

平成 22 年 5 月 14 日現在

研究種目：基盤研究(A)
研究期間：2007～2010
課題番号：19206105
研究課題名（和文） 高エネルギーイオンビームの直描式微細加工による 3D ナノ構造の創製
研究課題名（英文） Fabrication of 3-D nano-structure by direct-writing of a high-energy ion beam
研究代表者
神谷 富裕 (KAMIYA TOMIHIRO)
独立行政法人日本原子力研究開発機構・放射線高度利用施設部・課長
研究者番号：70370385

研究代表者の専門分野：イオンビーム工学
科研費の分科・細目：総合工学・原子力学
キーワード：MEMS, イオンマイクロビーム, ナノデバイス, ナノ細線, マスクレス露光, レジスト, 高アスペクト比

1. 研究計画の概要

将来の情報通信・医療技術の発展に不可欠なナノデバイス創製あるいはMEMS (Micro Electro Mechanical Systems)の基盤技術として、核子当りMeV以上のエネルギーを持つ重イオンマイクロビームの高空間分解能、高LET (Linear Energy Transfer:単位長さあたりのエネルギー付与)、および長飛程の特長を活かしたレジスト材に対するナノ細線を含む3次元的なマスクレス露光を実現し、高エネルギーイオンビーム利用の新たな可能性を拓く。このため本研究では、(1)各種のイオンマイクロビームを利用した照射実験により、ネガ型レジスト露光における感度及び空間分解能を評価し、(2)高アスペクト比3次元加工プロセスを実証し、さらに(3)シングルイオンヒット技術を応用することにより、新たなナノ細線の製作法を確立する。

2. 研究の進捗状況

- (1) **感度及び空間分解能の評価** レジスト材としてPBWにおいてもネガ型レジストとしてよく用いられてきたSU-8(マイクロケム社製)を用いて3 MeV 水素イオンあるいは260MeV Ne イオン等の1 μ m程度のビームサイズの高エネルギー重イオンマイクロビームを形成し、照射に対する感度を評価した。
- (2) **3次元加工プロセスの実証** 軽イオンマイクロビームのビームエネルギーを変えて描画することによりイオンビームの飛程を2段階以上に変化させ、それぞれの照射パターンを重ね合わせた露光を行い、橋梁構造

のような3次元構造を創出できることを確認した。具体的な3次元構造としてはオーバーハング構造や梁構造を、あるいは歯車の加工に成功した。

(3) **ナノ細線の製作・評価** ビーム走査とステージ制御技術開発により、上記の3次元構造製作プロセスに高エネルギー重イオンのシングルイオンヒット照射照準精度が向上した。いまだ創製されたナノ細線構造の電子顕微鏡写真の撮影には至っていないが、ナノ細線を含む3次元微細構造の創製手順が確立した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

「(1)感度及び空間分解能の評価」について、当初重イオンマイクロビームによる評価を予定していたが、結果として3 MeV 水素イオンマイクロビームと260MeV Ne イオンによるものになった。ただ、3次元立体構造の創製や、本研究の最終目的であるシングルイオンによるナノ細線構造の創製システムの最適化も予定通り進んでいる。

4. 今後の研究の推進方策

全体計画のうち課題の(1)及び(2)については、ほぼ目標を達成したと考えており、最終年度に当たる本年度は課題の(3)に集中して進める。これまでに高エネルギー重イオンの種類について比較的軽いNeを用いていたが、今後はArあるいはFe等、より高LETを持つ重いイオンによるシングルイオンヒッ

トによる描画を実施し、レジスト材料及び基板の条件などを最適化することにより、ナノ細線を含む3次元立体構造の創製の実現を目指す。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Kamiya, T., Takano, K., Ishii, Y., Satoh, T., Oikawa, M., Ohkubo, T., Haga, J., Nishikawa, H., Furuta, Y., Uchiya, N., Seki, S., Sugimoto, M., Fabrication of nanowires by varying energy microbeam lithography using heavy ions at the TIARA, // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B - Beam Interactions with Materials and Atoms. 267 (2009) 2317-2320.
- ② Kamiya, T., Nisikawa, H., Satoh, T., Haga, J., Oikawa, M., Ishii, Y., Ohkubo, T., Uchiya, N., Furuta, Y., Development of micromachining technology in ion microbeam system at TIARA, JAEA // Applied Radiation and Isotopes 67 (2009) 488-491.
- ③ Oikawa, M., Satoh, T., Kamiya, T., et al. (other 7 authors), Characteristics of focusing high-energy heavy ion microbeam system at the JAEA AVF cyclotron // Applied Radiation and Isotopes 67 (2009) 484-487.

[学会発表] (計 5 件)

- ① 神谷富裕、イントロダクトリートーク「高エネルギーイオンマイクロビームを用いた描画・加工技術の開発」、2008 年秋季第 69 回応用物理学会学術講演会放射線分科会企画シンポジウム「高エネルギーイオンビームを用いたマイクロ・ナノ構造創製技術とその応用」、2008 年 9 月 4 日、愛知研春日井市、中部大学
- ② 高野勝昌、佐藤隆博、石井保行、神谷富裕、大久保猛、杉本雅樹、「イオンマイクロビームを用いた 3 次元描画」、第 21 回タンデム加速器およびその周辺技術の研究会、2008 年 7 月 31 日、群馬県高崎市、原子力機構高崎
- ③ 高野勝昌、佐藤隆博、石井保行、神谷富裕、大久保猛、杉本雅樹、西川宏之、関修平、「MeV 級イオンマイクロビームを利用した微細加工」、第 27 回法政大学イオンビーム工学研究所シンポジウム、2008 年 12 月 10 日、東京 (法政大学小金井キャンパス)

- ④ Takano, K., Satoh, T., Ishii, Y., Kamiya, T., Ohkubo, T., Sugimoto, M., Nishikawa, H., Seki, S., 'Preliminary Study of Micro Processing for Polymer Targets by MeV Proton Beam Writings ', 16th International Conference on Surface Modification of Materials by Ion Beams, Odaiba, Tokyo, September 13 - 18, 2009
- ⑤ 高野 勝昌、佐藤 隆博、石井 保行、神谷 富裕、大久保 猛、江夏 昌志、杉本 雅樹、西川 宏之、関 修平、「MeV 級イオンマイクロビームを用いた 3 次元マイクロプロセッシング」、第 13 回放射線プロセスシンポジウム、2009 年 11 月 12 日、東京 お台場

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]