

超伝導体上に形成された磁壁を有する強磁性ナノワイヤの トポロジカル超伝導体におけるマヨラナ束縛状態

市村雅彦、廣川真男
(日立研開、広島大工)

Majorana Bound States in Topological Superconductor
with Ferromagnetic Nanowire including Domain Wall
Masahiko Ichimura, Masao Hirokawa
(Hitachi R&D Gr., Inst. of Eng., Hiroshima Univ.)

近年、トポロジカル絶縁体/超伝導体に代表される一群のトポロジカル物質が注目を集めている。トポロジカル物質が(真空を含む)トポロジカルに自明な物質と接するとき、その界面においてトポロジカル不変量が不連続に変化し、ギャップが消失する。トポロジカル超伝導の場合、超伝導特有の電子・ホール対称性を反映し Majorana 束縛状態(MBS)が出現することが理論的に予測されている[1,2]。MBS は安定な量子ビットとして機能し、トポロジカル量子計算と呼ばれる独特の量子計算を可能とすることが期待されている。

トポロジカル超伝導のモデルとしてよく用いられるのが、s-波超伝導体上に形成されたスピン軌道相互作用の強い半導体ナノワイヤに外部磁場を印加した系である[3]。我々は、トポロジカル超伝導形成の容易さを勘案し、s-波超伝導体上に形成された磁壁を有する強磁性ナノワイヤを考察する。その際、磁壁幅が長さのパラメータとして導入されることにより、トポロジカル超伝導領域の長さとの競合、特にエッジ状態の担い手に興味を持たれる。

磁壁を有する強磁性体は、ゲージ変換により空間変化する有効スピン軌道相互作用を生じる[4]。この空間変化を一定値に置き換えれば Oreg らのモデル[3]と等価となる。本講演では、有限系におけるエッジの効果を数値的に調べ、今回のモデルにおけるトポロジカル超伝導の出現には磁壁幅が重要なパラメータであることを述べる。また、磁壁幅を含めたトポロジカル超伝導出現条件下で、MBS の局所状態密度、および局所スピン密度を調べた結果、ワイヤの両エッジからバルク中央に向かい指数関数的に減衰する MBS が対を成して形成されることがわかった。

参考文献

- 1) A. Yu Kitaev, Ann. Phys. (N.Y.) **303**, 2 (2003).
- 2) Lian Fu and C. L. Kane, Phys. Rev. Lett. **100**, 096407 (2008).
- 3) Yuval Oreg, Gil Refael, and Felix von Oppen, Phys. Rev. Lett. **105**, 177002 (2010).
- 4) T.-P. Choy, J. M. Edge, A. R. Akhmerov, and C. W. J. Beenakker, Phys. Rev. B **84**, 195442 (2011).