

表面弾性波による 電流の量子化現象

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻博士後期課程(研究当時)の藤原浩司さん、高田真太郎准教授、新見康洋教授らの研究グループは、音波の一種である表面弾性波によって、電荷密度波状態を示す一次元鎖化合物NbSe₃にひずみを与えることで、電流電圧特性に量子化を示すプラトー構造が出現することを発見した。Physical Review Lettersに掲載された。

阪大が発見 ひずみ活用の新デバイス期待

としては、様々な研究が進展しているが、現在に至るまで確立していない。

研究グループは、一次元鎖化合物で電荷密度波転移を示すNbSe₃を粘着テープを用いて機械的に剥離し、劈開(特定方向に割ること)して細線を作製した。

その細線を圧電基板LiNbO₃上に転写し、さらに基板上に準備した櫛型電極に約300μmの交流電圧を印加することで、表面弾性波をNbSe₃細線に照射しながら直流の電流電圧特性を測定した。

電荷密度波は、あるしきい値電流まで結晶中の欠陥にピン留めされているが、しきい値電流以上では、ピン留めが外れて一斉に動き出す。今回の研究では、表面弾性波を照射すると、一斉に動き出した電荷密度波による電流がある値の整数倍でプラトー構造をもつこ

とを発見した。さらにこのプラトー構造は、印加する表面弾性波のパワーを大きくすると、急速に減衰することも分かった。この結果は、これまでNbSe₃試料に直接交流電場を印加したときの結果とは大きく異なる。

その後の周波数を変化させた実験や、パルス状の表面弾性波を印加する実験から、量子化した電流値は、表面弾性波によってNbSe₃細線に誘起されたひずみが要因であることを特定した。

電荷密度波状態を示す一次元鎖化合物に音波を照射することで、ひずみ効果を利用した量子化電流の研究がさらに進展することが期待できる。また、ひずみ誘起の量子デバイスへの応用の道も開かれ、新しいタイプのデバイス作製が期待できる。

量子力学では、プランク定数と素電荷といった基本定数の組み合わせで電圧が正確に量子化される現象シャビロステップが知られており、これは、その頑健性と精度の高さから、電圧の標準として利用されている。抵抗に関しても、量子ホール効果から、同じく量子化抵抗がプランク定数と素電荷で記述できることが知られている。

一方で、電流の標準に関

新見教授の話「この研究は、5年前に我々のグループが報告した電荷密度波を示す超伝導薄膜に表面弾性波を照射すると負の抵抗が現れる、という結果が基になっています。単なる超伝導薄膜では負の抵抗は観測されなかったことから、電荷密度波と表面弾性波には何か関係があるかと思い、電荷密度波のみを示す一次元鎖化合物に焦点を当て、地道な研究を行った成果だと思っています」