

研究プロジェクト名: キタエフスピン模型に基づく新奇スピン輸送デバイスの理論的提案

概要: キタエフスピン模型とは、蜂の巣格子上に量子スピンが配置された系であり、その最隣接スピン間の相互作用はイジング型の異方的交換相互作用を持つ。ただし、蜂の巣格子における3方向のボンドによって相互作用の異方性が異なるという特殊性を持つため、磁氣的フラストレーションにより、自発的な磁気秩序を持たない。最近、この模型において、試料内部をスピン流が伝播する可能性が理論的に指摘された(図1)。ここでスピン伝播を担うのはマヨラナ準粒子である。従って、領域Lからのスピン情報を二つの経路を通した後に重ね合わせると、スピンの重ね合わせ効果だけでなく、マヨラナ準粒子の持つ量子位相特有の干渉効果が現れることが期待される。本研究課題では、この干渉効果を理論的に解析することにより、新奇なスピンおよび量子位相デバイスの提案を行う。

コアメンバー: 土浦宏紀(東北大), 古賀昌久(東工大)

期待される研究成果: キタエフ模型からなる系におけるスピンおよび量子位相伝播に関する干渉効果や散逸効果を理論的に明らかにすることにより、例えば図2に示すような論理ゲート等の理論的提案が可能になる。図2のY字型の部分はキタエフ模型からなり、マヨラナ準粒子によるスピンおよび量子位相の導波路の役割を持つ。右端の検出器において、スピン/量子位相の干渉効果の結果として0, 1の信号が検出される。現在、磁性ガーネット等を材料として、同様の論理ゲートが提案されているが、キタエフスピン模型を用いることにより、より散逸の少ない素子を構成することが可能になると期待される。

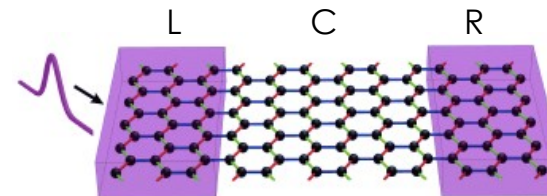


図1 キタエフスピン模型の模式図. 領域LとRには磁場がかけられている. 領域Lに図の左側からスピン流を注入すると, 領域Cではスピン励起が全く見られないにもかかわらず, 領域Rにスピン励起が伝播する.

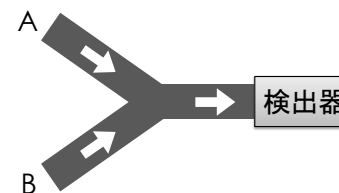


図2 キタエフスピン模型を活用したスピン/位相論理ゲートの概念図.

研究プロジェクト名: キタエフスピン模型に基づく新奇スピン輸送デバイスの理論的提案

概要: キタエフスピン模型とは、蜂の巣格子上に量子スピンが配置された系であり、その最隣接スピン間の相互作用はイジング型の異方的交換相互作用を持つ。ただし、蜂の巣格子における3方向のボンドによって相互作用の異方性が異なるという特殊性を持つため、磁氣的フラストレーションにより、自発的な磁気秩序を持たない。最近、この模型において、試料内部をスピン流が伝播する可能性が理論的に指摘された(図1)。ここでスピン伝播を担うのはマヨラナ準粒子である。従って、領域Lからのスピン情報を二つの経路を通した後に重ね合わせると、スピンの重ね合わせ効果だけでなく、マヨラナ準粒子の持つ量子位相特有の干渉効果が現れることが期待される。本研究課題では、この干渉効果を理論的に解析することにより、新奇なスピンおよび量子位相デバイスの提案を行う。

研究成果(実施状況):

キタエフスピン模型において、図1のように領域Rのみに定常磁場を印加した状態で、領域Lにパルス磁場をかけると、それによって誘起された遍歴マヨラナ粒子が領域Mを伝播し領域Rにスピン励起を誘起することが知られている。これを用いた新奇スピン輸送デバイスを提案するためには、遍歴マヨラナ粒子流のON/OFF制御機構が必要である。本研究では、マヨラナ粒子に対する時間依存平均場理論を用いた解析を行い、領域Rの磁場の向きを(001)から(111)に変えることで遍歴マヨラナ粒子流の制御が可能であることを見出した。

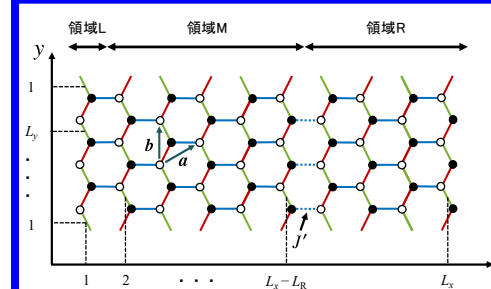


図1 キタエフスピン模型の模式図。領域Rには面に垂直方向に定常磁場が印加されている。領域Lのみにパルス磁場をかけると、領域Mを遍歴マヨラナ粒子が伝播し領域Rにスピン励起が誘起される。

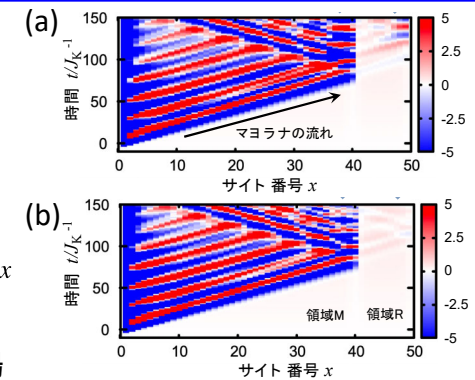


図2 領域Rの磁場を(a) (001)方向及び(b) (111)方向に印加した場合の遍歴マヨラナ粒子の伝播の様子。

主要発表論文等: