

氏名	野 内 亮
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	工博第2518号
学位授与の日付	平成17年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科原子核工学専攻
学位論文題目	C <sub>60</sub> -貴金属系薄膜の電子輸送特性に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 伊藤秋男 教授 山本克治 助教授 神野郁夫

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、C<sub>60</sub>-貴金属系薄膜の電子輸送特性について、C<sub>60</sub>/貴金属界面における電子移動に着目し、仕事関数の異なる3種の貴金属 (Au:5.1eV, Cu:4.65eV, Ag:4.26eV) を用いて初めて系統的に調べたものであり、7つの章と1つの付録から成っている。

第1章は序論であり、本論文の研究背景として、有機/金属界面及び有機分子吸着金属表面系の最近のトピックを紹介し、それに関連した未解決の課題を研究目的として挙げている。

第2章では、本論文のテーマとなる電子輸送特性の基礎として、金属薄膜における電子輸送現象のモデルを紹介している。本研究では石英ガラス基板上に成長させた貴金属薄膜を用い、その上にC<sub>60</sub>分子を蒸着する際の薄膜の抵抗変化をその場測定している。このため、まず下地となる貴金属薄膜の電気的特性について知る必要がある。ここでは、金属薄膜の抵抗率を記述するモデルについて薄膜の形態の違いに着目して述べている。

第3章では、第2章で述べた金属の特性が表面の吸着分子によりどう変化するかを知るために、分子の金属表面への吸着現象について概説している。まず吸着現象一般について述べた後、本研究の対象である金属表面に吸着するC<sub>60</sub>分子に関する理論計算を紹介している。そこでは、C<sub>60</sub>/貴金属界面における電荷移動の可能性が示唆されている。さらに、この相互作用を伴う吸着により引き起こされる抵抗変化を記述するモデルを紹介している。

第4章では、本研究で採用したその場抵抗測定法の具体的な内容を説明している。特に、測定を行う際に気をつけなければならない事柄として、真空度と蒸着源からの熱輻射の2つについて記述している。

第5章では、貴金属薄膜上に形成される伝導性C<sub>60</sub>単分子層の抵抗値について調べている。まず、貴金属薄膜上にC<sub>60</sub>分子を蒸着する際にその場抵抗測定を行うことにより、この伝導性C<sub>60</sub>単分子層の抵抗値を、下地金属としてAu, Cu, Agを用いた場合にそれぞれ $0.9 \pm 0.2$ ,  $2.4 \pm 0.4$ ,  $0.7 \pm 0.1 \text{ k}\Omega$ と求めている。しかし、得られた結果は下地の仕事関数に単純な依存性を示していない。これを説明するために、まず、伝導電子の吸着子による散乱の断面積をそれぞれの下地金属について求めた。

しかし、得られた散乱断面積の値だけではCu上の伝導性C<sub>60</sub>単分子層の高い抵抗値を説明することはできないため、さらに下地貴金属薄膜の表面モーフロジーについても原子間力顕微鏡を用いて調べた。これにより、下地貴金属薄膜中の結晶粒のサイズはCuが最も小さいことが分かった。Cu上に作製した伝導性C<sub>60</sub>単分子層の抵抗値が高く出ているのは、電子ドープが不完全なC<sub>60</sub>分子の存在する割合が高いためである。

第6章では、貴金属薄膜表面に付着したC<sub>60</sub>分子の摩擦現象について調べている。C<sub>60</sub>分子付着に伴う抵抗率変化を測定することで、伝導性C<sub>60</sub>単分子層の抵抗値だけでなく、C<sub>60</sub>分子の摩擦現象についても調べることができる。摩擦の微視的理論として広く受け入れられているPerssonの理論によれば、その摩擦現象は、金属表面に吸着した分子の束縛並進振動が下地金属中に電子・正孔対を励起することによって減衰することに関連付けられる。本研究では、多結晶貴金属薄膜上に

吸着した  $C_{60}$  分子について、抵抗率変化からその緩和時間を調べ、その逆数として定義される摩擦係数を、 $C_{60}/Au$ ,  $C_{60}/Cu$ ,  $C_{60}/Ag$  系に対してそれぞれ  $1.1 \times 10^{10}$ ,  $2.8 \times 10^{10}$ ,  $1.7 \times 10^{10} \text{sec}^{-1}$  と求めている。これらの値は  $C_{60}/$ 貴金属界面における電荷移動量と同じ大小関係を持っており、摩擦係数が電荷移動に深く関係していることを確かめた結果となった。また、Persson による摩擦理論は、 $C_{60}$  のような比較的大きい分子に対しては粗い近似しか与えないことが分かった。

最後に第7章にて以上で得られた結果について総括し、今後の課題及び展望についても言及している。また、付録として、第5章で用いた解析手法とは別のものを用いた結果についても報告している。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、 $C_{60}$ -貴金属系薄膜の電子輸送特性を仕事関数の異なる金、銀、銅の3種の貴金属を用いて調べた。特に、 $C_{60}/$ 貴金属界面における電子移動に着目したが、電子移動数は、下地金属の仕事関数に対して単純な依存性を示さず、表面モフォロジーにも依存することが分かった。これらの効果が複雑に組み合わさり、最終的に抵抗率の変化として測定される。

本論文は、7つの章と1つの付録から成る。第1章では序論としてこの研究の背景及び目的について述べ、第2章では、この研究のテーマとなる電子輸送特性の基礎として、金属薄膜における電子輸送現象のモデルについて紹介している。第3章では、第2章で述べた金属の特性が表面の吸着分子によりどう変化するかを知るために、分子の金属表面への吸着現象について概説している。第4章では、この研究で採用したその場抵抗測定法の具体的な内容について述べ、第5章と第6章では、その手法を用いて得られた結果を考察している。まず、第5章では、 $C_{60}/$ 貴金属界面における電荷移動現象に着目し、その結果として貴金属薄膜上に形成される伝導性  $C_{60}$  単分子層の抵抗値を求め、それを決定する諸要因について議論している。続いて第6章では、貴金属薄膜表面に付着した  $C_{60}$  分子の摩擦係数を求め、理論値との比較から議論している。そして、第7章では、総括として以上で得られた結果についてまとめ、今後の課題及び展望について述べている。最後に、付録として、第5章で用いた解析手法とは別の手法を用いた結果について考察している。

本論文は、有機エレクトロニクス素子開発、吸着分子分光法および金属表面上の分子運動制御に関して基礎的な知見をもたらし、学術上、實際上、寄与するところが少なくない。

以上の内容により、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成17年2月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。