

УДК 538.945

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
РАЗБРОСА ПЛОТНОСТИ КРИТИЧЕСКОГО ТОКА
В ТУННЕЛЬНЫХ КОНТАКТАХ ДЖОЗЕФСОНА****Б.И. Иванов¹, И.Л. Новиков¹, П.С. Щекин¹, И.В. Ильичев^{1,2}**¹Новосибирский государственный технический университет²Лейбниц, Институт фотонных технологий

В данной работе представлен результат экспериментального исследования разброса плотности критического тока для туннельных $Al/Al_xO_y/Al$ контактов Джозефсона, выполненных по технологии «теневого напыления» при разных временах окисления барьера. Плотность критического тока вычислялась из величины полного критического тока, которая определялась из вольт-амперных характеристик (ВАХ) контактов с учетом уровня собственного шума контакта и шума измерительного тракта. Измерения были выполнены в рефрижераторе при рабочей температуре 320 мК. Было произведено измерение серии чипов, каждый чип содержал 4 туннельных контакта шириной 200 нм и разной длины: 500, 750, 1000, 1500 нм. Максимальный разброс плотности критического тока составил не более 80 А/см². Для измерения ВАХ туннельных контактов представлена установка измерения, включающая в себя генератор тока, фильтры нижних частот и прецизионный усилитель с величиной плотности шумового напряжения 1,5 нВ/(Гц)^{1/2}.

Ключевые слова: сверхпроводимость, Al контакт Джозефсона, туннельный контакт, плотность критического тока, потоковый кубит.

DOI: 10.17212/1727-2769-2015-2-69-76

Введение

Известно и экспериментально доказано многими научными группами, что микроэлектронные устройства, основывающиеся на эффекте сверхпроводимости, могут быть описаны как макроскопические квантовые объекты [1–3]. Использование их как базовых элементов для разработки квантового компьютера является актуальной и перспективной задачей. Основу таких объектов составляет сверхпроводниковый квантовый бит (кубит), представляющий собой туннельные контакты Джозефсона, включенные последовательно в замкнутую петлю. Энергия такого контакта определяется двумя составляющими: потенциальной энергией Джозефсона E_J и его Кулоновской энергией E_C . В случае если $E_C \gg E_J$, система представляет собой зарядовый кубит, если $E_C \ll E_J$, то имеем дело с потоковым кубитом. В основе обоих типов кубитов лежит туннельный контакт с толщиной барьера не более 10 нм.

Важным свойством туннельных контактов является их сравнительно малый шум и собственные диссипативные свойства. Тем не менее создание устройств на

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания, проект № 8.337.2014/К и РФФИ, проект 14-02-31601 мол_а.

основе контактов Джозефсона, работающих при температурах ниже одного градуса Кельвина, ограничено несколькими причинами: а) низкочастотным шумом магнитного потока, связанным с наличием сверхпроводникового контура, соединяющим контакты; б) потерями, связанными с подщелевым сопротивлением; в) разбросом критического тока.

Спектральная плотность шума магнитного потока для современной технологии составляет несколько единиц $\mu\Phi_0 / \sqrt{\text{Гц}}$ (где Φ_0 – квант магнитного потока) в низкочастотной области вблизи 1 Гц и достаточно высока для влияния на время декогеренции в сверхпроводниковых кубитах, и на чувствительность в Сверхпроводниковых Квантовых Интерференционных устройствах (СКВИДах). Хорошо установлено, что для передовых технологий изготовления контактов шум не зависит от материала тонкой пленки, а определяется геометрией контакта и связан с флуктуацией магнитных моментов электронов, находящихся на дефектных состояниях, образованных на границе раздела материалов [4].

Потери в туннельном контакте из-за присутствия дефектных состояний в барьере (подщелевое сопротивление) являются одним из ограничивающих факторов работы контакта при низких температурах. Например, это может быть дополнительным источником для увеличения времени декогерентного состояния кубита.

Одним из наиболее важных технологических параметров является разброс критического тока контакта I_C . Как показано в последних научных работах, девиации I_C могут быть вызваны вариациями плотности критического тока, а не размерами контактов [5]. Разброс плотности критического тока j_C сильно влияет на свойства сверхпроводниковых кубитов, так как энергетический зазор двухуровневой системы сильно зависит от Джозефсоновской энергии связи $E_J = I_C \Phi_0 / 2\pi$ туннельного контакта, которая определяет свойства потокового кубита. Особо актуально исследование разброса плотности критического тока для мультикубитных систем, известных как квантовые метаматериалы [6, 7]. Исследование группового квантового феномена в мультикубитных структурах требует повторяемости процесса изготовления, обеспечивая необходимые параметры цепей. Следовательно, исследование разброса плотности критического тока как в одном технологическом процессе, так и между процессами является необходимой и актуальной задачей для современной сверхпроводниковой технологии.

Как показано в приведенных работах [8–11], шум магнитного потока, разброс плотности критического тока и подщелевой избыточный ток зависят от межслойовой морфологии контактов Джозефсона [12].

Наиболее известным материалом для создания межслойного перехода, используемого в технологии нанесения сверхпроводящих пленок и формирования контактов Джозефсона, является оксид алюминия Al_2O_3 [13, 14]. Таким образом, при субкельвиновых температурах актуально использование тонких пленок алюминия в качестве основного сверхпроводникового материала. Микрограф потокового кубита показан на рис. 1.

В данной работе представлен результат исследования разброса плотности критического тока для туннельных $\text{Al}/\text{Al}_x\text{O}_y/\text{Al}$ контактов Джозефсона, выполненных по технологии «теневого напыления». Результаты представлены для различных времен окисления барьерного слоя туннельного контакта. Приведены установка измерения транспортных свойств исследуемых контактов, система охлаждения, выполнен предварительный анализ полученных результатов.

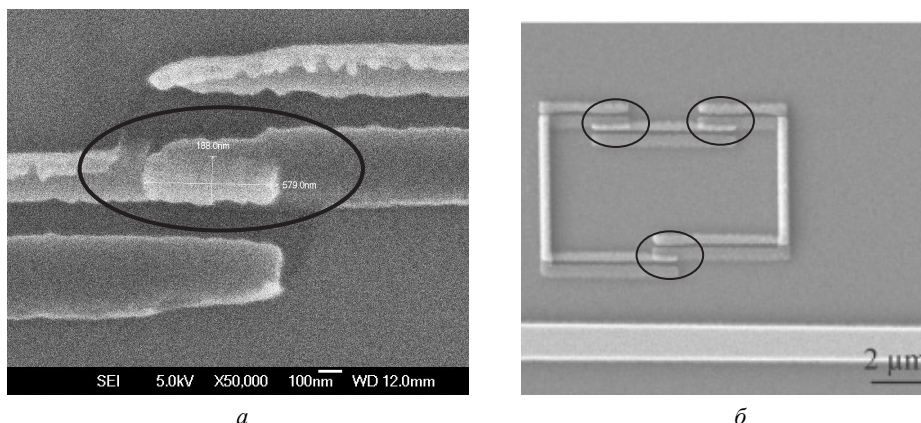


Рис. 1 – Микрограф увеличенного изображения (а) туннельного контакта, полученного посредством растрового электронного микроскопа. Область контакта Джозефсона отмечена эллипсом (б) трехконтактного потокового кубита. Область переходов Джозефсона представлена серым цветом и отмечена овальным маркером

Fig. 1 – A micrograph of a tunnel Josephson junction made by scanning electron microscopy (a). A micrograph of a three junction superconducting flux qubit made by scanning electron microscopy (b)

1. Технология изготовления и экспериментальная установка

Исследуемые в данной работе туннельные контакты Джозефсона были изготовлены в Лейбнице в Институте Фотонных Технологий (Германия).

Технологический способ, позволяющий реализовать микронные и субмикронные размеры контактов, называется «теневое напыление». Этот процесс можно условно разделить на два этапа. Первый этап – изготовление маски, необходимой для формирования структуры. Второй этап – собственно напыление и удаление резиста. Формирование джозефсоновских контактов осуществляется напылением сверхпроводникового металла под одним углом, дальнейшим окислением в атмосфере кислорода с целью формирования туннельного барьера и напылением второго слоя сверхпроводника под противоположным углом.

Для набора туннельных контактов были проведены исследования ВАХ при температуре 320 мК. Измерение контактов осуществлялось по классической четырехзондовой схеме. Источник тока представлен в виде аналогового генератора тока, построенного на основе микросхем TL072, OPA2111, OP 270. Для уменьшения влияния шума комнатной электроники на исследуемые образцы были установлены фильтры нижних частот при комнатной температуре, при температурах 4,2 К и 1,2 К. Предварительно была произведена калибровка резисторов и конденсаторов при температуре 4,2 К. Номиналы элементов фильтров были выбраны с учетом максимальной рассеиваемой тепловой мощности. Для усиления выходного напряжения использовался комнатный малошумящий усилитель.

Основу схемы измерительного усилителя составляет микросхема

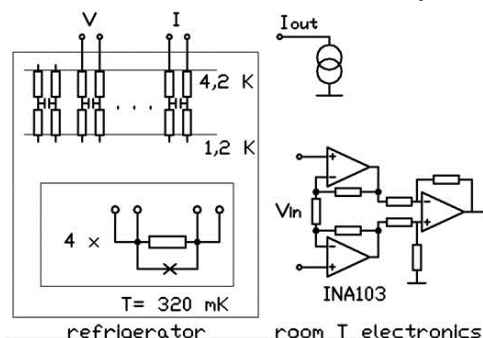


Рис. 2 – Экспериментальная установка измерения ВАХ туннельных контактов

Fig. 2 – Measurement setup

INA103. Для обеспечения высокого значения КОСС, более 60 дБ, во всей рабочей полосе усилителя, были отобраны прецизионные резисторы с одинаковым номиналом сопротивления до третьего знака после запятой. Усилитель имеет коэффициент усиления по напряжению 1000 в полосе частот от 0 до 10 кГц. КОСС в данной полосе имеет значение более 100 дБ. Измеренное значение спектральной плотности шума напряжения и шума тока соответствует значениям $1,5 \text{ нВ} / \sqrt{\text{Гц}}$ и $3 \text{ пкА} / \sqrt{\text{Гц}}$, соответственно. Итоговый вид экспериментальной установки представлен на рис. 2.

2. Экспериментальное исследование транспортных свойств туннельных контактов Джозефсона

Для определения критического тока и измерения ВАХ контактов были подготовлены кремниевые подложки с туннельными $\text{Al}/\text{Al}_x\text{O}_y/\text{Al}$ контактами Джозефсона. На одной подложке находилось по 4 контакта различной длины, изготовленных в одном технологическом процессе. То есть с одинаковым временем окисления барьера и уровнем давления кислорода, что в свою очередь должно формировать одинаковую толщину барьера.

Было проведено исследование нескольких таких чипов с разными временами окисления. В рассматриваемом нами случае все чипы имели одинаковый набор длин контактов: 500, 750, 100 и 1500 нм. Ширина всех контакта составляет 200 нм и имеет технологический разброс не более 10 %. Разница между чипами только в толщине барьера, т. е. времени его окисления.

Так как температура эксперимента составляла 320 мК, то влиянием собственного теплового шума контакта можно пренебречь [15]. Оценка параметра шума

$$\Gamma = \frac{2\pi k_B T}{I_C \Phi_0}$$

дает малую величину порядка 10^{-2} .

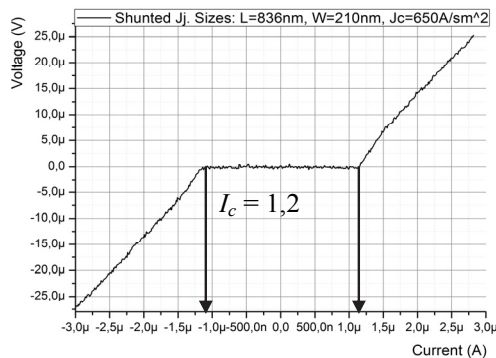


Рис. 3 – Экспериментальная ВАХ туннельного контакта. Температура измерения 320 мК. Ось x – величина тока в А. Ось y – величина напряжения в В

Fig. 3 – A measured IV-curve for a tunnel $\text{Al}/\text{Al}_x\text{O}_y/\text{Al}$ Josephson junction

0,3 мкВ. Согласно этому критерию величина критического тока, представленного на ВАХ рис. 3, равна 1,2 мкА.

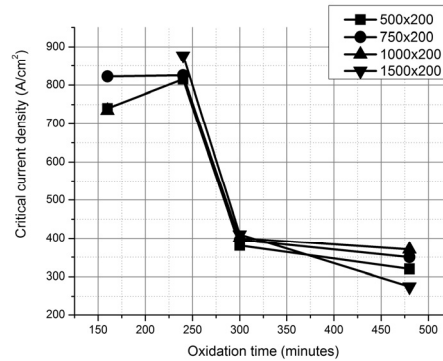
Таким образом, было проведено измерение серии туннельных контактов при длительном времени окисления и низком давлении кислорода в камере. Характеристика плотности критического тока контактов представлена на рис. 4.

Внешний шум измерительной системы, связанный с напряжением шума источника тока и выходного усилителя, существенно влияет на результат измерения. Оба измерительных прибора формируют белый шум в исследуемой полосе частот. Поэтому было проведено статистическое измерение и усреднение полученной величины критического тока.

ВАХ контакта размерами $750 \text{ нм} \times 200 \text{ нм}$ представлен на рис. 3. Уровень критического тока соответствует появлению напряжения на шунтированном контакте выше напряжения шума, действующее значение которого равно

Рис. 4 – Экспериментально полученные значения плотности критического тока туннельных контактов, изготовленных при разных временах окисления барьера. Ось X – время окисления в мин. Ось Y – плотность тока контакта в A/cm^2

Fig. 4 – The experimental values of the critical current density of tunnel junctions fabricated at different oxidation barrier times. X – axis oxidation time in minutes. Y – axis the contact current density in A/cm^2



Из характеристики видно, что максимальный разброс плотности критического тока контактов, изготовленных при одинаковом времени окисления, составил не более $80 A/cm^2$. В то время как между различными временами окисления, разброс плотности критического тока составил не более $20 A/cm^2$. Разброс плотности критического тока на одном чипе, вероятней всего, связан с краевыми эффектами. Эти эффекты образуются на краях контактов и находятся не под технологическим контролем. Решением является использование более широкой пленки нижнего слоя алюминия.

Интересно отметить, что большинство контактов показывают тенденцию увеличения плотности критического тока при увеличении длины контакта. Это хорошо видно при 240, 300 и 480 минутах окисления. Такое увеличение может быть связано с увеличением площади поверхности окисления и поэтому недостаточности времени для образования барьерного слоя Al_xO_y оптимальной толщины.

Участок малых времен окисления интересен заниженным значением плотности критического тока, что находится в противоречии с ее экспоненциальным поведением от времени окисления и связанной с ним толщиной барьера. Такое уменьшение можно объяснить несоответствием геометрической площади контакта и фактически окисленной (она меньше из-за малости времени окисления). Тогда при расчете плотности тока мы получим заниженное значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Quantum superposition of macroscopic persistent-current states / C.H. van der Wal, A.C.J. ter Haar, F.K. Wilhelm, R.N. Schouten, C.J.P.M. Harmans, T.P. Orlando, Seth Lloyd, J.E. Mooij // *Science*. – 2000. – Vol. 290, N 5492. – P. 773–777. – doi: 10.1126/science.290.5492.773.
2. Josephson persistent-current qubit / J.E. Mooij, T.P. Orlando, L. Levitov, L. Tian, C.H. van der Wal, S. Lloyd // *Science*. – 1999. – Vol. 285, N 5430. – P. 1036–1039. – doi: 10.1126/science.285.5430.1036.
3. Continuous monitoring of Rabi oscillations in a Josephson flux qubit / E. Il'ichev, N. Oukhanski, A. Izmailkov, Th. Wagner, M. Grajcar, H.-G. Meyer, A.Yu. Smirnov, A.M. van den Brink, M.H.S. Amin, A.M. Zagorskin // *Physical Review Letters*. – 2003. – Vol. 91, iss. 9. – P. 097906-1–097906-4. – doi: 10.1103/PhysRevLett.91.097906
4. Localization of metal-induced gap states at the metal-insulator interface: origin of flux noise in SQUIDs and superconducting qubits / S.K. Choi, D.-H. Lee, S.G. Louie, J. Clarke // *Physical Review Letters*. – 2009. – Vol. 103, iss. 19. – P. 197001-1–197001-13. – doi: 10.1103/PhysRevLett.103.197001.
5. European roadmap on superconductive electronics – status and perspectives / S. Anders, M.G. Blamire, F.-Im. Buchholz, D.-G. Cr  t  , R. Cristiano, P. Febvre, L. Fritzsche, A. Herr, E. Il'ichev, J. Kohlmann, J. Kunert, H.-G. Meyer, J. Niemeyer, T. Ortlev, H. Rogalla, T. Schurig, M. Siegel, R. Stolz, E. Tart, H.J.M. ter Brake, H. Toepfer, J.-C. Villegier, A.M. Zagorskin, A.B. Zorin // *Physica C: Superconductivity*. – 2010. – Vol. 470, iss. 23–24. – P. 2079–2126. – doi: 10.1016/j.physc.2010.07.005.

6. Parametric testing of HYPRES superconducting integrated circuit fabrication processes / D. Yohannes, A. Kirichenko, S. Sarwana, S.K. Tolpygo // *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. – 2007. – Vol. 17, iss. 2. – P. 181–186. – doi: 10.1109/TASC.2007.897399.
7. Multistability and switching in a superconducting metamaterial / P. Jung, S. Butz, M. Marthaler, M.V. Fistul, J. Leppäkangas, V.P. Koshelets, A.V. Ustinov // *Nature Communications*. – 2014. – Vol. 5. – P. 3730-1–3730-6. – doi: 10.1038/ncomms4730.
8. **Wellstood F.C., Urbina C., Clarke J.** Low frequency noise in dc superconducting quantum interference devices below 1 K // *Applied Physics Letters*. – 1987. – Vol. 50, iss. 12. – P. 772–774. – doi: 10.1063/1.98041.
9. Investigation of low-frequency excess flux noise in DC SQUIDS at mK temperatures / D. Drung, J. Beyer, J.-H. Storm, M. Peters, T. Schurig // *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. – 2011. – Vol. 21, iss. 3. – P. 340–344. – doi: 10.1109/TASC.2010.2084054.
10. Influence of Nb film surface morphology on the sub-gap leakage characteristics of Nb/AlO_x-Al/Nb Josephson junctions / J. Du, A.D.M. Charles, K.D. Petersson, E.W. Preston // *Superconductor Science and Technology*. – 2007. – Vol. 20, N 11. – P. S350–S355. – doi: 10.1088/0953-2048/20/11/S10.
11. Effects of underlayer roughness on Nb/AlO_x/sub x//Nb junction characteristics / S. Komina-mi, H. Yamada, N. Miyamoto, K. Takagi // *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. – 1993. – Vol. 3, iss. 1. – P. 2182–2186. – doi: 10.1109/77.233936.
12. The morphology of al-based submicron Josephson junction / V.V. Roddatis, U. Hübner, B.I. Ivanov, E. Il'ichev, H.-G. Meyer, M.V. Koval'chuk, A.L. Vasiliev // *Journal of Applied Physics*. – 2011. – Vol. 110, iss. 12. – P. 123903-1–123903-4. – doi: 10.1063/1.3670003.
13. Are "pinholes" the cause of excess current in superconducting tunnel junctions? A study of Andreev current in highly resistive junctions / T. Greibe, M.P.V. Stenberg, C.M. Wilson, T. Bauch, V.S. Shumeiko, P. Delsing // *Physical Review Letters*. – 2011. – Vol. 106, iss. 9. – P. 097001-1–097001-4.
14. Implementation of a quantum metamaterial using superconducting qubits / P. Macha, G. Oelsner, Jan-M. Reiner, et al. // *Nature Communications*. – 2014. – Vol. 5. – P. 5146-1–5146-6. – doi: 10.1038/ncomms6146.
15. **Greenberg Ya.S.** The theory of the voltage-current characteristic of high T_c DC SQUIDS // *Physica C: Superconductivity*. – 2002. – Vol. 371, iss. 2. – P. 156–172. – doi: 10.1016/S0921-4534(01)00970-4.

EXPERIMENTAL STUDY OF A CRITICAL CURRENT DENSITY SPREAD IN JOSEPHSON TUNNEL JUNCTIONS

B.I. Ivanov¹, I.L. Novikov¹, P.S. Shchekin¹, E.V. Il'ichev^{1,2}

¹*Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia*

²*Leibniz Institute of Photonic Technology, Jena, Germany*

In this paper an experimental study of a critical current density spread in Al/Al_xO_y/Al-Josephson tunnel junctions fabricated by the “shadow” deposition technology. The Josephson junctions have different barrier oxidation times. The critical current density was calculated from the full critical current value and junction sizes. We give the definition of a critical current from the C–V curve of a junction taking into account intrinsic noise parameters of a junction and measuring equipment. All measurements were made at a working temperature of 320 mK in a refrigerator. A set of different oxidation time chips were characterized. Each chip consisted of 4 junctions of 200 nm in width and 500, 750, 1000, 1500 nm in length. The maximum critical current density spread amounted to 80 A/cm². An experimental setup including a low noise current generator, cryogenic filters and an instrumental amplifier with a spectral noise voltage density of 1,5 nV/(Hz)^{1/2} was designed to measure junction C–V-curves.

Keywords: superconductivity, Al Josephson junction, tunnel junction, critical current density, superconducting qubit.

DOI: 10.17212/1727-2769-2015-2-69-76

REFERENCES

1. Wal C.H. van der, Haar A.C.J. ter, Wilhelm F.K., Schouten R.N., Harmans C.J.P.M., Orlando T.P., Lloyd S., Mooij J.E. Quantum superposition of macroscopic persistent-current states. *Science*, vol. 290, no. 5492, pp. 773–777. doi: 10.1126/science.290.5492.773
2. Mooij J.E., Orlando T.P., Levitov L., Tian L., Wal C.H. van der, S. Lloyd. *Science*, 1999, vol. 285, no. 5430, pp. 1036–1039. doi: 10.1126/science.285.5430.1036
3. Il'ichev E., Oukhanski N., Izmalkov A., Wagner Th., Grajcar M., Meyer H.-G., Smirnov A.Yu., Brink A.M. van den, Amin M.H.S., Zagorskin A.M. Continuous monitoring of Rabi oscillations in a Josephson flux qubit. *Physical Review Letters*, 2003, vol. 91, iss. 9, pp. 097906-1–097906-4. doi: 10.1103/PhysRevLett.91.097906
4. Choi S.K., Lee D.-H., Louie S.G., Clarke J. Localization of metal-induced gap states at the metal-insulator interface: origin of flux noise in SQUIDs and superconducting qubits. *Physical Review Letters*, 2009, vol. 103, iss. 19, pp. 197001-1–197001-13. doi: 10.1103/PhysRevLett.103.197001
5. Anders S., Blamire M.G., Buchholz F.-Im., Crété D.-G., Cristiano R., Febvre P., Fritzsche L., Herr A., Il'ichev E., Kohlmann J., Kunert J., Meyer H.-G., Niemeyer J., Ortlepp T., Rogalla H., Schurig T., Siegel M., Stolz R., Tart E., Brake H.J.M. ter, Toepfer H., Villegier J.-C., Zagorskin A.M., Zorin A.B. European roadmap on superconductive electronics – status and perspectives. *Physica C: Superconductivity*, 2010, vol. 470, iss. 23–24, pp. 2079–2126. doi: 10.1016/j.physc.2010.07.005
6. Yohannes D., Kirichenko A., Sarwana S., Tolpygo S.K. Parametric testing of HYPRES superconducting integrated circuit fabrication processes. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 2007, vol. 17, iss. 2, pp. 181–186. doi: 10.1109/TASC.2007.897399
7. Jung P., Butz S., Marthaler M., Fistul M.V., Leppäkangas J., Koshelets V.P., Ustinov A.V. Multistability and switching in a superconducting metamaterial. *Nature Communications*, 2014, vol. 5, pp. 3730-1–3730-6. doi: 10.1038/ncomms4730
8. Wellstood F.C., Urbina C., Clarke J. Low frequency noise in dc superconducting quantum interference devices below 1 K. *Applied Physics Letters*, 1987, vol. 50, iss. 12, pp. 772–774. doi: 10.1063/1.98041
9. Drung D., Beyer J., Storm J.-H., Peters M., Schurig T. Investigation of low-frequency excess flux noise in DC SQUIDs at mK temperatures. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 2011, vol. 21, iss. 3, pp. 340–344. doi: 10.1109/TASC.2010.2084054
10. Du J., Charles A.D.M., Petersson K.D., Preston E.W. Influence of Nb film surface morphology on the sub-gap leakage characteristics of Nb/AlO_x-Al/Nb Josephson junctions. *Superconductor Science and Technology*, 2007, vol. 20, no. 11, pp. S350–S355. doi: 10.1088/0953-2048/20/11/S10
11. Kominami S., Yamada H., Miyamoto N., Takagi K. Effects of underlayer roughness on Nb/AlO_x/sub x/Nb junction characteristics. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 1993, vol. 3, iss. 1, pp. 2182–2186. doi: 10.1109/77.233936
12. Roddatis V.V., Hübner U., Ivanov B.I., Il'ichev E., Meyer H.-G., Koval'chuk M.V., Vasiliev A.L. The morphology of Al-based submicron Josephson junction. *Journal of Applied Physics*, 2011, vol. 110, iss. 12, pp. 123903-1–123903-4. doi: 10.1063/1.3670003
13. Greibe T., Stenberg M.P.V., Wilson C.M., Bauch T., Shumeiko V.S., Delsing P. Are "pinholes" the cause of excess current in superconducting tunnel junctions? A study of Andreev current in highly resistive junctions. *Physical Review Letters*, 2011, vol. 106, iss. 9, pp. 097001-1–097001-4.
14. Macha P., Oelsner G., Reiner J.-M., Marthaler M., André S., Schön G., Hübner U., Meyer H.-G., Il'ichev E., Ustinov A.V. Implementation of a quantum metamaterial using superconducting qubits. *Nature Communications*, 2014, vol. 5, pp. 5146-1–5146-6. doi: 10.1038/ncomms6146

15. Greenberg Ya.S. The theory of the voltage-current characteristic of high T_c DC SQUIDS. *Physica C: Superconductivity*, vol. 371, iss. 2, pp. 156–172, 2002. doi: 10.1016/S0921-4534(01)00970-4

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



Иванов Борис Игоревич – родился в 1986 году, канд. техн. наук, научный сотрудник лаборатории криогенной квантовой электроники НГТУ. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, проспект Карла Маркса 20. Email: to_ivanov_boris@yahoo.com).

Ivanov Boris (b. 1986) – PhD (Eng.), senior research worker in the cryogenic quantum electronics laboratory, Novosibirsk State Technical University. He is author of 12 scientific papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia. Email: to_ivanov_boris@yahoo.com).



Новиков Илья Леонидович – родился в 1969 году, канд. техн. наук, доцент кафедры полупроводниковых приборов и микроэлектроники, научный сотрудник межфакультетской лаборатории криогенной квантовой электроники НГТУ. Email: ilya_novikov@mail.ru).

Novikov Ilya (b. 1969) – PhD (Eng.), associate professor, department of semiconductor devices and microelectronics, senior research worker in the cryogenic quantum electronics laboratory, Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on applied superconductivity, superconducting quantum. He is author of more than 20 scientific papers. (Email: ilya_novikov@mail.ru)



Щекин Павел Сергеевич – родился в 1985 году, инженер лаборатории криогенной квантовой электроники НГТУ. (Email: a7s2@yandex.ru).

Shchekin Pavel (b. 1985) – engineer in the cryogenic quantum electronics laboratory, Novosibirsk State Technical University. (Email: a7s2@yandex.ru).



Ильичев Евгений Вячеславович – родился в 1957 году, д-р физ.-мат. наук, профессор лаборатории криогенной квантовой электроники НГТУ. Руководитель группы «Макроскопические квантовые системы» в Институте фотонных технологий, г. Йена, Германия. (Email: evgeni.ilichev@ipht-jena.de).

Il'ichev Evgeniy (b. 1957) – Ph.D., professor, cryogenic quantum electronics laboratory in NSTU; group leader in the macroscopic quantum systems laboratory at the Leibniz Institute of Photonic Technology, Jena, Germany. He is author of over 50 publications cited to Web of Science, including 2 monographs. His research interests are currently focused on macroscopic quantum systems and superconducting quantum bits. (Email: evgeni.ilichev@ipht-jena.de)

Статья поступила 22 мая 2015 г.

Received May 22, 2015

To Reference:

Ivanov B.I., Novikov I.L., Shchekin P.S., Il'ichev I.V. Eksperimental'noe issledovanie razbrosa plotnosti kriticheskogo toka v tunnel'nykh kontaktakh Dzhozefsona [Experimental study of a critical current density spread in Josephson tunnel junctions]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii – Proceedings of the Russian higher school Academy of sciences*, 2015, no. 2 (27), pp. 69–76. doi: 10.17212/1727-2769-2015-2-69-76