

## Surface structure investigations of silicon and germanium on transition metals (Ag and Ni)

ラハマン, サジャドゥ

<https://doi.org/10.15017/1544015>

---

出版情報：九州大学, 2015, 博士 (学術), 課程博士  
バージョン：  
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : Md. Sazzadur Rahman (サジャドゥ ラハマン)

論 文 名 : Surface structure investigations of silicon and germanium on transition metals (Ag and Ni)  
(遷移金属表面上のシリコンとゲルマニウム吸着構造の研究)

区 分 : 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

固体表面に形成するナノ物質や2次元薄膜は、構造および電子状態がバルクとは異なるため、新たな機能性材料として注目を浴びている。金属表面上の異種金属吸着構造は、表面における2次元合金の形成条件を明らかにするなどの理由から研究がおこなわれてきた。また、半導体表面上の金属吸着構造は、ショットキー接合との関係などから多数の研究がおこなわれてきた。さらに、金属表面上の炭素吸着についても、グラフェンの研究のために最近数多くの研究がおこなわれている。一方、金属表面上のシリコンやゲルマニウム吸着構造については研究が少なく、その表面構造はほとんど明らかになっていない。

本論文では、銀およびニッケル単結晶(111)表面上におけるシリコンまたはゲルマニウム原子の吸着構造を、低速電子回折(LEED)、オージェ電子分光(AES)、走査トンネル顕微鏡(STM)を用いて明らかにしている。本論文で得られた主な成果は以下のとおりである。

1. Ag(111)表面上のシリコン吸着において、シリコンの蒸着量と基板の温度を変化させたときに形成する表面構造のLEEDパターンを明らかにしている。その結果、 $(4 \times 4)$ 構造、 $(\sqrt{13} \times \sqrt{13})R 13.9^\circ$ 構造および、さらに高温(620 K)で現れる構造の形成を確認している。このうち、 $(4 \times 4)$ 構造はシリセンと呼ばれ、シリコン原子がグラフェンと同じように2次元のハニカム格子を形成したものである。これに対して、高温で現れる構造については $quasi-(2\sqrt{3} \times 2\sqrt{3})R 30^\circ$ 構造あるいは $(3.5 \times 3.5) R 26^\circ$ 構造であるとの報告がなされていたが、その周期さえ明らかになっていなかった。本研究では、シリコンの蒸着量と基板温度を最適化して高温での構造が単独で現れる条件を見出し、シャープでバックグラウンドの低いLEEDパターンを得ている。また、得られたLEEDパターンを、運動学的回折理論に基づき、多重散乱の効果を取り入れて解析している。いくつかの可能性の高い構造について比較を行い、 $(\sqrt{133} \times \sqrt{133})R 4.3^\circ$ 構造が実験で得られたLEEDパターンを最もよく再現することを見出している。この長周期構造は $(1.35 \times 1.35) R 9.9^\circ$ をサブユニットとしている。これをもとに、銀とシリコンが2次元構造を形成しているモデルを提案している。このモデルは、AESで得られたシリコンの吸着量とも一致している。

2. Ag(111)表面上のゲルマニウム吸着においては、これまでに報告のない  $(9\sqrt{3} \times 9\sqrt{3})R 30^\circ$  構造と  $(12 \times 12)$  構造を見出している。このうち、 $(9\sqrt{3} \times 9\sqrt{3})R 30^\circ$  構造を STM で観察し、ゲルマニウムがハニカム格子を形成していることを示す像を得、その構造モデルを提案している。

3. Ni(111)表面上のシリコン吸着においては、先行研究によって  $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})R 30^\circ$  構造が見出されていたが、その構造の詳細は明らかになっていなかった。また、Ni(111)表面上のゲルマニウム吸着においては、構造に関する報告がなかった。本研究では、シリコンおよびゲルマニウム吸着において  $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})R 30^\circ$  構造を確認し、その構造の詳細を LEED 強度の電子線エネルギーによる変化を測定し、動力学的回折理論に基づいて解析することによって明らかにしている。得られた構造は、シリコンおよびゲルマニウムが表面第1層のニッケルと  $Ni_2Si$  および  $Ni_2Ge$  という2次元構造を形成したもので、実験と計算の一致度は極めて高く、 $0.01 \text{ \AA}$  程度の精度で構造パラメータを決定し、それをもとに2次元構造が形成する理由を考察している。

以上要するに、本論文は、銀およびニッケル単結晶表面上に吸着したシリコンおよびゲルマニウムの周期構造を LEED、AES、STM を用いて見出し、さらに、ニッケル上のシリコンおよびゲルマニウムの2次元構造の詳細を決定し、その形成理由に独自の見解を示したものである。