

【基盤研究(S)】  
大区分C



研究課題名 無欠陥ナノ周期構造によるフォノン場制御を用いた  
高移動度半導体素子

東北大学・流体科学研究所・教授

さむかわ せいじ  
寒川 誠二

研究課題番号： 20H05649 研究者番号：30323108

キーワード： 中性粒子ビーム、無欠陥ナノ周期構造、フォノン場制御、フォノン散乱抑制、発熱緩和

【研究の背景・目的】

携帯端末やセンサーなどの情報通信デバイスの高性能化が進み、データ量・通信量の飛躍的な増大が起きている。この情報爆発に対応するためには、今後も情報処理やデータストレージの大幅な高性能化・省電力化に向けた技術革新が不可欠である。特に半導体集積回路の微細化が進行する中で発熱・放熱の問題が顕著となり、低発熱・低消費エネルギーとなる新構造半導体素子が求められている。電子デバイスのさらなる高速化と発熱の抑制が可能になれば、このような要望に応えることができ、MOS トランジスタのチャネル部におけるキャリアのフォノン散乱を抑制することができれば、本質的に発熱による移動度劣化を起こさないため、2つの要望を同時に満たすことができる。

本提案では、周期的で無欠陥な半導体ナノピラーをマトリックス材料で埋め込んだ複合構造をトランジスタチャネル構造として導入することを提案する。これにより材料やナノピラーサイズ、間隔によってトランジスタチャネル領域でのキャリアのフォノン散乱を抑制し、移動度の劇的な向上と発熱の少ないトランジスタチャネル層が実現可能となる。

【研究の方法】

無欠陥ナノ構造作製技術を用いて、界面ラフネスや欠陥のない超微細サブ 10 nm 周期フォノン結晶ナノピラーを作製して良質なマトリックス材料を埋め込んだ複合材料を作製する技術を確認する。同時に、この複合材料におけるフォノン生成・輸送特性をナノメートルオーダーで検出する技術、エレクトロンおよびフォノンバンドの解析技術の確立を行う。それらを基に、フォノン場やキャリア輸送を自在に制御できる複合材料をチャネル層に採用したトラン

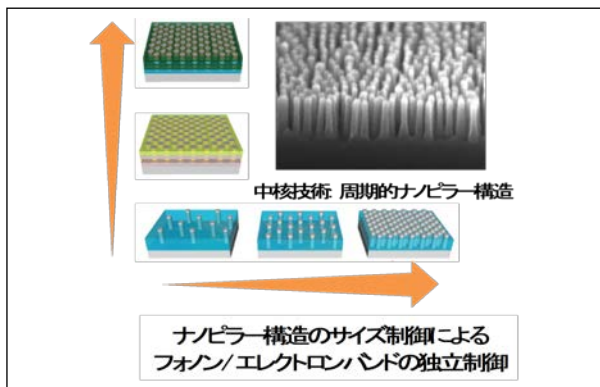


図1 中性粒子ビームによる無欠陥ナノ構造作製技術

ジスタを開発する。

【期待される成果と意義】

これまでにフォノン場制御系における電子輸送を実験的に検討した研究はないため、実験・理論からフォノンバンド・エレクトロンバンド同時制御による電子輸送制御の可能性を探求することは、学術的にも大きな意義があると同時に、新発想の電子デバイスへの可能性を探求する挑戦である。

応用では、高移動度かつ低発熱半導体素子の実現により、計算の高速化が可能になるだけでなく、あらゆる電子機器の省エネルギー化を達成できる。これらにより、エレクトロニクスの飛躍的発展だけでなく、エネルギー・環境問題解決にもつながり、大きな波及効果をもった研究成果が期待される。

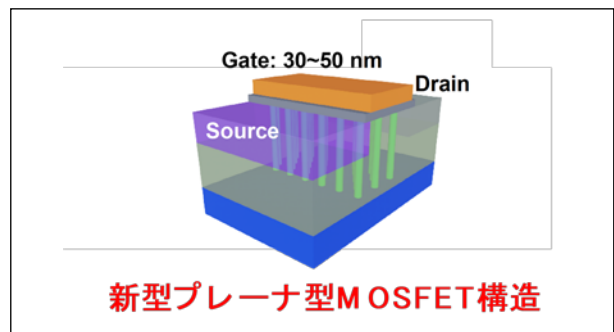


図2 目標とするナノピラー構造含有 MOSFET デバイス

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ K. Endo, S. Samukawa et. al., IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 53,1826 (2006).
- ・ A. Kikuchi, A. Yao, I. Mori, T. Ono and S. Samukawa, J. Appl. Phys. **122** (16), 165302 (2017).
- ・ X. Huang, D. Ohori, R. Yanagisawa, R. Anufriev, S. Samukawa and M. Nomura, ACS Applied Materials & Interfaces **12** (22), 25478(2020).
- ・ T. Harada, T. Aki, D. Ohori, S. Samukawa, T. Ikari and A. Fukuyama, Japanese Journal of Applied Physics 59 (SK), SKKA08 (2020).

【研究期間と研究経費】

令和2年度～6年度 150,000千円

【ホームページ等】

<http://www.ifs.tohoku.ac.jp/samukawa/japanese/index.html>