



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40600 (13) U
(51) МПК (2009)
B23K 28/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ЗВАРЮВАННЯ В ТВЕРДІЙ ФАЗІ В ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОМУ ПОЛІ З'ЄДНАНЬ КРЕМНІЙ-СКЛО-КРЕМНІЙ

1

2

(21) u200714643

(22) 24.12.2007

(24) 27.04.2009

(46) 27.04.2009, Бюл.№ 8, 2009 р.

(72) ОЛЕКСІЄНКО СЕРГІЙ ВЛАДИСЛАВОВИЧ, UA

(73) ОЛЕКСІЄНКО СЕРГІЙ ВЛАДИСЛАВОВИЧ, UA

(57) Спосіб зварювання в твердій фазі в електро-статичному полі з'єднань кремній-скло-кремній зі зміною полярності в процесі зварювання, який **відрізняється** тим, що процес здійснюється за один цикл із забезпеченням рівномірності обох

зварних з'єднань кремній-скло за рахунок підведення до кремнієвих мембран електродів для прикладення позитивного потенціалу, а до бокової поверхні скляної деталі - хомутового електрода для прикладення негативного потенціалу, нагрівання багатшарового з'єднання до температури зварювання, ізотермічної витримки, почергової подачі електричної зварювальної напруги на кожну із границь кремній-скло шляхом перемикання позитивного потенціалу з однієї кремнієвої мембрани на другу.

Корисна модель відноситься до формування нероз'ємних з'єднань монокристалічного кремнію з боросилікатним склом і може бути використана при виробництві напівпровідникових датчиків тиску в приладобудівній промисловості.

Для зварювання даної пари матеріалів перспективним є спосіб зварювання в твердій фазі, який може здійснюватись в атмосфері повітря, при невисоких температурах (наприклад, нижче температури плавлення евтектики кремній-алюміній), з використанням незначних зовнішніх зусиль стиснення та з прикладенням електростатичного поля високої напруги. В основу процесу покладені нагрів матеріалів, поверхні яких відполіровані, і прикладення високої електричної напруги, причому повинна дотримуватись полярність: на кремнієву деталь подається "плюс", а на скляну деталь - "мінус" [Хоменко Н.Н. Технология и оборудование получения сварно-паяных соединений кремния и кобальта со стеклом: Дис. ... канд. техн. наук: 05.03.06. - Чернигов, 1985. - 210 с]. Відмінною особливістю способу є можливість його застосування для зварювання матеріалів, один із яких повинен бути діелектриком, що включає оксиди лужних матеріалів (боросилікатне скло).

До основних типів датчиків тиску відноситься кремнієвий ємнісний датчик тиску [Pat. 2107472 USA, INT CL³ G01L9/12. Electrostatic Bonded, Silicon Capacitive Pressure Transducer: Pat. 2107472 USA, INT CL³ G01L9/12 D.S.Wise (USA); United Technologies Corporation (USA-Delaware). -

№8228253; Date of filing 04 Oct 1982; Application published 27 Apr 1983.-3 p.]. Він складається з двох кремнієвих мембран, що з'єднуються між собою боросилікатним склом, яке необхідне для покращення діелектричних властивостей між пластинами конденсатора. Датчик має металізацію на протилежних зовнішніх поверхнях, необхідну для його електричного з'єднання з приладами реєстрації сигналу.

Як вказується в [Хоменко Н.Н. Технология и оборудование получения сварно-паяных соединений кремния и кобальта со стеклом: Дис. ... канд. техн. наук: 05.03.06. - Чернигов, 1985. - 210 с], всі явища, що відбуваються при зварюванні кремнію зі склом, пов'язані з рухомістю іонів натрію. В процесі електролізу скла під дією електричного поля в прианодній області скла, що безпосередньо прилягає до аноду, залишаються нескомпенсовані заряди аніонів кисню ($\text{Na}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na} + \text{O}^{2-}$), які беруть участь в утворенні з'єднання скла з кремнієм на основі окислювальних процесів. До від'ємного електроду виходять позитивно заряджені іони Na^+ і нейтралізуються на поверхні скла, утворюючи на ньому шар гідроксиду, який при подальшому зварюванні з'єднання кремній-скло з другою кремнієвою мембраною розтраплює зону зварювання, тобто погіршує якість зварювання.

Найбільш близьким до корисної моделі, що пропонується, є зварювання в твердій фазі в електростатичному полі з'єднань кремній-скло-кремній зі зміною полярності в процесі зварювання [Шли-

(19) UA (11) 40600 (13) U

фер С.Э., Косогоров В.М. Состояние и перспективы диффузионной сварки в электростатическом поле (ДС в ЭСП) со сменой полярности многослойных структур "стекло-полупроводник" // Тезисы докладов тринадцатой всесоюзной научно-технической конференции "Достижения и перспективы диффузионной сварки". - М., 1990. - С. 17-18], суть якого полягає у наступному.

Деталі із напівпровідника встановлюють у контакт з деталлю з боросилікатного скла та розміщують їх у зварювальній камері. Потім до деталі із напівпровідника прикладають позитивний потенціал, а до скляної деталі - негативний. Деталі нагрівають до температури зварювання, здійснюють ізотермічну витримку і прикладають електричну зварювальну напругу. Після зварювання деталі охолоджують і з вільної сторони скла механічною обробкою видаляють шар, перенасичений лужними елементами. Отримане з'єднання напівпровідник-скло складають з другою деталлю із напівпровідника, при цьому негативний потенціал залишають на склі, нагрівають до температури зварювання, здійснюють ізотермічну витримку і прикладають електричну зварювальну напругу. Після зварювання отримане багатощарове з'єднання охолоджують та виймають із камери.

Недоліком такого способу є виготовлення вузла за два цикли, що, в свою чергу, є причиною високого проценту відбракування виробів при поетапному поліруванні скла, яке проводиться з метою видалення шару скла, збагаченого натрієм.

Автори роботи [Шлифер С.Э., Косогоров В.М. Диффузионная сварка в электростатическом поле алюминия со стеклом // Автоматическая сварка. - 1991- №9. - С. 51-53] запропонували спосіб захисту зворотної сторони скляної деталі від виходу лужних іонів. Спосіб здійснюється таким чином. Попередньо на поверхню лужного скла, що підлягає зварюванню після зварювання з металом першої поверхні, наносять захисний шар двооксиду кремнію. Скло розміщують між поверхнями металевих деталей, здавлюють їх, нагрівають до температури зварювання та прикладають до них постійну електричну напругу, полярність якої змінюють у процесі зварювання. Завдяки нанесенню захисного шару двооксиду кремнію запобігається вихід іонів натрію на поверхню скла та утворення на ньому шару гідроксиду натрію, який розтравляє зону з'єднання та знижує якість. Зварювання здійснюється за одну технологічну операцію, що дозволяє підвищити продуктивність процесу. Однак, як вказується в даній роботі, дана технологія має високу вартість.

У роботі [Таиров В.Н., Озолс А.Р., Пщелко Н.С. Физические основы, расчет и применение необратимого электроадгезионного соединения твердых тел / Ин-т орган, синтеза АН Латв. ССР. - Рига, 1989. - 61 с] при зварюванні пари віконне скло-алюмінієва фольга вказується на те, що при витримці вже отриманого з'єднання під напругою зворотної полярності при тій же температурі, міц-

ність з'єднання суттєво знижується в початковий момент часу. При значному часі витримки міцність для даної пари матеріалів знижується приблизно на 40%.

На таке ж зниження міцності з'єднань при їх витримці під напругою зворотної полярності вказується і у роботі [Рассказов А.Н., Гордиенко М.М., Косогоров В.М. Технология электростатического соединения кремниевой мембраны с металло-стеклянным корпусом // Достижения и перспективы развития диффузионной сварки. - МДНТП им. Ф.Э. Дзержинского, 1987.- С. 119-123]. В роботі також вказується на утворення луку на катоді в результаті виділення на ньому лужних металів і їх реакції з вологою атмосфери.

Мета корисної моделі - розробка технології зварювання в твердій фазі вузлів кремній-скло-кремній, що дозволяє забезпечити рівномірність обох зварних з'єднань у вузлах.

Дана мета досягається проведенням процесу зварювання з'єднань кремній-скло-кремній за один цикл за рахунок прикладення негативного потенціалу до скла з бокової поверхні за допомогою хомутного електрода та по черговій подачі електричної зварювальної напруги на кожну із границь кремній-скло. Передумовою для цього є використання хомуткових електродів автором роботи [Wallis G. and Pomerantz D.L Field Assisted Glass-Metal Sealing // Journal Applied Physics. - 1969. - Vol. 40, №10. - P. 3946-3949] для отримання зварних з'єднань трубчатих скляних деталей з металом.

Отримання багатощарового з'єднання типу кремній-скло-кремній здійснюється за схемою, зображеною на фіг. Кремнієві мембрани 1 та 3 встановлюються у контакт зі скляною деталлю 2 та розміщуються в зварювальній камері. Потім до кремнієвих мембран підводяться електроди для прикладення позитивного потенціалу, а до бокової поверхні скляної деталі - хомутний електрод для прикладення негативного потенціалу. Зібраний вузол нагрівається до температури зварювання і здійснюється ізотермічна витримка. Після неї подається зварювальна напруга на першу кремнієву мембрану і скло, проводиться зварювання першої границі кремній-скло, а потім позитивний потенціал перемикається на другу кремнієву мембрану і проводиться зварювання другої границі кремній-скло. Після зварювання отримане багатощарове з'єднання охолоджують та виймають із камери.

Дана корисна модель дозволяє здійснювати зварювання в твердій фазі в електростатичному полі з'єднань кремній-скло-кремній за один цикл. Запропоновані температура зварювання $T_{зв} = 673$ К, час, протягом якого здійснюється дія електричної зварювальної напруги, $t_{зв} = 60-1200$ с, $j_{лік}$ - пікове значення густини струму зварювання від 10 мкА/мм до 50 мкА/мм дозволяють досягти міцності обох зварних з'єднань кремній-скло не нижче 12 МПа із забезпеченням вакуумної щільності не гірше $1 \cdot 10^{-10}$ л.мм.рт.ст. $^{-1}$.

