

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ
ИМ. В.А. КОТЕЛЬНИКОВА
(ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН)

**МЕТОДИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОДНОБАРЬЕРНЫХ ТУННЕЛЬНЫХ
ПЕРЕХОДОВ СВЕРХПРОВОДНИК-ИЗОЛЯТОР-СВЕРХПРОВОДНИК**

Москва
2007

Оглавление:

1. Назначение и описание методики	3
2. Используемое оборудование	3
3. Технологический маршрут	3
4. Контроль качества	5
5. Требования безопасности	5

1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОПИСАНИЕ МЕТОДА

Инструкция устанавливает порядок технологических операций, необходимых для изготовления структур с однобарьерными туннельными переходами сверхпроводник-изолятор-сверхпроводник (СИС) на основе Nb. Указанные структуры являются основным элементом множества интегральных схем сверхпроводниковой электроники, в частности генераторов и смесителей СВЧ диапазона, схем быстрой одноквантовой логики, сверхпроводниковых квантовых интерферометров, стандартов вольта и др.

Для формирования структур используются методы оптической (УФ) фотолитографии, магнетронного напыления, «взрывной» (lift-off) литографии.

2 ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Для выполнения исследования использовалось следующее оборудование:

1. Установка магнетронного напыления Leybold L-560UV.
2. Установка ионного травления (RIE) March Jupiter II.
3. Установка плазменного травления (PE) Secon XPE2.
4. Установка совмещения Carl Suss MA150.
5. Напылительная установка Leybold Z400.

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МАРШРУТ

Изготовление простых однобарьерных СИС-переходов проводится на кремниевых подложках с предварительно напыленным стоп-слоем Al_2O_3 толщиной порядка 70 nm. Этот слой необходим для предотвращения травления материала подложки в процессе формирования переходов плазмохимическим травлением. Затем на подложке формируется маска фоторезиста определяющая геометрию базового электрода. Напыление многослойной структуры проводится магнетронным методом в одном вакуумном цикле в установке фирмы Leybold Heraeus L-560 UV с давлением остаточных газов $3 \cdot 10^{-8}$ mbar. Для простых однобарьерных СИС-переходов многослойная структура состоит из нижнего слоя Nb толщиной 200 nm, слоя барьерного Al толщиной 6 nm окисленного в среде чистого кислорода и верхнего Nb толщиной 50 nm. Плотность критического тока определяется давлением кислорода в камере и временем окисления и может варьироваться от 100 до 7000 A/cm². Базовый электрод формируется «взрывным» методом (Lift-off) в ацетоне или другом растворителе в ультразвуковой ванне (Рис. 1,а). Геометрические размеры СИС-переходов определяются оптической литографией с

предельным разрешением $0.4 \mu\text{m}$, что позволяет получать переходы площадью до $1 \mu\text{m}^2$ с разбросом параметров $\pm 5\%$. СИС-переходы формируются плазмохимическим травлением в среде CF_4 путем удаления слоя верхнего Nb многослойной структуры по маске из фоторезиста отределяющую геометрию переходов. После плазмохимического травления по той же маске напыляется изоляционный слой SiO_2 ($\varepsilon = 5.6 \pm 0.4$) или SiO ($\varepsilon = 4.2 \pm 0.4$) типичная толщина которого $\sim 250 \text{ nm}$. Вскрытие контактов к переходам осуществляется в ацетоне методом Lift-off (Рис.1 , б).

Верхний подводящий электрод так же формируется методом Lift-off путём напыления слоя Nb толщиной 300 nm по маске фоторезиста (Рис. 1, в).

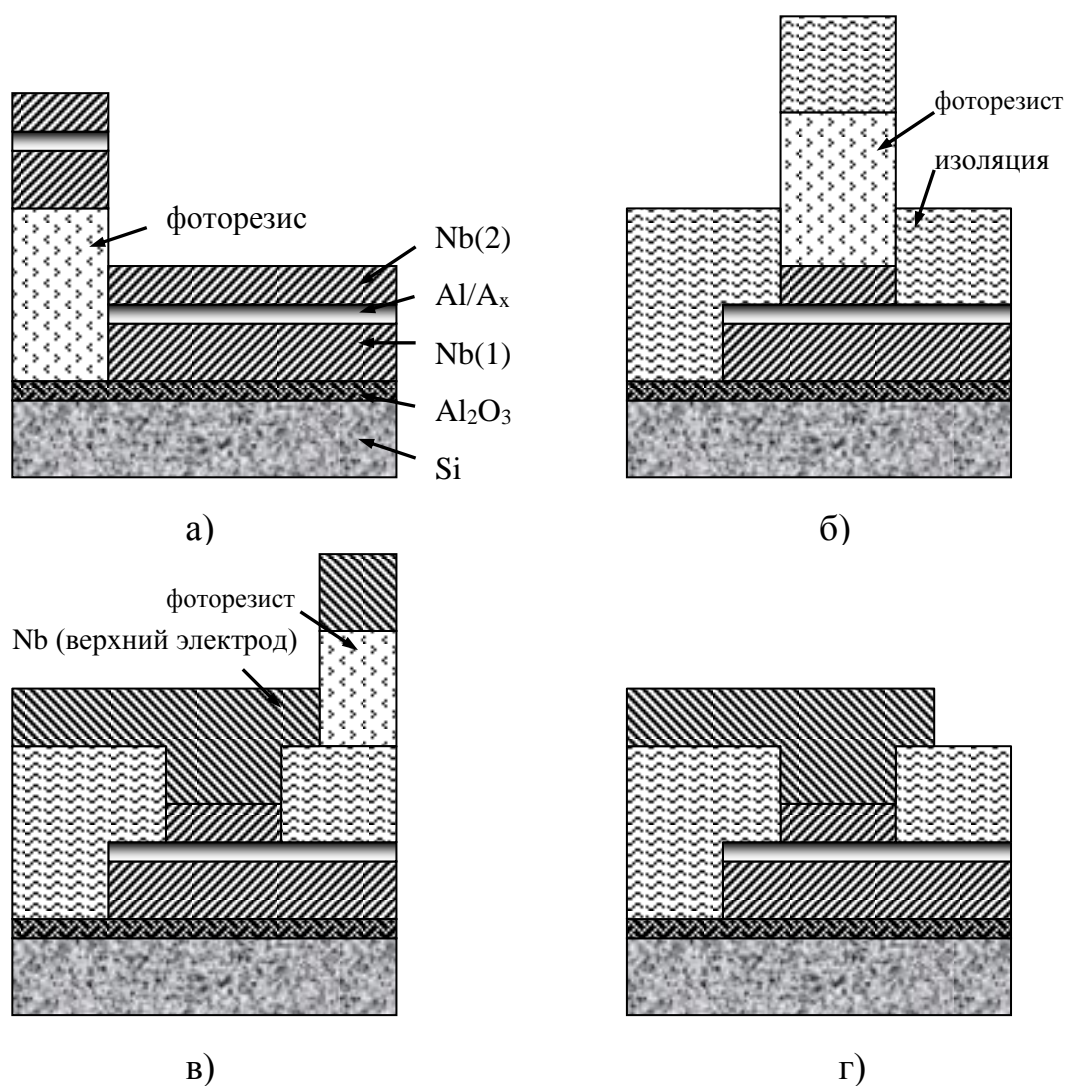


Рис.1 Схематическое изображение основных технологических этапов изготовления простых однобарьерных СИС-переходов в ИРЭ РАН (Москва, Россия): а) формирование базового электрода, б) формирование СИС-перехода, в) формирование верхнего подводящего электрода, г) конечный вид структуры однобарьерного СИС-перехода.

4 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Контроль качества изготовленных структур осуществляется визуально (повреждения электродов при травлении) и путем измерения электрофизических параметров изготовленных переходов с помощью погружного зонда в жидком гелии. Качественными считаются переходы, у которых отношение квазичастичного сопротивления к нормальному (параметр R_j/R_n) превышает 10.

5 ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Изготовление выполняется лаборантом, прошедшим проверку знаний по технике безопасности, в т.ч. по правилам безопасности при работе в физической лаборатории, включая общие правила работы с химическими реактивами и электроустановками с напряжением до 1000 В, пожарной безопасности и промышленной санитарии и сдавшим экзамен на право допуска к самостоятельной работе.

Электробезопасность при работе с электроустановками соблюдается по ГОСТ 12.1.019-79.

Помещение лаборатории должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

Исполнители должны быть проинструктированы о мерах безопасности при работе с технологическим оборудованием и техникой безопасности при работе в чистом помещении.