

課題番号 : F-16-UT-0139  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : エピタキシャル NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 薄膜のSi(111) 基板上への作製  
Program Title (English) : Epitaxial NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> films grown on Si(111) substrates  
利用者名(日本語) : 中根了昌<sup>1)</sup>, 田中雅明<sup>1),2)</sup>  
Username (English) : Ryosho Nakane<sup>1)</sup>, Masaaki Tanaka<sup>1),2)</sup>  
所属名(日本語) : 1) 東京大学大学院工学系研究科, 2) 東京大学大学院工学系研究科スピントロニクス学術連携研究教育センター  
Affiliation (English) : 1) Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, 2) Center for Spintronics Research Network, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

## 1. 概要(Summary)

シリコンヘスピン偏極した電子を注入することにより、シリコンチャンネルを介した巨大磁気抵抗効果の発現と、それを利用したスピン電界効果型トランジスタの実現が可能となる。スピン偏極率の高い電子を生成するために、ハーフメタル特性を持つフェライトを利用することが有望であり、本研究ではNiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (NFO)を利用した、エピタキシャルNiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si(111)構造を作製した。この構造においてSiO<sub>2</sub>の形成を防ぐことが必要であると考えられたため、様々な結晶成長条件を試行して、表面平坦性の良好なエピタキシャル構造、かつSiO<sub>2</sub>の無い構造、の作製条件を見出した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

ブレードダイサー-DAD340(汎用)

### 【実験方法】

ダイサーによりSi(111)基板を 3 cm×3 cmに加工をした。RCA洗浄とHFディップにより水所終端表面を形成した後、HCl過水により意図的に表面SiO<sub>2</sub>層を形成した。超高真空装置内において、0.5 nmAlを積層して 820°Cでアニールすることにより、固相成長のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>バッファ層を形成した。この後に、パルスレーザー堆積法により数原子層のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のエピタキシャル成長を行った。条件は基板温度 780°C、酸素 1×10<sup>-5</sup> Paである。その後、基板温度を 150-450 °C、酸素分圧を 10<sup>-5</sup>-10<sup>-2</sup> Pa、Ar分圧を 10 Paの様々な条件において 3 nmのNFOの結晶成長を行った。エピタキシャル成長は成長後の高速反射電子回折(RHEED)パターン、X線反射回折、によって評価した。表面ラフネスは原子間力顕微鏡によっておこなった。SiO<sub>2</sub>の形成はX線光電子分光法(XPS)によって評価をした。磁化測定は 300KでSQUID磁力計によって行っ

た。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

10<sup>-5</sup> Paの条件以外ではNFOはエピタキシャル成長をした。エピタキシャル層は 6 回対称であり、XRD評価と併せて、[11-2]NFO(111)//[11-2]Si(111)と[11-2]NFO(111)//[1-10]Si(111)の 2 つのドメインがあることがわかった。基板温度が 150°C、250°Cの時は表面粗さが 0.3 nm程度と良好であった。飽和磁化は成長条件に寄らず 150-200 emu/ccと、薄膜NFOでは予想通りの値であった。XPSにおいてSiO<sub>2</sub>評価をおこなった結果と併せて、基板温度 250°C、酸素分圧 10<sup>-3</sup>、10<sup>-4</sup> PaがSiO<sub>2</sub>の形成が無く、表面平坦性の良好なエピタキシャル薄膜の結晶成長条件であることがわかった。

## 4. その他・特記事項(Others)

基盤研究(B)代表者: 中根了昌

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) Ryosho Nakane and Masaaki Tanaka, "Growth, structure, and magnetic properties of epitaxial NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> films grown on Si(111) substrates", 2016 Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM), 31 Oct - 04 Nov 2016, New Orleans, LA, USA, BE-14.
- (2) 中根、田中、"エピタキシャル NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 薄膜のSi(111)基板上への作製とその構造・物性"、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、朱鷺メッセ、新潟、13a-A22-3. September 13-16, 2016.

## 6. 関連特許(Patent)

なし。