



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-0023-12

Výskum nových spájkovacích zliatin pre beztavivové spájkovanie s využitím lúčových technológií a ultrazvuku

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Roman Koleňák, PhD.**

Príjemca

**Slovenská technická univerzita v Bratislave,
Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave, Ulica Jána
Bottu č. 2781/25**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Ústav výrobných technológií, Materiálovotechnologická fakulta STU so sídlom v Trnave
2. PRVÁ ZVÁRAČSKÁ, a.s. Bratislava
- 3.
- 4.
- 5.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Česká republika
2. CAMEX, spol. s r.o., Měšice, Česká republika
3. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Česká republika

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

1. KOLEŇÁK, Roman - MARTINKOVIČ, Maroš. Mäkká spájka na báze bizmut-striebro s prídavkom lantánu: prihláška patentu č. 70-2014, dátum podania prihlášky: 09.10.2014, zverejnená prihláška patentu: 07.01.2015, udelenie patentu č. 288485, Banská Bystrica: Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2017.
2. KOLEŇÁK, Roman. Mäkká aktívna spájka a spôsob spájkovania: prihláška patentu č. 5011-2016, dátum podania prihlášky: 28.04.2016, dátum zverejnenia: 05.09.2016, Vestník ÚPVSR 9/2016. Banská Bystrica: Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2016. 6 s.
3. KOLEŇÁK, Roman - KAPUSTOVÁ, Mária - BÍLIK, Jozef. Prípravok na zhotovenie skúšobnej vzorky na meranie zmáčavosti spájok a skúšobná vzorka: prihláška patentu č. 5030-2016, dátum podania prihlášky: 20.10.2016, stav: zverejnená, dátum zverejnenia prihlášky: 02.02.2017, Vestník ÚPV SR č. 02/2017. Banská Bystrica: Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2016. 8 s.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. KOLEŇÁK, Roman – PRACH, Michal: Research of Joining Brittle Nonmetallic Materials with an Active Solder. IF: 1.299, registrovaný: Current Contents, Web of Science, Master Journal List, Scopus. In: Advances in Materials Science and Engineering, ISSN 1687-8434, Volume 2014 (2014), s.[9].
2. KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor.: Study of direct bonding ceramics with metal using Sn₂La solder. IF: 1,299, registrovaný: Current Contents, Web of Science, Master Journal List, Scopus. In: Advances in Materials Science and Engineering. Vol. 2015, Article ID 269167 (2015), [13] p. ISSN 1687-8434. V databáze: DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/269167>.
3. HODÚLOVÁ, Erika - ŠIMEKOVÁ, Beáta - KOVAŘÍKOVÁ, Ingrid . Structural changes of the IMC in lead free solder joints. IF: 0.713, registrovaný: Current Contents, Web of Science, Master Journal List, Scopus. In: Materials transactions. Vol. 56, No. 7 (2015), s. 1043-1046. ISSN 1345-9678.
4. KOLEŇÁK, Roman - KOSTOLNÝ, Igor - SAHUL, Martin. Direct bonding of silicon with solders type Sn-Ag-Ti. IF: 1.460, In Soldering and Surface Mount Technology. Vol. 28, Iss. 3 (2016), s. 149-158. ISSN 0954-0911. V databáze: SCOPUS: DOI: [10.1108/SSMT-11-2015-0040](https://doi.org/10.1108/SSMT-11-2015-0040); Web of Science; MLJ: Current Contents:000382170800004.
5. KOLEŇÁK, Roman: Study of direct soldering of silicon and copper substrate by use of Bi-based solders with lanthanides addition. IF: 1,460, In Soldering and Surface Mount Technology. Vol. 29 Iss. 3 (2017), s.121-132, ISSN 0954-091, <https://doi.org/10.1108/SSMT-08-2016-0018>.

Uplatnenie výsledkov projektu

Navrhnuté a vyrobené spájkovacie zliatiny sú v kombinácii s ultrazvukovou aktiváciou vhodné na priame spájkovanie keramických a iných ťažko spájkovateľných materiálov bez použitia povlakovania a bez použitia taviva. Spájky na báze Zn a Bi sú perspektívnou náhradou spájok za olovnaté spájky pre vyššie aplikačné teploty. Uplatnenie môžu nájsť v elektronickom, elektrotechnickom, ale aj automobilovom priemysle. Môžu sa použiť pri postupnom spájkovaní.

CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Navrhnutých a experimentálne pripravených bolo viacero druhov spájkovacích zliatin na báze Zn, Bi ale aj Sn. Spájky boli za účelom univerzálneho použitia pre spájkovanie kovových aj keramických a iných ťažkospájkovateľných materiálov legované aktívnym kovom hlavne In, Mg, Al, Ti a La, ktoré majú silnú chemickú afinitu s kyslíkom. Aktívne kovy pri použití progresívnych technológií spájkovania s ultrazvukovou aktiváciou umožňujú priame beztavivové spájkovanie kovových aj keramických materiálov. Patentová prihláška bola podaná na dva typy spájkovacích zliatin. Jedna patentovaná zliatina je na báze Bi-Ag s prídavkom lantánu, kde bola tiež úspešne obhájená dizertačná práca. Spájka Bi-Ag-La bola testovaná na novonavrhnutej hybridnej technológii spájkovania laser-ultrazvuk. Spájka Bi-Ag-La zmáčala substráty Al₂O₃ aj ZrO₂. Zmáčanie substrátu ZrO₂ bolo výrazne lepšie s uhlom zmáčania 45,5°. Pri substráte Al₂O₃ sa za rovnakých podmienok dosiahol uhol zmáčania 73°. Pri oboch substrátoch nebol na rozhraní pozorovaný vznik novej prechodovej fázy, alebo kontaktnej medzivrstvy. Spoj mal adhézny charakter. Pevnosť v šmyku spojov so spájkou Bi-Ag-La dosahuje podľa druhu materiálu hodnoty od 10 do 27 MPa. Druhá patentovaná spájkovacia zliatina je na báze Zn-In-Mg. Mikroštruktúra spájky je tvorená maticou s čistým Zn. Na hraniciach zrn sú vylúčené fázy MgZn₂ a tuhý roztok β-In. Najlepšie výsledky sa dosiahli pri spájkovaní ultrazvukom na kremíkovom substráte kde sa zistili dva odlišné mechanizmy vzniku spoja. Indium s kremíkom vytvára adhézny spoj a horčík s kremíkom difúzny spoj. Pevnosť v šmyku spájok typu Zn-In-Mg je od 31 do 58 MPa.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku

(max. 20 riadkov)

Several types of soldering alloys based on Zn, Bi but also Sn were designed and experimentally prepared. With the aim of versatile application for soldering the metallic but also ceramic and other hard-to-solder materials, these solders were alloyed with an active metal, mainly In, Mg, Al, Ti and La, which exert a high chemical affinity to oxygen. In application of progressive soldering technologies with ultrasonic activation, the active metals allow a direct, flux-free soldering of both, metallic and ceramic materials. The patent application for two types of soldering alloys was filed. One of the patented alloys is based on Bi-Ag with a small amount of lanthanum addition, on which also a thesis was successfully defended. The Bi-Ag-La solder was tested with a new-developed hybrid soldering technology making use of laser-ultrasound combination. The Bi-Ag-La solder has wetted the Al₂O₃ and ZrO₂ substrates. Wetting of ZrO₂ was significantly better, with the wetting angle of 45.5°. By use of Al₂O₃ substrate, the wetting angle of 73° was achieved at the same soldering conditions. Neither formation of a new transition phase, nor a contact interlayer were observed with application of both substrates. The bond was of adhesion character. The shear strength of joints fabricated with Bi-Ag-La solder attains the values from 10 to 27 MPa, depending on material type. The second patented soldering alloy is based on Zn-In-Mg. Solder microstructure is formed of a matrix of pure Zn. The MgZn₂ phases and β-In solid solution are precipitated on the grain boundaries. The best results were achieved with ultrasonic soldering on a silicon substrate, where two different mechanisms of bond formation were observed. Indium forms an adhesive bond with silicon and magnesium forms a diffusion bond with silicon. The shear strength of solders type Zn-In-Mg varies from 31 to 58 MPa.

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

Zodpovedný riešiteľ

prof. Ing. Roman Koleňák, PhD.

V Trnave 03. 07. 2017

Štatutárny zástupca príjemcu

prof. Ing. Robert Redhammer, PhD.

V Bratislave

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu