

Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -B基板上に成長したBi(110)超薄膜の電子状態

Electronic Structure of Bi(110) Ultra-thin Films Grown on a Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -B Substrate

H31海自45

派遣先 第21回真空国際会議 (IVC-21) (スウェーデン・マルメ)

期間 2019年6月27日～2020年7月6日 (10日間)

申請者 東京工業大学 物質理工学院 准教授 中 辻 寛

海外における研究活動状況

研究目的

21th International Vacuum Congress (IVC-21)に参加し、申請者が近年取り組んできた、半導体基板上におけるBi(110)超薄膜の成長と電子状態に関する研究成果を発表し、これに関する情報収集や他の研究者との意見交換だけでなく、広く表面物性学、ナノサイエンス分野における先端情報の収集を行う。また、開催地近隣に位置するMAX-IV放射光研究施設を訪問・見学し、最先端放射光実験の様子についての情報収集を行う。

海外における研究活動報告

IVC-21国際会議に先立ち、開催地マルメから約1時間の距離に位置するMAX-IV放射光研究施設を訪問し、現地の徳島博士のご案内により見学した。この施設は古くからMAX-labとして知られているが、近年大幅なリニューアルによりMAX-IVとして再オープンしたばかりの、世界でも最新鋭の放射光実験が可能な施設で、硬X線を用いた構造解析だけでなく真空紫外光電子分光による表面電子状態の研究も可能である。特にBlochビームラインはスピン分解角度分解光電子分光装置に走査トンネル顕微鏡も備えており、ミクロな構造と電子状態との関

連を詳細に調べることができるので、今後機会があれば、ぜひ共同利用実験を行いたいと感じた。世界の最先端でどのような研究が展開されようとしているのかを知ることができ、今後の研究展開を考える上で大変参考になった。

IVC-21における発表論文は"Electronic structure of Bi(110) ultra-thin films grown on a Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -B substrate" (Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -B基板上に成長したBi(110)超薄膜の電子状態)であった。ピスマス(110)薄膜の原子構造は、バルクBiと同様、又は、隣り合う2原子層が結合してペアになっている黒リン構造のどちらかだが、このうち黒リン構造で2ないし4原子層厚さの超薄膜は、Biの強いスピン軌道相互作用のために2次元トポロジカル絶縁体の性質をもつことが理論予測されており、大変興味深い。そのエッジ状態はスピン偏極状態としてスピントロニクスへの応用の観点でも重要であることから、申請者らはボロン吸着シリコン基板上に黒リン構造をもつBi(110)超薄膜を作製し、その原子構造と電子状態を明らかにすることを目指している。これまでに成長過程を走査トンネル顕微鏡 (STM) で調べ、Bi(110)超薄膜が安定的に成長することや、偶数原子層高さの島が優先的に成長することを明らかにしてきた。今回は角度分解光電子分光を用いた電子バンド構造測定を行った結果、Bi(110)超薄

膜の膜厚によらず、黒リン構造で予測される電子バンド構造に良く一致したことから、島内部の原子構造は黒リン構造であることを明らかにし、また、基板との電荷の授受についても明らかにしたので、その詳細を発表した。これまでに報告されているグラファイト基板上ではなく半導体基板上に成長したBi(110)超薄膜である点、また、これまでに良く報告されているBi(111)面ではなく、研究例の少ないBi(110)面であることに本研究の特徴がある。申請者の専門である表面物性分野、そのなかでも基礎科学に近い分野は欧州の研究者らが先導してきた歴史があるので、欧州の国際会議で発表することで、他の研究者、特に、トポロジカル絶縁体等におけるスピン偏極電子状態に関心のある研究者に聴いて頂き、意見交換が行えることを期待していたが、発表後には何人かの方から関心をもって質問をして頂けたので、非常に有意義であったと考えている。

会議は7つのパラレルセッションからなり、基礎的な表面物性のセッションから、より応用に近いもの、真空工学に関するものまで幅広い内容であった。時間の都合上、基本的には基礎的な表面物性セッションの講演を多く聴講したが、STMや光電子分光を用いた実験研究は、原子層膜やスピン偏極電子状態に関するものも多く、どの研究グループも着実に前進していた。個人的にはX線、特にX線のコヒーレンスを生かしたナノ構造の構造解析やイメージング手法が、飛躍的に発展しつつある印象を持った。これらは近年日本国内でも発展しつつある手法であり、自分自身の研究の中に取り入れることができるかどうか、検討してみたい。

**この派遣の研究成果等を発表した
著書、論文、報告書の書名・講演題目**

Electronic structure of Bi(110) ultra-thin films grown on a Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -B substrate