



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **49682** (13) **U**
(51) МПК (2009)
G01N 24/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПЕКТРОМЕТР ЯДЕРНОГО МАГНІТНОГО РЕЗОНАНСУ

1

2

(21) u200911034

(22) 02.11.2009

(24) 11.05.2010

(46) 11.05.2010, Бюл.№ 9, 2010 р.

(72) АЛЕКСЕЄВ АНАТОЛІЙ ДМИТРОВИЧ, САПУНОВ ЄВГЕН ПАВЛОВИЧ, КОСТЕНКО ІГОР ГРИГОРОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ ФІЗИКИ ПІРНИЧИХ ПРОЦЕСІВ НАН УКРАЇНИ

(57) Спектрометр ядерного магнітного резонансу, що містить коливальний контур автодина, автодин, детектор сигналу поглинання, фазочутливий детектор, модулятор і пристрій, що реєструє, причому вихід модулятора підключений до першого входу фазочутливого детектора, вихід якого з'єднаний із першим входом пристрою, що реєструє, який **відрізняється** тим, що в нього додатково введені перший і другий регульовані фазообертачі, підсилювач високої частоти, генератор розгортки, блок автоматичного регулювання рівня генера-

ції й чотири розділові резистори, при цьому до першого входу автодина через розділовий резистор і перший регульований фазообертач підключений вихід модулятора, а до другого входу автодина через розділовий резистор підключений вихід другого регульованого фазообертача, вхід якого через змінний резистор установлення напруги компенсації з'єднаний з виходом першого регульованого фазообертача, причому вихід автодина з'єднаний із входом підсилювача високої частоти, а вихід останнього - із входом детектора сигналу поглинання, що з'єднаний виходом із другим входом фазочутливого детектора, а також із входом блока автоматичного регулювання рівня генерації, підключеного виходом через розділовий резистор до другого входу автодина, а вихід генератора розгортки підключений до другого входу пристрою, що реєструє, і через розділовий резистор до першого входу автодина.

Корисна модель належить до техніки радіоспектроскопії й може бути використана для досліджень в області фізики твердого тіла, наприклад для вивчення складу й властивостей кам'яних вугіль методом ЯМР -спектроскопії широких ліній.

Відомий спектрометр ядерного магнітного резонансу (ЯМР), що описаний у статті Андерсена, Сендфорта, Стоуна «Следящий автодин, працюючий при низькому рівні сигналу й призначений для измерения локального магнитного поля при низьких температурах» ПНИ, 1972, №8, с. 61. Спектрометр містить систему автоматичного регулювання рівня височастотного сигналу, який включає автодин, підсилювач високої частоти, детектор сигналу поглинання, фазочутливий детектор, блок автоматичного спостереження й пошуку сигналу ЯМР. У спектрометрі передбачається наявність котушок модуляції магнітного поля.

До недоліків відомого спектрометра ЯМР можна віднести низьку чутливість, пов'язану з наявністю в ньому котушок модуляції. Відомо, що котушки

модуляції завжди погіршують однорідність магнітного поля і є джерелами різного роду перешкод (механічних і електричних) для контуру з резонуючою речовиною.

Відомий ЯМР магнітометр (принцип побудови аналогічний спектрометру), описаний в а.с. СРСР № 834623, G01N33/00, G01N24/00, опуб. 30.05.81 р. Бюл. 20. ЯМР магнітометр містить автодин, детектор сигналу поглинання, режекторний фільтр, вибірний підсилювач, два послідовно з'єднаних фазочутливих детектори, модулятор і подвоювач частоти, систему пошуку й спостереження за лінією ЯМР. У магнітометрі замість модуляції поля застосована модуляція частоти, що неминуче супроводжується паразитною амплітудною модуляцією, яка виникає внаслідок частотної залежності ланцюгів зворотного зв'язку й добротності контуру зі зразком. Для її подавлення служить режекторний фільтр, а подальша обробка корисного сигналу здійснюється по другій гармоніці частоти модуляції.

(13) **U**

(11) **49682**

(19) **UA**

До недоліків цього пристрою варто віднести низьку чутливість, обумовлену малою амплітудою другої гармоніки в порівнянні з рівнем сигналу ЯМР, одержуваного на основній частоті модуляції.

Найближчим за технічною суттю до спектрометра що заявляється, є спектрометр ЯМР із частотною модуляцією, описаний в а.с. СРСР № 828043, G01N24/08, опуб. 07.05.81 р. Бюл. № 17. Пристрій містить автодин, два модулюючих генератори, детектор сигналу поглинання, вибірний підсилювач, перший фазочутливий детектор, послідовно з'єднані смуговий фільтр і другий фазочутливий детектор, реєстраційний пристрій.

Недоліком пристрою є наявність двох генераторів, що модулюють, з далеко віддаленими частотами, що звужує коло досліджуваних речовин з різними часами релаксації, а два послідовно включених фазочутливих детектора й смугові фільтри погіршують точність вимірів.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення спектрометра ядерного магнітного резонансу шляхом зміни його конструкції, що дозволить підвищити чутливість і точність вимірів з одночасним розширенням кола досліджуваних речовин.

Дана задача вирішується за рахунок того, що в спектрометрі ядерного магнітного резонансу, який містить коливальний контур автодина, автодин, детектор сигналу поглинання, фазочутливий детектор, модулятор і пристрій, що реєструє, причому вихід модулятора підключений до першого входу фазочутливого детектора, вихід якого з'єднаний з першим входом пристрою, що реєструє, відповідно до корисної моделі в спектрометр додатково уведений перший і другий регульовані фазообертачі, підсилювач високої частоти, генератор розгортки, блок автоматичного регулювання рівня генерації й чотири розділові резистори, при цьому до першого входу автодина через розділовий резистор і перший регульований фазообертач підключено вихід модулятора, а до другого входу автодина через розділовий резистор підключений вихід другого регульованого фазообертача, вхід якого через змінний резистор установлення напруги компенсації з'єднаний з виходом першого регульованого фазообертача, причому вихід автодина з'єднаний із входом підсилювача високої частоти, а вихід останнього - із входом детектора сигналу поглинання, що з'єднаний виходом із другим входом фазочутливого детектора, а також із входом блока автоматичного регулювання рівня генерації, підключеного виходом через розділовий резистор до другого входу автодина, а вихід генератора розгортки підключений до другого входу пристрою, що реєструє, і через розділовий резистор до першого входу автодина.

У запропонованому спектрометрі частота генератора, що модулює, узята низькою, придатною для речовин з великими й малими часами релаксації. Використання компенсаційного методу придушення паразитної амплітудної модуляції при модуляції частоти шляхом подачі адитивної суміші з напруги компенсації й напруги автоматичного регулювання рівня генерації на другий вхід автодина дозволяє відмовитися від модуляції поля, що

приводить до зменшення шкідливих наведень і шумів, а значить і до підвищення чутливості, даючи при цьому можливість використовувати один синхронний детектор, на відміну від прототипу, де наявність двох генераторів, що модулюють, з далеко віддаленими частотами звужує коло досліджуваних речовин з різними часами релаксації, а два послідовно включених фазочутливих детекторів й смугові фільтри погіршують точність вимірів.

Спектрометр ЯМР, який заявляється, представлений на кресленні у вигляді блок-схеми.

Пристрій містить коливальний контур автодина 1, автодин 2, підсилювач високої частоти 3, детектор сигналу поглинання 4, блок автоматичного регулювання рівня генерації 5, розділові резистори 6, 7, 8, 9, модулятор 10, перший регульований фазообертач 11, фазочутливий детектор 12, генератор розгортки 13, пристрій 14 що реєструє, другий регульований фазообертач 15, змінний резистор установлення напруги компенсації 16. Блоки 1 - 8 і 10 - 14 є невід'ємними складовими частинами спектрометра ЯМР, кожний з них, у свою чергу, може бути виконаний у різний спосіб.

Спектрометр працює таким чином.

Зразок досліджуваної речовини розміщують у встановленому між полюсами постійного магніту коливальному контурі 1 автодина 2 - генератора слабких високочастотних коливань, що модулюється по частоті й амплітуді, має лінійне протягання частоти й автоматичне регулювання рівня генерації.

Частотнозалежне поглинання електромагнітної енергії при ядерному магнітному резонансі в досліджуваному зразку обумовлює амплітудну модуляцію коливань автодина 2, які після посилення підсилювачем високої частоти 3 детектуються детектором сигналу поглинання 4, на виході якого поряд із корисним сигналом, що несе інформацію про спектр і що подається на вхід блока автоматичного регулювання рівня генерації 5 і фазочутливого детектора 12, є присутнім і сигнал-перешкода із частотою модуляції, яка більше корисного сигналу по амплітуді, оскільки частотна модуляція автодина неминуче супроводжується паразитною амплітудою, джерелом якої є частотна залежність ланцюгів зворотного зв'язку, добротності контуру й втрат у досліджуваному зразку.

Для модуляції й частотного проходження області резонансу через резистори 7 і 8 в автодин 2 надходить сума пилкоподібної напруги з генератора розгортки 13 і синусоїдальної низькочастотної напруги з модулятора 10, що подається через регульований фазообертач 11, яка також подана в якості опорної на фазочутливий детектор 12. Пилкоподібна напруга генератора розгортки 13 надходить і на пристрій, що реєструє 14, куди подається й напруга з виходу фазочутливого детектора 12.

Для стабілізації рівня генерації й компенсації перешкоди паразитної амплітудної модуляції в автодин 2 через резистори 6 і 9 надходить сума вихідної напруги блока автоматичного регулювання рівня генерації 5 і низькочастотної напруги, що модулює, рівень і фаза якої скоректовані резистором 16 і фазообертачем 15 так, що паразитна ам-

плітудна модуляція повністю компенсується на всьому протязі спектра.

Таким чином, запропонований компенсаційний метод ліквідації паразитної амплітудної модуляції, реалізований введенням у схему спектрометра

фазообертача 15 і двох резисторів 9 і 16, простий у виконанні, призводить до підвищення чутливості і розширенню можливостей пристрою по дослідженню речовин із широким діапазоном часів релаксації.

