

東北大学大学院理学研究科物理学専攻・数学専攻・天文学専攻

21世紀 COE 拠点形成プログラム

「物質階層融合科学の構築」

平成15年度リサーチ・アシスタント (RA) 研究報告書

氏名	佐々木 洋征
学籍番号	
専攻	東北大学大学院理学研究科 物理学 専攻
学年	博士課程後期3年の課程 3年
指導教官	佐藤 繁
研究題目	3d 遷移金属基板上に成長させた貴金属ナノ薄膜における量子サイズ効果の研究
I. 研究発表 (学術雑誌に15年度中に発表または掲載決定したもの、および15年度中の学会等での本人の発表)	
・学術雑誌に発表したもの	
"Angle-resolved photoemission study of $\text{CoSi}_2$ nanofilms grown on Si(111) substrates"	
Hiroyuki Sasaki, Akinori Tanaka, Yosuke Kuriyama, Tazumi Nagasawa, Yuitsu Takeda, Shoji Suzuki, Shigeru Sato and Toshiro Nagase	
Solid State Communications, 129, pp. 91-95 (2004).	
・学会等での本人の発表	
「遷移金属上に成長させた Ag ナノ薄膜の角度分解光電子分光」	
日本物理学会 第59回年次大会 九州大学(福岡市)	
平成16年3月27日-30日 発表予定	

## II. 研究活動結果の概要

本研究では、分子線エピタキシー(MBE)法を駆使し、清浄なシリコン(111)-7×7 表面上に格子定数の不整合が小さい銅などをシード層とすることし、膜厚や成長条件を制御することにより種々の構造の 3d 遷移金属基板を作製した。鉄基板について、準安定相である面心立方構造(fcc)鉄(111)薄膜、また、バルク相である対心立方構造(bcc)鉄(110)薄膜についての作製法を確立した。さらにコバルト基板の作製にも成功した。

本研究のような量子サイズ効果の研究においては、サンプルの結晶性の高さに加え、膜厚の均一さが非常に重要であるため、温度や蒸着レートなど様々な条件について系統的に最適化を行った。このようなサンプル作製過程では、冷却のため大量の液体窒素を用いる。また、複雑な加工が必要なモリブデン製の試料ホルダなどが必要である。さらに、サンプルの品質を向上させる上では超高真空技術が不可欠であり、関連する様々な部材が必要となり、真空ポンプなどを追加導入した。

このように最適化した条件下で銀ナノ薄膜/3d 遷移金属基板系を作製し、その電子状態について、直接的な知見を得るため角度分解光電子分光測定を行った。光電子分光スペクトルにおいて、Ag ナノ薄膜内に発現した量子化電子準位を観測し、その膜厚依存性を明らかにした。これに対し、基板電子状態を考慮した自由電子的モデルによる解析を試み、量子化電子準位のエネルギーの膜厚依存性を再現することを見出した。また、角度分解光電子分光測定を行い、量子化電子準位の面内有効質量を直接的に決定した。銀(111)/fcc コバルト(111)系および銀(111)/fcc 鉄(111)系については、この量子化電子準位の面内有効質量の値が、ナノ薄膜の膜厚が小さくなるにつれ、貴金属基板系である銀(111)/銅(111)系における値に比べて増大することを見出した。これは量子化電子準位と基板 3d バンドの界面における混成効果に起因すると結論した。また、面内有効質量の値は基板元素に依存することを見出した。さらに、銀(111)/bcc 鉄(110)系と銀(111)/fcc 鉄(111)系における量子化電子準位を比較し、特に銀(111)/bcc 鉄(110)系においては、構造の違いに起因して、銀ナノ薄膜内の電子が、その界面においてリジッドに閉じ込められると結論した。

以上のように、銀ナノ薄膜における量子サイズ効果について、基板物質および基板構造が異なることに起因して、量子閉じ込め効果の描像が変化することを見出した。

現在まで、量子化電子準位と基板電子状態の相互作用については定性的な解釈に留まっており、基板物質依存性についての系統的な議論は内外に例を見ないが、本研究では、銀ナノ薄膜/3d 遷移金属基板系の電子状態について、パーソナルコンピュータ上で動作する分子軌道計算パッケージを導入し、Ag/fcc TM(111)系(TM=Cu,Co, fccFe)界面を含むクラスタの電子状態について、初期的な計算を行った。