



水柿 义直
Yoshinao MIZUGAKI



守屋 雅隆
Masataka MORIYA

研究课题

超导器件与集成电路的研究
单电子器件的研究

关键词

超导, 约瑟夫森效应, 隧道现象, SFQ, 超导电路,
介观物理, 磁通量子

所属专业	大学院院信息理工学研究所 先进理工学专业
研究成员	水柿 义直 教授 守屋 雅隆 助教
所属学会	应用物理学会, 电子信息通信学会
研究设备	液体氮杜瓦瓶, 低温探头, 数字示波器, 网络分析仪, 频谱分析仪

研究概要

使用超导、约瑟夫森效应研究器件与集成电路及单电子器件

我们日常使用的电池上写着 1.5V 电压, 这就如同用原子钟准确测量时间一样, 是使用专业的测量器来制定标准的。这些测量器使用的就是超导技术。

具体来讲就是弱连接的两个超导体之间根据超导电子对隧道效应, 利用超导电流流过时产生的约瑟夫森效应来进行超高精度的测量。像这样应用约瑟夫森效应, 就能制造出超高速、超低耗电量、超高灵敏度、超高精度的电子器件。

该研究室运用隐藏了各种可能性的超导·约瑟夫森效应, 从事器件与集成电路及单电子器件的研究。

他们运用约瑟夫森效应对电路和器件进行各种风格的研究, 具体的研究成果就是: 他们将多段高精度模仿电压的 SFQ (Single Flux Quantum) 电路连接起来, 成功地设计、试制出了能将电压高精度地增大 1 倍的器件。实际上这是用程序来模拟, 再以此为基础设计电路, 并委托外部的机构来制作器件。目前他们正在研究将电压增大 3 倍的设备。

此外他们还应用约瑟夫森元件具有的高级传感功能, 把它当作传感器来进行相关的应用研究。该传感器对非破坏性检查很有效, 能够用非接触的方式对需要微妙传感技术的脑磁场、食品中是否含有异物等进行高精度的测量。

作为运用了约瑟夫森效应的器件来说, 它不仅是高精度测量仪器, 还是实现超高速、超低耗电量的路由器、软件无线电等 A/D 转换器, 进而作为实现下一代计算机的方法, 它被认为是实现备受关注的量子计算机的方法之一。

在运用约瑟夫森效应的案例中, 他们还设计、试制介于微观与宏观之间的中观电子器件。比如将数十纳米大小的隧道连接、组合起来,



在液体氮杜瓦瓶上插入低温探头



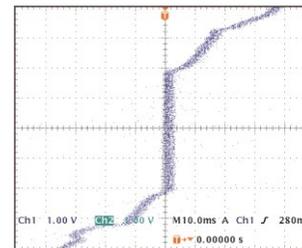
低温探头的头部



超导芯片使用的陶瓷封装



制作中观元件使用的将金电极制成布线图案的硅基板



中观元件的电流 (纵轴) - 电压 (横轴) 特性。
中央垂直的直线部分是「即使通电也不会产生电压」的超导电流

像这样该研究室的研究内容能够应用到广泛的用途中, 今后希望借鉴进行共同研究的企业智慧, 将他们的研究成果应用到各种领域中。

就能以 1 个单位来提取电子、超导电子对, 并使用外部信号设计出了可控制移动的电路。利用这个电路, 将来就有可能作为电流标准来应用。

如前所述, 超导、约瑟夫森效应蕴藏了无限的潜力, 但另一方面比较遗憾的就是不一定能扩展现阶段的应用范围。因此他们在探究约瑟夫森效应特性的同时, 还希望扩大它的应用范围。

优势

拥有高性能低温试验装置

该研究室拥有液体氮低温实验装置, 能够进行超导现象测量等一系列在低温下的实验、测量。并且由于低温探头的输入/输出能对应 60Pin, 所以能够测量详细的数据。如果使用该装置, 不仅可以做与超导相关的各种实验, 还能进行与低温电子学整体相关的特性评价。

还能进行电路设计、器件制作等

除此之外, 作为超导相关的应用研究, 他们还能设计约瑟夫森器件、超导电路。进而在与外部共同研究中, 能以设计为基础来制作器件。

像这样在拥有超导相关的正规实验·测量装置的同时, 还能亲自设计电路、制作器件的研究室非常少, 在超导领域, 从物理角度去发现、理解到其系统应用, 都是他们的研究覆盖的范围。

未来展望

以开发元器件及扩大应用范围为目标

该研究室活用从超导实验到电路设计一条龙式研究的强项, 正在推进相关的研究, 将开发的元器件应用到一部分开头说明的电压测量的 2 次标准这种高精度测量设备中。

通过制作磁通量子, 研究驱动它的方法, 该研究室还希望能够发现在驱动前需要什么。它的应用最终是制作演算装置。约瑟夫森连接是量子计算机的方式之一, 如果能够实现这种连接, 就能进行用半导体得不到的超高速演算。在这个领域, 希望能够活用该研究室的技术。

除此之外, 利用了约瑟夫森效应的测量仪器的精度非常高, 所以还能应用到脑磁场等人体测量中。

还有这种仪器有被用于来测量臭氧等, 可扩展应用到环境测量中。由于还能自由的抽取电子, 我们还期待能将它应用到纳米科技中。



超导电路用的测量设备类