

约瑟夫森结工艺系统^{*}

熊康林^{1,2}, 冯加贵^{1,2}, 夏慧枝², 杨慧永², 赵宇坤¹, 陆书龙¹, 张永红¹

(1. 中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所 纳米真空互联实验站, 江苏 苏州 215123;

2. 材料科学姑苏实验室, 江苏 苏州 215123)

摘 要: 超导电子学和超导量子信息等领域的核心元器件是约瑟夫森结, 这是一种超导体 / 介质层 / 超导体三层结构的非线性器件。超导量子比特常用铝 / 氧化铝 / 铝结构的结, 在量子芯片上制备这种约瑟夫森结, 需要在衬底不离开真空环境的条件下, 实施离子束刻蚀、样品方位角可调的电子束蒸发、气氛可控氧化等工艺过程。自主研发的约瑟夫森结工艺系统是一套集成了三个工艺腔室的超高真空系统, 样品可以自动在不同腔室中传输并完成三种工艺过程, 系统的工艺性能经过了验证。

关 键 词: 超导电路; 约瑟夫森结; 离子刻蚀; 电子束蒸发

中图分类号: TN305.8

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2022)02-0001-05

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2022.02.01

Josephson Junction Fabrication System

XIONG Kang-lin^{1,2}, FENG Jia-gui^{1,2}, XIA Hui-zhi², YANG Hui-yong², ZHAO Yu-kun¹,

LU Shu-long¹, ZHANG Yong-hong¹

(1. *Vacuum Interconnected Nanotech Workstation, Suzhou Institute of Nano-Tech and Nano-Bionics, Chinese Academy of Sciences, Suzhou 215123, China;* 2. *GUSU Laboratory of Materials, Suzhou 215123, China*)

Abstract: Josephson junction is the key electrical element in superconductive electronics and quantum information. It is a type of non-linear device composed of two superconductors separated by a thin dielectric. Most superconducting qubits use the Al/AlO_x/Al junction. The fabrication of such junctions on quantum chips involves ion beam etching, electron beam evaporation with adjustable sample orientation, and controllable oxidation. The samples should not leave the vacuum during the fabrication process. The homemade Josephson junction processing system is a ultra high vacuum system with three processing chambers. Samples can be automatically transferred between the chambers to complete the fabrication. The processing steps of the system have been experimentally verified.

Key words: superconducting circuit; Josephson junction; ion etching; e-beam evaporation

约瑟夫森结是超导量子计算芯片的核心元器件^[1]。量子计算以量子力学理论体系为基础, 通过对量子系统进行操控和测量, 实现信息处理。理论研究表明量子计算机在量子模拟、数据搜索和信息安全等方面具有重要的应用前景, 将在材料、化工、制药、人工智能、商业安全等领域发挥变革性作用^[2]。超导量子芯片使用基于约瑟夫森结的量子非谐振电路作为量子比特, 超导量子比特的频率和比特之间的耦合强度, 都可以在设计

阶段, 预先改变约瑟夫森结和平面超导电容的几何参数修改, 也可以实时对由约瑟夫森结构成的超导量子干涉器施加磁通来调节。超导量子芯片的制备流程, 兼容和借鉴了半导体领域的薄膜生长工艺、平面加工工艺、三维封装工艺。超导量子电路是量子计算领域领先的物理实现方法, 芯片集成度达到上百个物理比特, 使用特定算法演示了量子优越性^[3]。

超导量子电路发展趋势是实用性量子计算,

收稿日期: 2021-04-25

作者简介: 熊康林(1983-), 男, 湖北省鄂州市人, 博士, 研究员。 通讯作者: 熊康林, 研究员; 冯加贵, 研究员。

^{*} 基金项目: 江苏省科技计划自然科学基金(BK20180255); 中国科学院青年创新促进会(2019319); 中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所自有课题(Y9AAD110); 中国科学院科研仪器设备研制项目(YJKYYQ20200073)。