

課題番号: GR034
助成額: 172百万円

グリーン・イノベーション

理工系

平成23年2月10日
～平成26年3月31日

ナノ半導体におけるキャリア輸送・熱輸送の統合理解による グリーンLSIチップの創製

内田 建 慶應義塾大学理工学部 教授
Ken Uchida



専門分野

ナノエレクトロニクス

キーワード

ナノ電子デバイス／ナノ構造物性／電子デバイス・集積回路／薄膜・量子構造

WEBページ

<http://www.ssn.elec.keio.ac.jp>

研究背景

ナノ半導体では、ナノスケールに特有の効果により、サイズに依存して熱伝導（熱の伝わり方）や発熱の特性が大きく変化すると予測される。しかし、ナノ半導体を作製することが難しいことなどから、ナノ半導体における熱伝導特性および電流によって生じる発熱の特性は、世界的にほとんど調べられていない。

研究目的

発熱および熱伝導の評価に適した構造の温度センサーやナノ半導体デバイスを作製し、ナノ半導体における熱伝導特性と発熱現象の詳細を明らかにする。従来個別に議論されていたキャリア輸送（電流）と熱輸送（熱伝導）を統合的に理解することで、ナノ半導体デバイスを用いた集積回路の性能を向上する。

実績

代表論文: Jpn. J. Appl. Phys., 52, 04CC03-1-6, (2013)
Technical Digest of IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), 184, (2013)

受賞: 丸文研究奨励賞, 丸文財団 (2011年3月)、エレクトロニクス・ソサイエティ賞, 電子情報通信学会 (2013年9月)

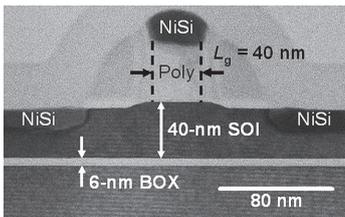
新聞: 日刊工業新聞「ナノ素子 動作温度 正確に測定 回路の信頼性向上へ」(2013年12月9日)、化学工業日報「微細トランジスタ 動作中温度を正確測定」(2013年12月11日)

特記事項: 半導体デバイス分野で最も権威のある国際学会 (IEDM) で4件の発表

研究成果

ナノ素子の動作温度を正確に測定

材料・構造・測定手法の検討を行うことで、動作中のナノ素子の温度（発熱）を正確に測定する方法を開発した。従来は温度上昇が無いと考えられていた構造でも、温度上昇が無視できないことを明らかにした。



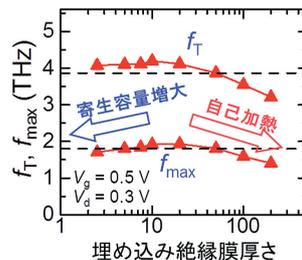
ナノ絶縁膜上に作製されたナノスケールのシリコントランジスタ。産総研ナノエレ研究部門との共同研究およびTIA推進本部の協力で作製。

ナノ素子での非平衡キャリア輸送の探索

ナノシリコン素子では電子-フォノン散乱が増大することを示すなど、非平衡状態での輸送現象（ナノ半導体での発熱）の理解深耕を達成した。

ナノ素子の熱配慮設計を確立

従来は電気的パラメータを最適化することで十分であったが、ナノ素子では熱的パラメータも含めて最適化することが重要である。電気的・熱的な最適化（熱配慮設計）でデバイス特性が大きく向上すること、消費電力を1/3に削減可能なことを示した。



デバイス直下の絶縁膜厚を薄くすると、熱が逃げやすくなり特性が向上する。絶縁膜が薄すぎると電気的要因で性能が劣化する。

2013年の
応用展開

携帯端末の高性能化を達成するために、ナノデバイスが広く使われる。ナノデバイスでは、動作時にデバイス局所の温度が高くなり性能が劣化しデバイス寿命が短くなる。熱配慮設

計を行うことでデバイスの集積度や消費電力が低減するだけでなく、デバイスが故障しにくくなり、安全・安心社会の確立に貢献することも期待される。