテクノロジー研究の議論が活発になされている。ナノテクノロジー研究はにわかには始まったのではなく、現代社会に既に浸透しており、携帯電話や光通信などにおいてナノ薄膜を有する量子効果デバイスが、キーデバイスとしてIT技術の根幹をなしている。そして今、次世代の情報素子を実現する基本構造として量子ドットといわれる三次元立体量子ナノ構造が注目を集めている。

東京大学先端科学技術研究センター教授である荒川泰彦博士は、この半導体量子ドット研究の創始者の一人であり、量子ドットの形成、物理とレーザ応用について世界的に顕著な業績を挙げた先駆者である。荒川博士らは、1982年に電子を10ナノメートルオーダーの空間に三次元的に閉じ込めを行う構造として「量子箱(量子ドット)」を世界で初めて提唱し、さらに、「量子ドットレーザ」の提案を行い、低消費電力化にかかわる閾値電流特性、変調速度やスペクトル純度などの性能が格段に向上することを、理論的に示した。しかし、当時は半導体超薄膜を作製することが精一杯であり、量子ドットを実現できるナノテクノロジーはなかった。そこで、荒川博士は強磁場中に超薄膜レーザである量子井戸レーザを置き、きわめて強いローレンツ力を利用して、等価的に量子ドットレーザ効果を実現することに世界で初めて成功した。量子ドットレーザを提案した論文は現時点でも数多く引用されており、量子ドット研究の最初の論文として世界的に認知されている。

荒川博士は、その後量子ドットや量子細線の実現技術の開拓について研究を進め、1992年には当時としてはトップの10nm級のGaAs量子細線を作製し、磁気光学効果を初めて用い量子閉じ込めを立証することに成功した。また、量子ドットの形成についても選択成長および自己組織化成長の両方の手法について、きわめて早くから取り組み、この分野の指導的立場に立ち続けてきている。

さらに、量子ナノ構造の物性科学の探究にも重要な貢献を果たしてきた。ひとつひとつの量子ドットの性質を明らかにするために、単一量子ドット分光についてきわめて早い時期から取り組みを開始し、1999年に状態密度の連続状態を発見するとともに、量子コンピューティングの基礎となる量子ビートの観測にも成功した。さらには、1992年に光子を閉じ込める良質な半導体微小共振器を形成し、世界で初めて真空ラビ振動を観測することに成功している。この成果はその後の半導体微小共振器における共振器ポラリトンの爆発的な研究の火付け役となり、これも今日に至るまでよく引用されている。一方、青紫色光源として重要なガリウムナイトライド半導体への量子ドット研究の展開をはかり、1999年には青色ガリウムナイトライド半導体量子ドットレーザおよび面発光レーザの室温発振にそれぞれ世界で初めて成功し注目を集めている。

以上述べたように荒川泰彦博士は、情報素子への応用に向けて期待されている量子ドットについて先駆的な業績を達成してきた研究者である。

褒賞業績に関する主要論文

1. Y. Arakawa, H. Sakaki, "Multidimensional Quantum Well Lasers and Temperature Dependence of Its Threshold Current", Applied Physics Letters, 40, pp. 939-941 (1982).
2. Y. Arakawa, H. Sakaki, M. Nishioka, H. Okamoto, N. Miura, "Spontaneous Emission Characteristic of

- Quantum well Lasers in Strong Magnetic Fields—An Approach Quantum—Well-Box Light Source”, *Japanese Journal of Applied Physics*, 22, 12, pp. L804–L806 (1983).
3. Y. Arakawa, K. Vahala, A. Yariv, “Quantum Noise and Dynamics in Quantum Well and Quantum Wire Lasers”, *Applied Physics Letters*, 45, 9, pp. 950 (1984).
 4. Y. Arakawa, A. Yariv, “Quantum Well Lasers—Gain, Spectra, Dynamics (Invited Paper)”, *IEEE J. of Quantum Electronics*, QE22, pp. 1887–1889 (1986).
 5. Y. Nagamune, Y. Arakawa, S. Tsukamoto, M. Nishioka, “Photoluminescence Spectra and Anisotropic Energy Shift of GaAs Quantum Wires in Magnetic Fields”, *Physical Review Letters*, Vol. 69, No. 20, pp. 2963 (1991).
 6. Y. Toda, O. Moriwaki, M. Nishioka Y. Arakawa, “Efficient carrier relaxation mechanism in InGaAs/GaAs self-assembled quantum dots, based on the existence of continuum states”, *Physical Review Letters* 82, 4114 (1999).
 7. C. Weisbuch, M. Nishioka, A. Ishikawa, and Y. Arakawa, “Observation of the coupled exciton-photon mode splitting in a semiconductor quantum microcavity”, *Physical Review Letters* 69, pp. 3314–3317 (1992).
 8. K. Tachibana, T. Someya, and Y. Arakawa, “Room Temperature Lasing at Blue Wavelengths in Gallium Nitride Microcavities”, *Applied Physics Letters*, 75, pp. 2605–2607 (1999).
 9. T. Someya, R. Werner, A. Forchel, M. Catalano, R. Cingolani, Y. Arakawa, “Room Temperature Lasing at Blue Wavelengths in Gallium Nitride Microcavities”, *Science*, Vol 285, No 5435, pp. 1905–1908 (1999).
 10. Y. Arakawa, T. Someya, and K. Tachibana (Invited, Editor’s Choice), “Progress in Growth and Physics of Nitride-Based Quantum Dots”, *phys. sta. sol. (b)* 224, 1–11 (2001).