

SUPPRESSION OF MAGNETIC DEAD LAYER AT INTERFACES: Fe FILMS ON IRON SILICIDES, GRAPHENE AND FEW-LAYER GRAPHITE

モハマド, タウヒード, キブリア

<https://doi.org/10.15017/2534471>

出版情報 : Kyushu University, 2019, 博士 (学術), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : Mohammad Tawheed Kibria

Name

論 文 名 : Suppression of Magnetic Dead Layer at Interfaces:

Fe Films on Iron Silicides, Graphene and Few-Layer Graphite

Title

区 分 : 甲

Category

論 文 内 容 の 要 旨

Thesis Summary

薄膜では結晶構造がゆがんでおり、電子状態に異方性や低次元性があらわれる。その結果、薄膜の磁性はバルクの磁性とは異なり、垂直磁化異方性、トンネル磁気抵抗などの興味深い現象があらわれ、スピントロニクス的重要分野として発展している。強磁性体を二次元原子層や半導体表面と接合し、スピン注入を試みる研究はスピントロニクスでの利用を目的として盛んに研究されている。鉄などの強磁性遷移金属はしばしば二次元原子層や半導体と反応し、非強磁性化合物を界面で形成する。そのため理想的な界面が形成されず、理想的なスピン注入が達成されていない。

本論文では、Si および炭素表面の磁化失活層とその要因、および磁化失活層の改善について主に磁気光学カー効果、X線光電子分光、低速電子回折、X線光電子分光を用いて明らかにしている。

代表的な半導体であるSiへFeを蒸着すると界面に鉄シリサイドが形成されることが以前より知られていた。蒸着されたFeの厚さが薄いとFeは強磁性とならず、FeとSiの界面には非磁性シリサイド層が介在する。このような非磁性層は磁化失活層と呼ばれている。本論文ではSi(111)表面上に安定で結晶性のよいFeシリサイドを1層形成させ、その上に成長させたFeの磁性を研究している。Feシリサイドを1層挿入することで、FeとSiの相互拡散を抑制して、薄いFe膜厚でも強磁性となることを明らかにしている。

グラフェンは高い電子移動度を持つ物質であるため次世代電子デバイスとして研究されている。さらにグラフェンは軽元素であるためスピン軌道相互作用が小さく、電子スピンの反転が抑制され、長いスピン伝導長を持つ物質として注目されている。そのためFeを介してグラフェンへスピン注入する研究が盛んにおこなわれている。本論文ではその界面に注目し、Fe-グラフェン界面での磁気特性が表面エネルギーの違いによる表面形態に大きく依存していることを明らかにしている。

第1章では、本研究の背景について、半導体、グラフェン上に蒸着された磁性薄膜の結晶構造、磁気構造を概説している。また、本研究の意義と目的について述べている。

第2章では本研究に用いた測定手法の原理について説明している。

第3章では本研究で使用した実験装置について説明している。

第4章ではSi(111)表面上へ蒸着したFe薄膜の結晶構造、磁気特性についての研究結果を述べている。Si(111)上のFeシリサイドの構造は700 Kで形成される $p(2\times 2)$ もしくは900 Kで形成される $c(8\times 4)$ 構造が知られている。これらFeシリサイド上へFeを蒸着させたときでも磁化失活層はゼロとはならないが、Si表面での磁化失活層が8層であるのに比べ、Feシリサイドでは磁化失活層を抑制できることを明らかにしている。 $c(8\times 4)$ 構造上の磁化失活層は3層、 $c(2\times 2)$ 構造上の磁化失活層は5層となり、 $c(8\times 4)$ 構造のほうが約2層磁化失活層が薄くなった。この実験結果より高温相鉄シリサイドが更なるシリサイド形成をより効果的に抑制していることを示唆している。

第5章ではSiC表面上に形成したグラフェン、グラファイト表面上でのFeの磁性について述べている。磁気光学Kerr効果の結果からグラフェン上ではグラファイト上に比べ、磁化失活層が約1層少ないことを明らかにしている。Fe 10層以下の磁化曲線測定から、グラフェン上のFeは磁気異方性が高く、ほぼ100%の残留磁化を示すのに対し、グラファイト上のFeは磁気異方性が低く、残留磁化は50%以下であることを示している。SiC表面上のグラフェン、グラファイトはほぼ同じ表面構造を持つにも関わらず、Fe薄膜の磁気特性には大きな違いを得ている。蒸着されたFe膜の形態を走査トンネル顕微鏡により観察した結果、グラフェン上のFeは低く扁平な島形状であるのに対し、グラファイト上のFeはより球に近い粒子形状であることを見出している。これらの結果より磁気特性の違いは表面エネルギーに起因するFe形態が原因であることを明らかにしている。

第6章では半導体であるSiC(0001)面上でのFeの磁性について述べている。SiC上のSi過剰な 3×3 表面およびFeシリサイド表面上において磁化失活層を磁気光学効果により測定した結果、 3×3 表面では磁化失活層が約2層、Feシリサイド表面では磁化失活層が1層以下と非常に薄くなっていることを明らかにしている。Feシリサイド表面では磁気異方性が高く、ほぼ100%の残留磁化を示すこともわかり、結晶性の高いFe薄膜が形成できたことを示している。

第7章では、本研究で得られた知見をまとめ、本論文を総括している。