Оценка припоев с малым содержанием серебра для бессвинцовой сборки

Джасбир Бас (Jasbir Bath), инженер-консультант, Christopher Associates/Koki Company

Чтобы сделать свою продукцию более рентабельной, многие производители припоев разрабатывают бессвинцовые материалы с низким содержанием серебра. Однако у этих припоев меньшая стойкость к термоциклированию по сравнению с припоями Sn3Ag0,5Cu. При переходе на новые материалы для пайки следует учитывать температурную разницу между припоями с низким содержанием серебра и Sn3Ag0,5Cu, т.к. температура плавления новых припоев выше.

Электронная индустрия последние 10 лет переходит с припоев Sn37Pb на бессвинцовые материалы Sn3Ag0,5Cu. В бессвинцовых припоях SnAgCu используется 3% серебра, что привело к повышению цен на эти материалы из-за ограниченного количества серебра в мире. В связи с этим возникла необходимость в бессвинцовых припоях с низким содержанием серебра (≤ 1,2%) (НСС) для пайки шариковых выводов BGA/CSP и пайки волной, а также потребность в паяльной пасте с НСС.

Из ежегодно потребляемых 180 тыс. т припоя около 20 тыс. т используются на приготовление паяльной пасты и 160 тыс. т — на пайку волной припоя. Если исходить из расчета, что ежегодное потребление серебра на разные нужды составляет 20 тыс. т, а мировой объем его добычи — 21,5 тыс. т, лишь 1,5 тыс. т идет на рынок материалов для припоя. Этого количества серебра достаточно только в том случае, если его содержание в бессвинцовом припое составит около 1%.

Стоимость серебра существенно выросла с 250 тыс. долл./т в 2005 г. до 1 млн долл./т в 2011 г. По этой причине многие заказчики обратились к производителям с просьбой изготовить материалы с меньшим количеством серебра.

Компания Koki разработала бессвинцовый припой Sn0,1Ag0,7Cu 0,03Co (Koki S01X7C), в котором содержится лишь 0,1Ag. Это позволило значительно снизить стоимость материала по сравнению со стоимостью припоя Sn3Ag0,5Cu, т.к. конечная цена материала S01X7C, главным образом, определяется содержанием олова, а не серебра (см. рис. 1).

Таким образом, на рынке появились бессвинцовые припои с низким содержанием серебра, что позволило решить проблему стоимости и поставок этого металла, но при этом обнаружилось, что новые материалы обладают меньшей стойкостью к термоциклированию по сравнению с припоем Sn3Ag0,5Cu. При переходе к использованию бессвинцовых сплавов с НСС следует также учитывать, что у новых материалов выше температура плавления, чем у Sn3Ag0,5Cu. У бессвинцовых припоев Sn3-4Ag0,5Cu этот показатель составляет около 217°C, у Sn1Ag0,5Cu — 225°C, а у Sn0,7Cu — 227°C.

ПАЯЛЬНЫЕ ПАСТЫ ДЛЯ SMT-МОНТАЖА

То обстоятельство, что у припоев с НСС — более высокая температура плавления, чем у бессвинцовых материалов Sn3-4Ag0,5Cu, имеет особенное значение для пайки расплавлением дозированного припоя, где температуры и время обработки плат больше, чем при пайке волной припоя. Паяльные пасты с низким содержанием серебра применяются в настоящее время, главным образом, при изготовлении блоков сотовых телефонов, при котором температура пайки оплавлением относительно невысока. К этим пастам относятся следующие: Sn1Ag0,5Cu, Sn0,3Ag0,7Cu, Sn0,1Ag0,7Cu, Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co, Sn0,7Cu и Sn0,7Cu0,05Ni.

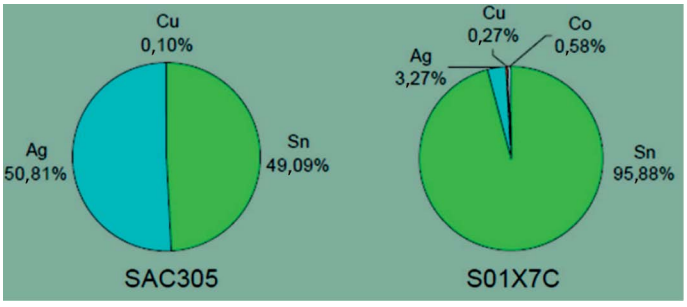


Рис. 1. **Доля стоимости ингредиентов припоев Sn3Ag0,5Cu и Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co**

ПРИПОИ ДЛЯ ПАЙКИ ВОЛНОЙ

Применение припоев с НСС в пайке волной является более сложным делом по сравнению с SMT-процессом. К используемым материалам относятся Sn0,7Cu0,05Ni, Sn1Ag0,7Cu, Sn0,7Cu0,3Ag, Sn0,7Cu0,3Ag0,03Ni (JEITA) и Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co. Поскольку более высокая температура плавления припоев с НСС может привести к деформации компонентов или плат большой толщины при пайке волной, температура этого процесса ограничиваются, что затрудняет заполнение отверстий припоем.

РУЧНАЯ ПАЙКА

Для ручной пайки применяются припои с низким содержанием серебра, которые используются в паяльных пастах: Sn1Ag0,5Cu, Sn0,3Ag0,7Cu, Sn0,1Ag0,7Cu, Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co, Sn0,7Cu, Sn0,7Cu0,05Ni. И в этом случае более высокая температура пайки с помощью припоев с НСС может отрицательно сказаться на платах большой толщины.

ПАЙКА КОРПУСОВ BGA/CSP

Для пайки корпусов BGA/CSP применяются те же припои, что и для

паяльных паст. К этим материалам относятся: Sn1Ag0,5Cu, Sn0,3Ag0,7Cu, Sn0,1Ag0,7Cu, Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co, Sn0,7Cu и Sn0,7Cu0,05Ni. Более высокая температура плавления этих припоев может привести к повреждению платы или компонентов.

ПАЙКА ВОЛНОЙ

Припои, используемые в лудильных ваннах или разбрызгивающих устройствах, должны обеспечить хорошее заполнение отверстий и низкую растворимость меди. Эта материалы основаны на припоях, которые применяются в пайке волной: Sn0,7Cu0,05Ni, Sn0,7Cu0,3Ag0,03Ni (сплав JEITA) и Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co. Поскольку эти припои характеризуются большей температурой плавления, чем Sn3-4Ag0,5Cu, необходимо, чтобы их применение не привело к повреждению платы и растворению медного покрытия в процессе пайки волной.

ПРИПОЙ-ШАРИКИ ДЛЯ ПАЙКИ BGA/CSP

По мере требований повысить прочность к воздействию механических ударов и устойчивость к термоциклированию все чаще находят применение такие припой-шарики с малым содержанием серебра как Sn1Ag0,5Cu. Для качественных паяных соединений с использованием пасты Sn3Ag0,5Cu и припой-шариков Sn1Ag0,5Cu на контактных площадках также необходима более высокая температура процесса.

СТАНДАРТЫ ПАЙКИ ДЛЯ ПРИПОЕВ С НСС

Для пайки электронных плат с помощью припоев с НСС необходимы обновленные стандарты, о которых пойдет речь в следующих разделах.

СТАНДАРТЫ ПАЙКИ ОПЛАВЛЕНИЕМ

Профили пайки оплавлением определяются типами используемых припоев следующим образом:

- свинцово-оловянный: время пайки при температуре выше 183°C: 30–90 с, макс.: 205–215°C;
- бессвинцовый (Sn3-4Ag0,5Cu): время пайки при температуре выше 217°C: 30–90 sec, макс.: 235–260°C;
- бессвинцовый (Sn0,3Ag0,7Cu): время пайки при температуре выше 227°C: 30–90 с, макс.: 240–270°C.

При пайке компонентов необходимо учитывать номинальные температуры в соответствии со стандартами IPC/JEDEC J-STD-020. Текущий стандарт J-STD-020 для Sn3-4Ag0,5Cu (температура плавления: 217°C) определяет номинальные значения температуры для компонентов в диапазоне 3x 245°C...3x 260°C (в зависимости от толщины сборки/объема) и дополнительное значение 1x 260°C для компонентов с матрицами выводов (BGA/CSP). Время обработки компонентов при температуре выше 217°C составляет 60–150 с.

Для припоя Sn0,3Ag0,7Cu (температура плавления: 227°C) указывается другой диапазон значений — 3x 255°C...3x 270°C и 1x 260°C для компонентов с матрицами выводов. Время обработки компонентов при температуре выше 227°C составляет 60–150 с.

СТАНДАРТ ДЛЯ ПАЙКИ ВОЛНОЙ

Монтаж в сквозные отверстия платы производится в соответствии со стандартом JEDEC JESD-B106-D, в котором указано, что на первой стадии пайки волной с использованием свинцово-оловянного припоя компонент подвергается воздействию 260°C в течение 10 с. На первой стадии пайки волной с помощью бессвинцового припоя Sn3-4Ag0,5Cu компонент подвергается воздействию 270°C в течение 7 с. Этот стандарт определяет для бессвинцовой пайки компонентов в отверстия необязательную номинальную температуру величиной 270°C на 15 с.

Для припоя Sn0,3Ag0,7Cu, используемого на первой стадии пайки волной, указано другое значение этого параметра — 280°C в течение 7 с, а необязательное значение номинальной температуры для бессвинцовой пайки компонентов в отверстия составляет 280°C на 15 с.

Для пайки компонентов волной, например нижней части SMT-компонентов с помощью свинцово-оловянного припоя, стандарт JEDEC JESD22-A111 определяет температуру 260°C на 15 с. Следует заметить, что этот стандарт не был пересмотрен для бессвинцовой пайки волной. Для пайки волной с помощью сплавов Sn3-4Ag0,5Cu и Sn0,3Ag0,7Cu можно воспользоваться следующими номиналами температур:

- 270°C на 10 с (Sn3-4Ag0,5Cu);
- 280°C на 10 с (Sn0,3Ag0,7Cu).

НОМИНАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ПЛАТЫ

В спецификации основных материалов для изготовления плат (IPC4101) указано, что время отслоения ламината на печатных платах при 288°C (T288) должно быть не менее 5 мин в случае применения припоя Sn3-4Ag0,5Cu. В случае припоя Sn0,3Ag0,7Cu это время составляет 10 мин при 288°C или 5 мин при более высоких температурах. Температура разрушения ламината (Td) у свинцово-оловянного припоя Sn3-4Ag0,5Cu должна быть не менее 325°C. У Sn0,3Ag0,7Cu этот показатель равен 335°C.

СТАНДАРТЫ НА КОРОБЛЕНИЕ ПЛАТ И КОМПОНЕНТОВ

Допустимая степень коробления при сборке печатных плат и компонентов должна быть минимальной, чтобы предотвратить такие дефекты как «голова на подушке».

Организации JEITA и JEDEC пересмотрели спецификации по копланарности компонентов, указав максимальную степень коробления сборки. Для припоя Sn3-4Ag0,5Cu, применяемого в SMT-пайке оплавлением при максимальной температуре 260°C, отклонение составляет $3–6 \cdot 10^{-3}$ при шаге между шариковыми выводами в 0,4–1,27 мм. У Sn0,3Ag0,7Cu деформация не должна превышать $3–6 \cdot 10^{-3}$ вплоть до максимальной температуры пайки 270°C.

Согласно стандартам IPC, максимальная кривизна платы составляет $7{,}5 \cdot 10^{-3}$/дюйм в случае свинцово-оловянной и бессвинцовой пайки с использованием Sn3-4Ag0,5Cu. При этом не указывается кривизна платы для привоев с низким содержанием серебра. Более того, текущие стандарты IPC на платы не масштабируются корректно в зависимости от размеров корпуса и числа портов ввода-вывода, поэтому указанные значения необходимо исправить при обновлении спецификаций на припои Sn3-4Ag0,5Cu и Sn0,3Ag0,7Cu.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПРИПОЕВ С НСС

Помимо упомянутых спецификацией следует также рассмотреть производственные испытания для пайки с помощью бессвинцовых припоев с низким содержанием серебра. Эти тесты включают оценку результатов поверхностного монтажа, пайку волной

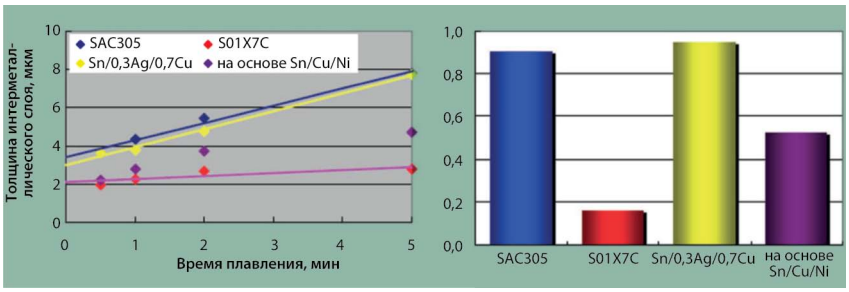


Рис. 2. **Увеличение толщины интерметаллического слоя при пайке оплавлением с использованием бессвинцовых припоев Sn3Ag0,5Cu, Sn0,3Ag0,7Cu, Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co и Sn0,7Cu0,05Ni**

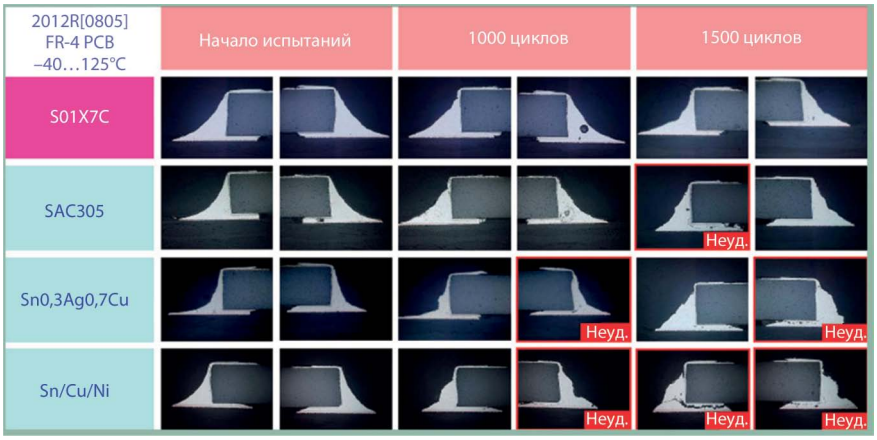


Рис. 3. **Испытания АТС паяных соединений чип-резисторов 0805 в диапазоне –40…125°C для припоев Sn3Ag0,5Cu, Sn0,3Ag0,7Cu, Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co и Sn0,7Cu0,05Ni**

и повторную обработку (BGA/CSP, лудильная ванна/разбрызгиватель припоя, ручная пайка). В настоящее время над соответствующим документом работает группа INEMI Alternative Alloy.

ИСПЫТАНИЯ НА СТОЙКОСТЬ ПРИПОЕВ С НСС

У тестирования припоев с низким содержанием серебра уже имеется своя история. Первые работы в этом направлении начались в 1992 г. в Великобритании в соответствии с проектом по испытанию бессвинцовых припоев Sn3,5Ag, Sn0,7Cu и Sn2Ag. На основе этих исследований компания Nortel выпустила телефоны Meridian, блоки которых были изготовлены с помощью сплава Sn0,7Cu.

В 2006 г. при переходе на бессвинцовую пайку многие поставщики компонентов стали применять вместо припоев Sn3-4Ag0,5Cu припой-шарики Sn1Ag0,5Cu для монтажа корпусов BGA/CSP, что повысило механическую прочность изделий. По мере дальнейшего роста интереса к использованию припой-шариков с НСС для пайки компонентов BGA/CSP группа INEMI Alternative Alloy приступила в 2009 г. к реализации программы исследований стойкости к термоциклированию припоев Sn3Ag0,5Cu, применяемых в качестве паяльной пасты. Исследования, главным образом, были направлены на изучение влияния серебра и стандартных примесей в припоях на надежность изделий.

В 2007 г. группа INEMI провела исследования припоев с НСС, в т.ч. Sn3Ag0,5Cu, Sn0,7Cu0,05Ni, Sn0,3Ag0,7CuBiX (X — примесь). В том же году JEITA после исследования припоев Sn0,3Ag0,7Cu и Sn1Ag0,7Cu рекомендовала их для пайки волной. Следует заметить, что сплав Sn1Ag0,7Cu соответствует достаточно строгим требованиям к термоциклированию.

В отрасли также проводились сравнительные испытания на разрушение медного покрытия с использованием припоев Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co (Koki S01X7C) и Sn3Ag0,5Cu (SAC305). В этих тестах интерметаллический слой (Cu-Co)6Sn5 был сформирован с помощью сплава Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co, препятствовавшего разрушению меди.

Эксперименты с интерметаллическим слоем проводились и с использованием образцов припоев Sn3Ag0,5Cu, Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co, Sn0,3Ag0,7Cu и Sn0,7Cu0,05Ni во время пайки оплавлением. Угол наклона графика зависимости толщины интерметаллического слоя от продолжительности пайки оплавлением (см. рис. 2) быстрее всего растет у сплавов Sn3Ag0,5Cu (SAC305) и Sn0,3Ag0,7Cu. Интерметаллический слой увеличивается относительно медленно у припоев Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co и Sn0,7Cu0,05Ni.

У чип-резисторов типоразмера 0805 трещины в паяных соединениях возникли после термоциклирования в результате использования припоев Sn0,3Ag0,7Cu (сплав JEITA) и Sn0,7Cu0,05Ni. Применение сплава Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co сопровождалось меньшим процентом брака, как и Sn3Ag0,5Cu (см. рис. 3).

В эксперименте с различными значениями максимальных температур оплавления и времени было установлено, что хорошие паяные соединения чип-резисторов 0805 обеспечивались при температуре 240°C с применением паяльной пасты Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co. Рекомендуется использовать профили оплавления при 240°C и выше с 30-с выдержкой после достижения точки плавления. Визуальный осмотр, изучение поперечного сечения и рентгеноскопический контроль соединений, полученных с помощью припоя Sn0,1Ag0,7Cu0,03Co, позволили сделать вывод о хорошем качестве пайки корпусов QFN, BGA и чип-резисторов.

СТАНДАРТЫ НАДЕЖНОСТИ

Помимо стандартов, действующих в отношении компонентов и плат, требуются стандарты надежности припоев с низким содержанием серебра. Такие стандарты будут разработаны на основе уже существующих спецификаций для свинцово-оловянных и бессвинцовых припоев Sn3Ag0,5Cu.

Совет IPC SPVC (Solder Products Value Council) разработал документ, регламентирующий свойства основных материалов для альтернативных бессвинцовых сплавов с НСС, в котором указано, что целью испытаний является определение:

– состава сплава;
– результатов дифференциальной сканирующей калориметрии (измерения точки плавления);

– паяемости;
– растворимости меди;
– коэффициента температурного расширения;
– напряжения при растяжении;
– динамического модуля упругости.

В настоящее время продолжается разработка совместного документа IPC/INEMI, регламентирующего свойства основных материалов для альтернативных припоев с низким содержанием серебра. INEMI также предлагает рекомендации по механическим испытаниям и АТС-тестированию этих припоев. Рекомендуемые испытания позволяют получить стандартные данные в отношении:

– термической усталости SMT-соединений (0...100°С (АТС), –40...125°С согласно IPC 9701);
– стойкости SMT-соединений к механическим ударам (JESD22-B111);
– результатов испытания на отрыв выводов.

Испытания надежности, описанные в документе INEMI, позволяют установить общие характеристики надежности припоя. Полученные результаты не могут использоваться для определения конкретного назначения припоя вместо тех данных испытаний, которые предоставляют поставщики этой продукции. В то же время производителям электроники рекомендуется проводить прикладные испытания и учитывать их результаты в проектировании изделий, прежде чем применять конкретный припой для их изготовления.

ВЫВОДЫ

Таким образом, обзор бессвинцовых припоев с низким содержанием серебра показал, что они характеризуются не только меньшей стоимостью и в меньшей мере зависят от конъюнктуры цен на мировом рынке драгоценных металлов, но и отличными механическими свойствами по сравнению со сплавом Sn3Ag0,5Cu.

Поскольку у бессвинцовых припоев с НСС, как правило, более высокая температура плавления, следует учитывать обновленные стандарты в отношении номинальных температур для компонентов и плат, в т.ч. J-STD-020 (SMT Components), JEDEC JESD B-106D (Wave and Wave Rework Components), JEDEC JESD22-A111 (Immersion Waved Soldered Components), IPC 4101 (Board Laminate Rating), JEDEC and JEITA Component Warpage Standards (During Reflow) и IPC Board Warpage Standards (During Reflow).

Отрасли предстоит разработать и обновить методы испытаний и стандарты для припоев с низким содержанием серебра, касающиеся:

– данных о физических свойствах;
– данных о надежности;
– производственных испытаний;
– спецификаций на температурные условия для плат и компонентов.

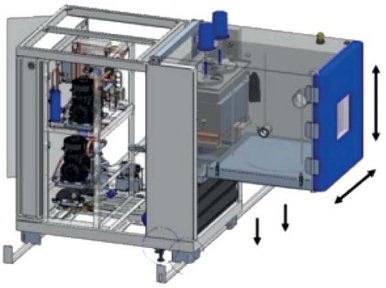
НОВОСТИ РЫНКА

Новое поколение испытательных климатических камер Tira Umweltsimulation

Компания «Универсал Прибор» представляет новое поколение испытательных климатических камер, совмещенных с электродинамическим вибростендом, производства Tira Umweltsimulation (Германия).

Основными особенностями обновленных моделей является:

- широкий диапазон проводимых испытаний:
- диапазон температуры от –70°С до +180°С,
- со скоростью изменения температуры 5°С/мин, 10°С/мин, 15°С/мин,
- диапазон влажности от 10% до 98% RH;
- новый более эргономичный дизайн;
- уникальная функциональная возможность передвижения испытательной камеры горизонтально и вертикально в процессе подготовки к испытаниям.



Таким образом, на сегодняшний день у представителя Tira в России компании «Универсал Прибор», есть возможность предложить отечественным предприятиям уникальное оборудование, которое обеспечит высокотехнологические испытания на надежность, что благотворно скажется на качестве выпускаемых изделий.

www.pribor.ru

НОВОСТИ РЫНКА

Совместные исследования позволили создать гибкие органические светодиодные элементы с высоким (OLED) КПД

Компания Solvay и исследовательский центр Holst Centre продемонстрировали гибкие экраны площадью 69см2 на органических светодиодах (OLED) с высокой световой отдачей. Светоизлучающие экраны большой площади состоят из нескольких основных слоев, нанесенных методом растворения и дополнительных слоев, созданных с помощью вакуумного напыления.

Новая технология органических светодиодов, позволяющая создавать плоские источники рассеянного света, дополняет технологию обычных неорганических светодиодов, использующихся в качестве точечных источников света. В настоящее время органические светодиоды производятся в полупромышленных масштабах путем нанесения нескольких слоев на стеклянную подложку с помощью вакуумного напыления. Специалистам Solvay и Holst-Centre удалось нанести несколько слоев OLED методом растворения, что приближает использование технологий печати для производства органических светодиодов.

Применение технологий печати на гибких подложках позволит создать промышленное производство органических светодиодов для осветительных элементов с новыми характеристиками (малой толщиной, гибкостью и, в потенциале, прозрачностью), которые можно будет встраивать в потолки, стены, окна и т.д.

В дальнейшем планируется продолжить исследования над созданием опытных устройств следующего поколения, включающих большее количество слоев, полученных растворением. Достигнутые результаты свидетельствуют о высоком потенциале органических светодиодов на гибких подложках с высокой светоотдачей и открывают возможности создания недорогих осветительных экранов на основе OLED с помощью растворения.

ostec-group.ru

Международный конгрессно-выставочный проект

НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ТЕХНОЛОГИИ И УСЛУГИ

17-18 апреля 2012

VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ПО СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ

www.glonass-forum.ru

международная выставка

НАВИТЕХ-2012

17-19 апреля 2012

www.navitech-expo.ru

НАВИГАЦИЯ В ВАШЕ БУДУЩЕЕ

Стратегический партнер: НИС ГЛОНАСС

Генеральный партнер: Российские космические системы

Стратегический спонсор: Контент Мастер

Стратегический экспертный партнер: Телематика

Официальный спонсор: NOKIA

Организаторы форума: ПроКонф; ГЛОНАСС/ГНСС Форум

Организатор выставки: Экспоцентр Москва

Генеральный информационный партнер: Россия 24

Официальный информационный партнер: ГЛОНАСС

Генеральный интернет-партнер: BFM.RU

Генеральный радио-партнер: 87,5 Business FM

Генеральный медиа-партнер: Госмедиа

Экспертные партнеры: ГИС Ассоциация; ИТС Россия

ЦВК «Экспоцентр», Москва, Россия