

Title	Nanostructures and magnetism of Co thin films on Au(001) studied by STM, MCD and PEEM
Author(s)	宮町, 俊生
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/48824
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名	宮 町 俊 生
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 22119 号
学位授与年月日	平成 20 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学位論文名	Nanostructures and magnetism of Co thin films on Au(001) studied by STM, MCD and PEEM (STM、MCD および PEEM による Au (001) 面上 Co 薄膜のナノ構造および磁性に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 菅 滋正 (副査) 教授 多田 博一 教授 鈴木 義茂 教授 田中秀和

論文内容の要旨

近年スピントロニクスデバイスや超高密度磁気記録媒体の開発のためのナノ磁性材料の研究が盛んに行われている。磁性体はそのサイズがナノスケールまで小さくなるにつれこれまでに見られなかった新奇な物性を示すことが知られており、ナノメートル分解能の構造評価を組み合わせたナノ磁性体の磁化分析が必要不可欠となっている。本研究では、基礎物理の面だけでなくナノテクノロジーへの応用の観点からも関心が高まっている Au (001) 下地上の bcc Co 薄膜のナノスケールでの磁性と構造の相関関係を明らかにすることを目的としている。まず走査トンネル顕微鏡 (STM) および低速電子線回折 (LEED) を用いて異なる 2 つの成長条件 (室温成長および室温成長後約 230°C アニール) における bcc Co 薄膜の表面構造およびモフォロジーの詳細を調べた。成長条件が (i) 室温成長の場合には bcc Co が Au (001) 上にエピタキシャル成長し、(ii) 室温成長後 230°C アニールの場合には、bcc Co が長方形型に島状成長することがわかった。走査トンネル顕微分光測定 (STS) より約 3 単原子層 (ML) 以下のアニール後の試料においては試料表面に下地 Au の表面偏析による Au surfactant layer が存在することが考えられる。膜厚の増加に伴い、アニール後の試料は表面構造が (1×2) 構造や c (2×2) 構造へと変化することが確認された。これらの現象の発現機構は Au 原子の diffusion limit に関連があると思われる。次にアニール温度や蒸着速度等の成長条件や膜厚を厳密に制御することにより様々なサイズ・形状のナノ構造を作製し、台湾放射光施設 NSRRC にて軟 X 線磁気円二色性 (XMCD) 測定を行い、bcc Co 薄膜の磁気構造の解明を試みた。スピン・軌道磁気モーメントに強いサイズ・形状依存性が観測され、アニール後の試料のみ室温垂直磁化を示すことが明らかになった。bcc Co 薄膜のナノクラスター化により現れた edge atoms の存在が垂直磁化発現の起源であると思われる。最後に磁気円二色性を利用した光電子顕微鏡による磁気イメージングを SPring-8 および独 BESSY にて行った。6ML の各成長条件の bcc Co 薄膜の磁区構造が互いに大きく異なり、アニール後の試料においては磁区形状が下地 Au のステップにそっていることが明らかになる等、bcc Co 薄膜の磁気イメージングに初めて成功した。

論文審査の結果の要旨

スピントロニクスデバイスや超高密度磁気記録媒体の開発のためのナノ磁性材料の研究が近年盛んに行われている。磁性体はそのサイズがナノスケールまで小さくなるにつれこれまでに見られなかった新奇な物性を示すことが知られており、ナノメートル分解能の構造評価を組み合わせたナノ磁性体の磁化分析が必要不可欠となっている。本研究では、ナノテクノロジーへの応用の面だけでなく基礎物理の観点からも関心が高まっている Au (001) 下地上の bcc Co 薄膜のナノスケールでの磁性と構造の相関関係を明らかにすることを目的としている。

まず走査トンネル顕微鏡/分光 (STM/STS) および低速電子線回折 (LEED) を用いて異なる 2 つの成長条件 (室温成長および室温成長後約 230°C アニール) における bcc Co 薄膜の表面構造およびモフォロジーの詳細が調べられた。成長条件が (i) 室温成長の場合には bcc Co が Au (001) 上にエピタキシャル成長し、(ii) 室温成長後 230°C アニールの場合には、ナノクラスターが長方形型に成長することがわかった。表面構造およびモフォロジーについては STM 像の高さ profile と総蒸着量の見積もりからモデル化を行い、蒸着量が約 3 単原子層 (ML) 以下のアニール後の試料において Au と Co 相の相分離により 5 層の bcc Co から成るクラスターを形成していることが明らかとなった。最表面には Au と Co の表面自由エネルギーの大きな差 ($\gamma_{\text{Au}}=1.6 \text{ J/m}^2$, $\gamma_{\text{Co}}=2.7 \text{ J/m}^2$) により、下地 Au が表面偏析し Au surfactant layer が存在することが STS 測定より確認され

次にアニール温度や蒸着速度等の成長条件や膜厚を厳密に制御することにより様々なサイズ・形状のナノ構造を製作し、台湾放射光施設 NSRRC にて軟 X 線磁気円二色性 (XMCD) 測定を行い、bcc Co 薄膜の磁気構造の解明を試みた。異なった膜厚のアニール後の試料の面直磁気モーメントの比較によりクラスターサイズの減少に伴って磁気異方性を決める軌道磁気モーメントが増加することを明らかにした。1.7 ML のアニール後の試料において見積もられた軌道磁気モーメントの値 $0.29 [\mu \text{ B/atom}]$ より、Pt 基板状の 1 次元状 Co chain ($0.68 [\mu \text{ B/atom}]$) [1] や Co island (約 $0.30 [\mu \text{ B/atom}]$) [2] のように原子配位数 (atomic coordination) の減少が観測された大幅な軌道磁気モーメントの増加に寄与していると考えられる。面直、面内磁気モーメント測定の結果を比較することにより、bcc Co 薄膜のナノクラスター化により現れたクラスターの edge atoms の存在が垂直磁化、core atoms が面内磁化の発現の起源であると結論づけた。最後に磁気円二色性を利用した光電子顕微鏡による磁気イメージング (XMCD-PEEM) を Spring-8 および独 BESSY にて行い、面内磁化を示す core atoms の磁化情報 (磁区構造、面内容易磁化方向) の解明を試みた。6 ML のアニール後の bcc Co 薄膜において磁区構造が Au のステップに沿って形成されていることが観測され、面内容易磁化方向がこれまでの報告されている [100] 方向 [3] から 45° ずれた [110] 方向に存在することが明らかとなった。

以上より STM、XMCD、XMCD-PEEM というナノスケールでの構造、磁化分析手法を有機的に組み合わせた総合的な手法を初めて確立することにより金で被覆された bcc Co 薄膜のナノ構造と磁性を解明し、ナノ構造が磁性を発現する機構を明らかにした。今回見いだした強磁性 Co ナノ構造が示す多様性は今後のデバイス開発の基礎研究として極めて重要な貢献であり、博士 (理学) の学位論文として価値あるものと認める。