

研究課題別研究評価

1. 研究課題名：

フェムトの時間域で電子を操作する

2. 研究者名：

小森和弘 産業技術総合研究所

3. 研究のねらい：

本研究は、ピコ秒以下の時間域で動作可能な超高速光・電子素子の実現に向けて、新しい動作原理として超高速コヒーレント現象の光位相制御（コヒーレント量子制御）を取り上げ、半導体中のキャリアを超高速光制御する為の基盤技術の確立を目指している。その為、新しい動作原理に適した素子構造の提案とコヒーレント現象の人工操作法に関する提案を行い、実際に基礎実験を通してフェムト秒時間域での半導体中キャリアの超高速人工操作の実証を行うことを目標にした。

4. 研究結果：

さがけ延長期間では、光位相制御に適していると考えられる量子ナノ（量子細線）構造中の励起子を用いて、フェムト秒時間域での半導体中キャリアの超高速光制御に関する研究を行い以下の成果を得た。

1)超高速分光法を用いて三日月形状量子細線としては初めて、超高速励起子ダイナミクスを明らかにした。また、電気光学サンプリング法を用いて量子細線構造中でのコヒーレント量子振動の観測に成功した。（2）

2）テラヘルツ分光法を用いて量子細線を超短光パルス励起した際に発生するキャリア振動（主に自己分極形成に伴うテラヘルツ電磁波放射）の観測に成功した。（3、6）

3)位相ロック分光法を用いて量子ナノ構造の励起子の光制御実験を行ない、単一量子細線中の励起子のコヒーレント制御の初期的実験に成功した。（4、5）

4）液晶マスクの波長制御系を含む改良型波形整形装置を開発して量子ナノ構造中の励起子のコヒーレント制御実験を行い、従来に比べて1桁以上の高い位相制御性（0.003の制御性）を有する励起子密度制御が可能になった。（1）

5. 自己評価

延長期間においては、1）半導体量子細線中の超高速キャリアダイナミクスの研究と、2）量子細線励起子のコヒーレント量子制御の研究を重点的に行った。1）については、三日月形状量子細線構造における、低密度や不均一性の問題等、実験上のいくつかの困難が予想されたが、新しい計測技術と超高速分光に適した素子構造を開発したことによって、三日月形状量子細線としては初めてフェムト秒時間域の超高速励起子ダイナミクスに関する実験結果が得られ、量子ナノ構造をコヒーレント量子制御デバイスに利用するための指針が得られた。2）については、改良型の光位相制御装置を開発することで量子位相制御の精度向上について進展が得られ、また、単一量子細線中の励起子のコヒーレント制御の初期実験に成功した。今後は、量子細線構造よりも光位相制御により適している量子ドット構造を用いた素子を開発し、超高速光・光制御素子、テラヘルツ電磁波発生素子、量子情報素子等の全く新しい超高速デバイスやナノデバイスを創出するところまでに仕上げるのが課題である。

6. 領域総括の見解：

2 年間にあげた成果の中で、特にフェムト秒時間域の超高速励起子ダイナミクスと量子位相制御に関するものは量子計算素子技術の基礎として注目されるものである。量子細線で得られたさきがけ研究 2 1 の成果の延長として量子ドット構造での発展を含んだ提案が昨年度の戦略的基礎研究推進事業の研究領域「物理的手法を用いたナノデバイス等の創製」で採択されたのはその表れといえよう。

7. 主な論文等：

論文

主要 6 件

- 1) K. Komori, T. Sugaya, M. Watanabe, T. Hidaka, "Ultrafast coherent control of excitons using pulse shaping technique", Jpn. J. of Appl. Phys, vol. 39, no.4, April 2000
- 2) K. Komori, M. Foerst, T. Yasuhira, X. L. Wang, M. Ogura, M. Watanabe, T. Dekorsy and H. Kurtz, "Ultrafast Carrier Dynamics in Crescent Shaped AlGaAs/GaAs Quantum Wires", Proceedings of 25th int. conf. on phys. of semicond. 87 Springer Proceedings in Physics p.1277-1278 (Sept. 2000)
- 3) I. Morohashi, K. Komori, T. Hidaka, T. Sugaya, X. L. Wang, M. Ogura, T. Nakagawa and C. S. Son, "Terahertz Electromagnetic Wave Generation from Quantum Nanostructure", Jpn. J. Appl. Phys. vol. 40, Part 1, no. 4B, 3012-3017, April 2001
- 4) K. Komori, "Ultrafast phase locked spectroscopy of quantum nanostructures" Physica Status Solidi, 190, 3, pp. 855-859, April 2002.
- 5) K. Komori, G.R. Hayes, T. Okada, B. Deveaud, X. L. Wang, M. Ogura, and M. Watanabe, "Ultrafast coherent control of exciton in quantum nanostructures" Jpn. J. Appl. Phys. vol.41, no.4B, April 2002 in press.
- 6) I. Morohashi, K. Komori, T. Hidaka, X. L. Wang, M. Ogura, and M. Watanabe, "Excitation Wavelength dependence of Terahertz Electromagnetic Wave Generation from Quantum Wire", Jpn. J. Appl. Phys. April. vol.41, no.4B, April 2002 in press.

その他 10 件

- 7) K. Komori, T. Yasuhira, M. Watanabe, T. Sugaya, and T. Hidaka, "Phase control of coherent excitons in quantum wells using modified pulse shaping technique", the 7th inter. workshop on femtosecond technology, June 29, Tsukuba, Japan, FC-20, p.170 (June, 2000)
- 8) I. Morohashi, K. Komori, T. Hidaka, T. Sugaya, X. L. Wang, M. Ogura, and T. Nakagawa, "Terahertz Electromagnetic Wave Generation from Quantum Nanostructure" Extended Abstracts of the 2000 International Conference on SOLID STATE DEVICES AND MATERIALS #212 Sept. 2000.
- 9) K. Komori, M. Watanabe, T. Sugaya, Y. Fukunaga, and T. Hidaka, "Fine phase control of coherent exciton using pulse shaping technique", 2000 inter. quantum. electronic. conference, IQEC 2000, QtuF4, Nice, France (Sept. 2000)
- 10) K. Komori, M. Foerst, T. Yasuhira, X. L. Wang, M. Ogura, M. Watanabe, T. Dekorsy and H. Kurtz, "Ultrafast Carrier Dynamics in Crescent Shaped AlGaAs/GaAs Quantum Wires", 25th int.

conf. on phys. of semicond., D-197, p.218, Osaka, Japan, (Sept. 2000)

11) K. Komori, T. Yasuhira, X. L. Wang, M. Ogura, M. Watanabe, M. Foerst, T. Dekorsy, and H. Kurz, "Ultrafast Dynamics of Excitons in Crescent-Shaped GaAs Quantum Wires", Quantum Electronics and Laser Science Conference, (QELS2001), Technical Digest, QTh17, p. 205, Baltimore, MD, USA, (May, 2001)

12) Y. Yasuhira, K. Komori, X. L. Wang, M. Ogura, M. Watanabe, M. Foerst, T. Dekorsy, and H. Kurz, "Ultrafast Pump-probe measurement of crescent-shaped GaAs quantum-wires", The 8th International Workshop on Femtosecond Technology (FST 2001), technical digest TD-8 (June, 2001)

13) K. Komori, G.R. Hayes, B. Deveaud, M. Watanabe, " Ultrafast Phase-Locked Spectroscopy of Multi-Quantum-Well-Bragg Structure", The 8th International Workshop on Femtosecond Technology (FST 2001), TD-7, (June, 2001)

14) I. Morohashi, K. Komori, T. Sugaya, X. L. Wang, T. Hidaka, M. Ogura, and M. Watanabe, "Terahertz Electromagnetic Wave Generation from Quantum Nanostructure", First International Workshop on Quantum Nonplanar Nanostructures & Nanoelectronics '01, p. 113, July 2001

15) K. Komori, G.R. Hayes, B. Deveaud, X. L. Wang, M. Ogura, and M. Watanabe, "Ultrafast phase-locked spectroscopy of excitons in quantum nano-structures", 7th International Conference on Optics and Excitons in Confined Systems (OECS7), Tu-P25, Montpellier, France (Sept. 2001)

16) K. Komori, G.R. Hayes, T. Okada, B. Deveaud, X. L. Wang, M. Ogura, and M. Watanabe, "Ultrafast coherent control of excitons in quantum nano-structures", 2001 inter. conf. on Solid State Devices and Materials (SSDM 2001), tech. digest. P-2-5, p.662, Tokyo, Japan, (Sept. 2001)

(特許、受賞、招待講演等)

口頭発表

招待講演 1 件

1) 波形整形パルス列による AlGaAs 量子井戸励起子のコヒーレント制御

渡辺正信、小森和弘 電子情報通信学会 第4回量子情報技術研究会 セッション：量子デバイス・量子光学、No.2 (招待講演) 東京工業大学 国際交流会館 11月29日 2000年

その他、 一般講演 10 件

特許出願等

特許登録 1 件、「電界効果テラヘルツ電磁波発生素子」特許第 3 2 4 3 5 1 0 号 小森和弘、2001 年 10 月 2 6 日登録、産総研

特許出願 1 件、特願 2001-298076 小森和弘、産総研