

Винахід стосується області високотемпературної надпровідності, а саме надпровідного матеріалу і може бути застосований у електротехніці, машинобудуванні, кріотехніці та інших галузях.

Надпровідний матеріал на основі  $MgB_2$  може забезпечити більш високу операційну температуру й більш високу швидкість електронних приборів, ніж існуюча електроніка, заснована на ніобії. Одержання дибориду магнію вимагає менших витрат порівнянню з самим високотемпературним керамічним надпровідником на основі оксиду міді.

Відомий надпровідний матеріал  $MgB_2$  (див. стат. Kijoon H.P. Kim, W.N. Kang, Mun-Seog Kim, C.U. Jung, Hyeong-Jin Kim, Eun-Mi Choi, Min-Seok Park & Sung-Ik Lee. Origin of the high DC transport critical current density for the  $MgB_2$  superconductor, cond-mat/0103176), для отримання якого полікристалічний зразок (4,5мм у діаметрі і висотою 3,3мм) надпровідного матеріалу  $MgB_2$  синтезують при тиску 3ГПа і температурі 950°C.

Недоліками даного надпровідного матеріалу є недостатньо високі надпровідні властивості: густини критичного струму ( $j_c$ ) 400кА/см<sup>2</sup> у магнітному полі 1Тл при 10К, 180кА/см<sup>2</sup> у магнітному полі 2Тл при 10К, 180кА/см<sup>2</sup> у магнітному полі 1Тл при 20К, та 60кА/см<sup>2</sup> у магнітному полі 2Тл при 20К. Це відбувається тому, що домішковий ненадпровідний оксид магнію кристалізується у вигляді великих зерен що призводить до зниження надпровідних властивостей  $MgB_2$ , оскільки зерна такого розміру значно більші за довжину когерентності і тому не можуть бути центрами пінінгу магнітного потоку, а присутність ненадпровідної фази у надпровідній, як правило, веде до зменшення густини критичного струму.

Найбільш близьким до запропонованого є надпровідний матеріал, що містить диборид магнію, оксид магнію, та як танталовмісний матеріал гідрид танталу при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

диборид магнію	74,5...97,5;
гідрид танталу	1,0...25,0;
оксид магнію	залишок

(див. патент України №49480, МПК7 B22F3/14, опублікований 16.09.2002. Бюл. №9), який теж передбачає додавання порошкоподібного танталу та синтез порошкоподібної суміші вихідних компонентів при високих тисках 1...2 ГПа, температурі 780...820°C протягом 0,9...1,2 години. Завдяки додаванню порошкоподібного танталу, який є активним по відношенню до гідрогену і сприяє інтенсивній і повній дисоціації молекул домішки  $H_2BO_3$ , що міститься у вихідному борі, і таким чином веде до утворення активних іонів  $BO_3^{3-}$ , які легко вступають у взаємодію з Mg, що спричиняє утворення дрібнодисперсних включень фази MgO. Ці фази оксиду магнію зростаються площинами (111) з площинами (0001) фази  $MgB_2$  і відіграють роль активних центрів пінінгу магнітного потоку, що і призводить до поліпшення надпровідних характеристик. Отже ненадпровідна, але дрібнодисперсна розповсюджена домішка MgO сприяє зростанню густини критичного струму і поля необоротності. У разі відсутності Ta домішка MgO кристалізується у вигляді великих зерен і призводить до зниження надпровідних характеристик.

В основу винаходу покладено завдання такого удосконалення складу надпровідного матеріалу, при якому за рахунок наявності в ньому дитантал моногідриду і додатково магнію забезпечується поліпшення надпровідних властивостей, а саме густини критичного струму.

Для рішення цього завдання надпровідний матеріал, що містить диборид магнію, оксид магнію та танталовмісний матеріал, згідно винаходу як танталовмісний матеріал він містить дитантал моногідрид і додатково магній при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

диборид магнію	67,95...90,95;
оксид магнію	7,0...10,0;
дитантал моногідрид	1,05...20,05;
магній	залишок.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю ознак, що заявляється і технічними результатами, які досягаються при її реалізації, полягає у наступному. При додаванні Ta сполуки  $MgH_2$  були відсутні у матричній фазі, а монокристалічні включення  $MgB_2$ ; не вміщували нітроген та мали зменшений вміст кисню, він не взаємодіяв з Mg і B в процесі синтезу. Дані факти дали змогу зробити висновок про те, що завдяки додаванню порошкоподібного Ta відбувається адсорбція домішок гідрогену та ін. газів в процесі синтезу і утворення сполуки  $Ta_2H$ , що сприяє зростанню густини критичного струму матеріалів на основі  $MgB_2$ . Було помічено, що матеріали з вищим рівнем густини критичного струму вміщували деяку кількість незв'язаного магнію, в них була більшою густина включень монокристалів  $MgB_2$ , а стехіометрія включень була зміщена в бік  $MgB_{2+x}$ , тобто в них спостерігався підвищений вміст бору.

У разі відсутності Ta домішка MgO кристалізується у вигляді великих зерен і приводить до зниження надпровідних характеристик.

#### Приклад 1

Ретельно змішуючи порошкоподібні магній та бор у стехіометричному співвідношенні  $MgB_2$  з додаванням порошкоподібного танталу у кількості 10мас.%, виготовляємо пресовки у вигляді таблеток діаметром до 30мм, висотою до 20мм. Після попереднього пресування зразки загортаються у Ta фольгу і вміщуються у середовище диоксиду цирконію або гексагонального нітриду бору, а потім у стандартну комірку високого тиску, де створюються термобаричні умови; синтез здійснювали при тиску 2,0ГПа, температурі 800°C протягом 1 години. Синтезовані зразки мають таке співвідношення компонентів, мас.%: дибориду магнію 79,15, дитантал моногідриду 10,05, оксиду магнію 9 та магнію 1,8. Вони мають вищу порівняно з прототипом густину критичного струму та поле необоротності (див. Таблицю, додається), які визначали на основі вимірювання кривих намагнічення (з використанням моделі Біна у випадку визначення густини критичного струму) зразків за допомогою вібраційного магнітометра Oxford Instruments 3001 з точністю 2-5%.

Аналогічним шляхом було виготовлено пресовки іншого хімічного складу, при граничних значеннях всіх пропонованих параметрів (прикладі 2-4) і за їх межами (прикладі 5-6), а також за аналогом (приклад 7) і за прототипом (приклад 8).

Як видно з таблиці, саме у пропонованих кількостях порошкоподібного танталу, що додавався, забезпечується збільшення надпровідних властивостей: густини критичного струму ( $j_c$ ): в 1,4 рази у магнітному полі 1Тл при температурі 10К, у 2,3 рази у магнітному полі 2 Тл при температурі 10К, у 3 рази у магнітному полі 3 Тл при температурі 10К, у 1,9 рази у магнітному полі 1Тл при температурі 20К, у 2,7 рази у магнітному полі 2Тл при температурі 20К, у 5,5 раз у магнітному полі 3Тл при температурі 20К, у 4,7 рази у магнітному полі 1Тл при температурі 30К, у 7,5 раз у магнітному полі 2Тл при температурі 30К та у 8 раз у магнітному полі 3Тл при температурі 30К.

Доведено, що отримані зразки мають вищі надпровідні властивості.

Таблиця

Додаток

Об'єкт випробування	№ п/п	Кількість фаз, що входять до складу надпровідного матеріалу, мас. %					Режим синтезу			Показники ефективності									При мітка
										При температурі 10К			При температурі 20			При температурі 30К			
		Диборид магнію	Оксид магнію	Дитантал моногідрид	Гідрид танталу	Магній	Тиск, ГПа	Температура, °С	Час, годин	Густина критичного струму, J <sub>c</sub> , кА/см <sup>2</sup>			Густина критичного струму, J <sub>c</sub> , кА/см <sup>2</sup>			Густина критичного струму, J <sub>c</sub> , кА/см <sup>2</sup>			
										у магнітному полі 1Тл	у магнітному полі 2Тл	у магнітному полі 3Тл	у магнітному полі 1Тл	у магнітному полі 2Тл	у магнітному полі 2Тл	у магнітному полі 1Тл	у магнітному полі 2Тл	у магнітному полі 3Тл	
Пропонований надпровідний матеріал	1	79,15	9	10,05	-	1,8	2	800	1	438	299	178	238	115	43	17	0,62	0,03	
	2	88,45	8	2,05	-	1,5	2	900	1	566	403	214	351	163	50	38	0,76	0,04	
	3	90,95	7	1,05	-	1	2	800	1	425	214	125	217	106	36	15	0,5	0,02	
	4	67,95	10	20,05	-	2	2	800	1	478	255	196	168	123	32	13	0,41	0,01	
	5	94	5	0,5	-	0,5	2	800	1	268	115	45	96	46	5	2	0,02	0	Розклався
	6	55	12	30	-	3	2	800	1	182	93	23	83	42	2	3	0	0	
Матеріал за аналогом	7	-	-	-	-	-	3	950	-	400	180	70	180	60	9	8	0,1	0,005	
Матеріал за прототипом	8	96,5	1,5	-	2	-	2	800	1	161	83	42,8	62,3	26,2	14,9	11,5	0,17	0,003	