

## 博士論文公聴会の公示（物理学専攻）

学位申請者：横井 雅彦

論文題目：Studies of Electronic Properties in Atomically Thin Superconducting Films Modulated by Surface Acoustic Waves

（表面弾性波照射により変調される原子層超伝導薄膜の電気伝導特性の研究）

日時：2020年2月6日 14:40～16:10

場所：理学研究科 H 棟 7階セミナー室（H701号室）

主査：小林 研介

副査：浅野 建一、松野 丈夫、越野 幹人、新見 康洋

論文要旨：

2004年にNovoselovとGeimがグラファイトシート1枚であるグラフェンを発見したことを契機に、2次元性の強い層状物質を機械的に剥離することで、結晶性のよい2次元金属、半導体、超伝導体、磁性体などを作製できるようになった。このような低次元系の物理は、量子ホール効果などの興味深い物理現象を生み出すだけでなく、バルク結晶では行えないキャリア密度の電界制御など、物性制御の観点からも非常に重要な研究テーマである。

電界制御とは異なる原子層物質の制御方法として、表面弾性波を用いる手法がある。表面弾性波とは、圧電性を有する基板表面に局在した弾性波で、基板上に作製した楕円電極にGHzの交流電場を印加することで人工的にフォノンを誘起できる。本研究では、原子層超伝導薄膜NbSe<sub>2</sub>に表面弾性波を照射することで、その伝導特性の変調を行った。圧電性の高いLiNbO<sub>3</sub>基板上に超伝導NbSe<sub>2</sub>薄膜を転写し、表面弾性波を照射しながら電流電圧特性を測定した。通常の超伝導薄膜と同様に、ゼロ抵抗状態が観測され、臨界電流以上では有限の電圧が生じる。しかし、ゼロ電流付近に着目すると、有限の電圧が観測され、しかも電流とは逆符号の電圧が生じた。このことは抵抗が負になることを意味している。負の抵抗の振幅は、表面弾性波のパワーを増大するほど大きくなり、また温度の上昇とともに減少する。一方、比較実験として、別の原子層超伝導体NbS<sub>2</sub>薄膜や、単体Nb薄膜を用いて同様の実験を行ったが、負の抵抗は観測されなかった。この結果から、表面弾性波照射で誘起される負の抵抗は、NbSe<sub>2</sub>超伝導薄膜のみで生じる電荷密度波と密接に関わっていることが分かる。

NbSe<sub>2</sub>薄膜では、表面弾性波照射によって、電荷密度波におけるソリトン-反ソリトンの対が形成され得る。ソリトン対は逆符号の電荷をもつため、時間依存する静電容量と等価と見なすことができ、これと超伝導ドメインが直列に繋がるジョセフソン接合モデルを構築することで、実験で観測されたゼロ電流付近の負の抵抗を定性的に再現することができた。

本研究で得られた成果は、原子層超伝導薄膜の新たな一面を開拓したものであり、将来的には、周期的な外場で量子状態が制御可能なフロッケ・エンジニアリングの舞台となり得る。