

強く相関した電子のスピンの状態をNMRで測定 ～エラー発生率の低い量子計算に使える電子状態を説明～



Motivation どんな問題に取り組むのか?

半導体中の電子がお互い強く相関すると、自然界に存在する基本粒子(フェルミ粒子、ボーズ粒子)とはまったく異なる粒子のように振舞う素励起(非アーベリアン準粒子)が現れると予想されています。そのような準粒子を使うとエラー発生率が非常に低い量子計算が可能になると期待されています。

Originality 得られた結果はどう新しいのか?

そのような準粒子の存在が期待される「 $\nu=5/2$ 分数量子ホール状態」の性質を核磁気共鳴(NMR)で調べ、電子のスピンの状態がすべて同じ方向に揃っていることを明らかにしました。これにより、今まで説明されていなかったこの状態の性質が明らかになり、準粒子を用いた量子計算の研究が加速します。

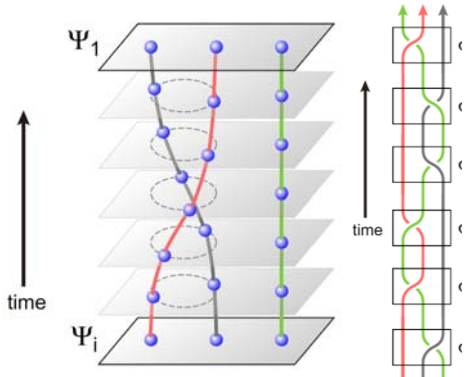
Impact この研究が成功した場合のインパクトは?

非アーベリアン準粒子を用いた量子計算は、2次元面に配列した準粒子を並べ替えることにより行われますが、計算結果は準粒子を入れ替える順番だけで決まるため、エラー発生率が非常に低くなります。

(準)粒子の種類とその例

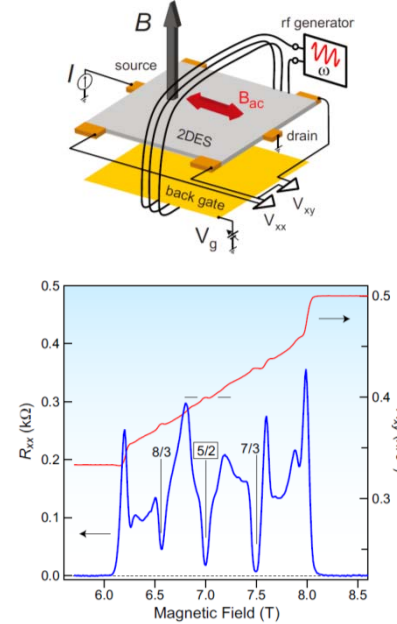
Type	Particles		Quasi-particles	Statistics
	Fundamental particles	Composite particles		
Fermion	Electron	Proton, neutron	Hole	Abelian
Boson	Photon	Helium atom	Phonon	
Anyon (only in two dimensions)			1/3 quasi-particle	Non-abelian
			(5/2 quasi-particle)	

粒子交換とそれを用いた論理ゲート操作のイメージ

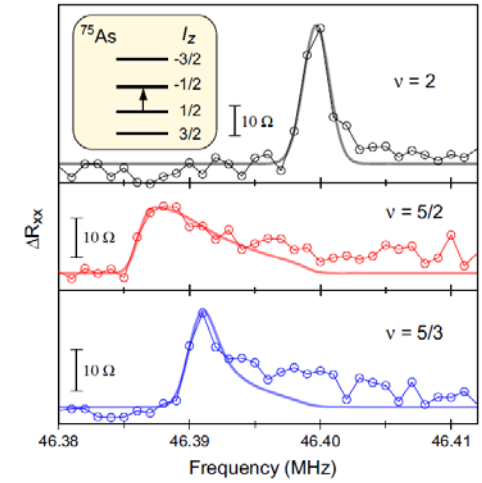


このように2次元面内に配列された準粒子を順に並べ替えていくことで量子状態が変化し、それを論理ゲート操作として用いることができます。

抵抗検出NMR測定配置と試料の特性



抵抗検出NMRスペクトル



共鳴周波数のずれから電子がもつスピンの向きが揃っているかどうか分かります。 ν は電子によって占められている準位の割合。挿入図は核スピンのエネルギー準位。

本研究は科学技術振興機構との共同研究により、ERATO-核スピンエレクトロニクスプロジェクトの一環として行われました。
発表論文: L. Tiemann, G. Gamez, N. Kumada, and K. Muraki, Science 335, 828 (2012).