

摘 要

作为一种二维空间中的准粒子，任意子的拓扑基础可以追溯到狄拉克。许多新奇的物理现象，如分数量子霍尔效应，可以被任意子理论描述。除了作为基础理论的价值之外，著名狄拉克奖得主 Alexei Kitaev 在 1997 年提出非阿贝尔任意子可以被用于拓扑量子计算。其中量子门由非阿贝尔任意子的编织实现，量子逻辑比特的测量由任意子的融合完成。任意子的拓扑性质使得这种量子计算机天生对局域错误免疫，提供了硬件层面的容错量子计算方案。本实验通过量子线路的方式在超导量子芯片上构造了变形表面码模型的基态，分别利用芯片原有的空位和编码变形的方式定义了投影伊辛任意子。我们进一步利用马约拉纳跟踪和编码变形的方式来实现非阿贝尔任意子的编织过程，并据此定义了拓扑量子逻辑比特和相应的拓扑量子逻辑门。该项工作最终在 68 和 30 个超导量子比特上分别实现了保真度 84.4% 的两逻辑比特贝尔态和保真度 77.1% 的三逻辑比特 GHZ 态。