

СЕНСОРИ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

PHYSICAL SENSORS

УДК 621.373.121.11, 539.143.43, 539.143.44

АВТОДИННИЙ ДАВАЧ СИГНАЛІВ ЯКР ТА ЯМР

В. В. Браїловський, А. П. Саміла, О. Г. Хандожко

58012, Чернівці, Коцюбинського 2, Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
Кафедра радіотехніки та інформаційної безпеки,
Тел. (+380-3722)-42436, Факс. (+380-3722)-42436
E-mail: brailovsky@ukr.net, asound@ukr.net, khand@chv.ukrpack.net

АВТОДИННИЙ ДАВАЧ СИГНАЛІВ ЯКР ТА ЯМР

В. В. Браїловський, А. П. Саміла, О. Г. Хандожко

Анотація. Розроблений автодинний спін-детектор для спектрометрів неперервної дії ЯКР, ЯМР. Давач працює в частотному діапазоні 2-50 МГц і забезпечує на LC контурі регульований рівень високочастотної напруги в інтервалі 10-500 мВ. Розгортка за частотою здійснюється в межах 300 кГц. Крім частотної модуляції передбачена магнітна модуляція за допомогою котушок Гельмгольца. Максимальна індукція магнітного поля в останніх становить ~ 80 Гс.

Ключові слова: ЯКР, ЯМР, автодин, давач сигналів

THE MARGINAL OSCILLATOR NQR & NMR SIGNALS SENSOR

V. V. Brailovskyi, A. P. Samila, A. G. Khandozhko

Abstract. The marginal oscillator is developed for the spectrometers of continuous action NQR, NMR. A sensor works in a frequency range 2-50 MHz and provides the regulated level of high-frequency tension in the interval of 10-500 mV on LC contour. An involute on frequency is carried out within the limits of 300 kHz. Except the frequency modulation, magnetic modulation is foreseen by the Helmholtz coils. Maximal induction of the field makes in the last ~ 80 Gs.

Keywords: NQR, NMR, marginal oscillator, the sensor of signals

АВТОДИННИЙ ДАТЧИК СИГНАЛІВ ЯКР І ЯМР

В. В. Браїловський, А. П. Саміла, А. Г. Хандожко

Аннотация. Разработан автодинный спин-детектор для спектрометров непрерывного действия ЯКР, ЯМР. Датчик работает в частотном диапазоне 2-50 МГц и обеспечивает на LC контуре регулированный уровень высокочастотного напряжения в интервале 10-500 мВ. Развертка по частоте осуществляется в пределах 300 кГц. Кроме частотной модуляции предусмотрена магнитная модуляция с помощью катушек Гельмгольца. Максимальная индукция поля в последних составляет ~ 80 Гс.

Ключевые слова: ЯКР, ЯМР, автодин, датчик сигналов

При дослідженні структури та хімічного складу речовин в сфері радіоспектроскопії застосовують декілька методів детектування сигналів ядерного квадрупольного та ядерного магнітного резонансів (ЯКР, ЯМР) [1,2]. Одним з найпоширеніших є метод автодинного детектування резонансу. В останньому, давачем сигналів служить регенеративний або, так званий, автодинний спін-детектор.

В даній роботі представлено один з варіантів розробленого регенеративного спін-детектора для спектрометра неперервної дії ЯКР або ЯМР. Його можна застосувати для досліджень радіочастотних розмірних ефектів, осциляцій магнітоопору в напівпровідниках та в ЯКР термометрії. Підвищена чутливість давача дозволяє проводити такі дослідження при реалізації умов подвійного резонансу ЯКР-ЯМР.

Зовнішній вигляд давача показаний на рис.1. Він містить: модуль регенератора, ряд змінних екранованих високочастотних (ВЧ) котушок (для діапазонів $2 \div 20$ МГц, $20 \div 30$ МГц,

$30 \div 50$ МГц), поворотний механізм для обертання зразка, та систему модулюючих котушок Гельмгольца.

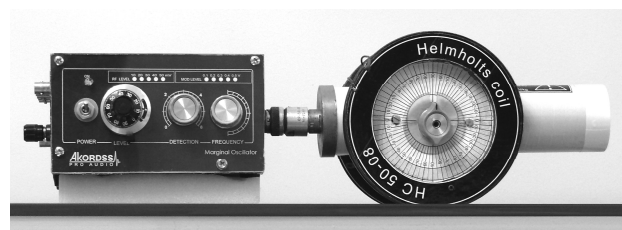


Рис. 1. Зовнішній вигляд автодинного давача сигналів ЯКР-ЯМР

Регенератор є одним із різновидів схеми Паунда-Найта [3]. Функціональна схема давача показана на рис.2. Частота генерованих коливань визначається в основному індуктивністю котушки L_1 та ємністю конденсатора C_1 паралельного коливального контура, а також параметрами елементів високочастотного оберненого зв'язку. Схема стабільно генерує коливання в діапазоні частот $2 \div 50$ МГц.

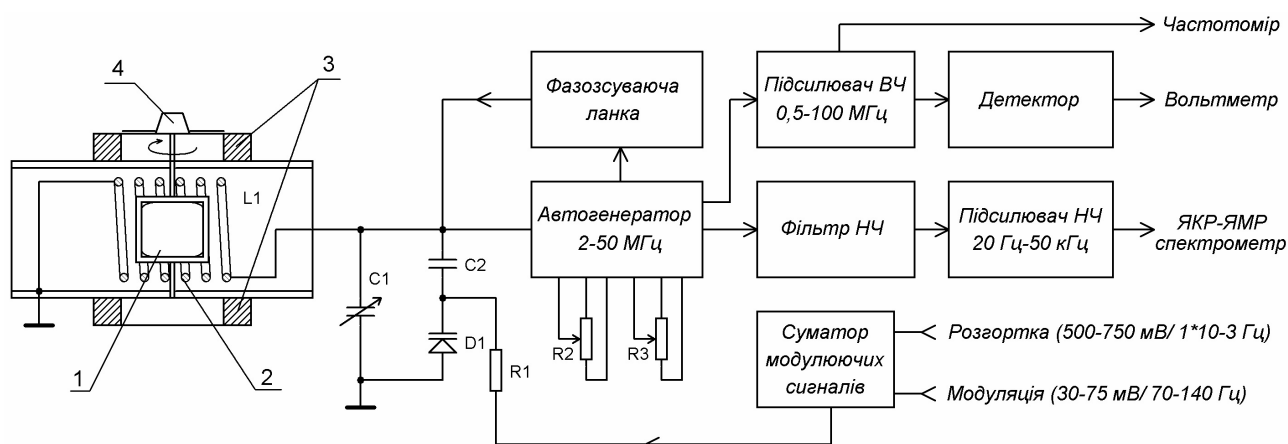


Рис. 2. Функціональна схема автодинного давача сигналів ЯКР-ЯМР: 1 — зразок; 2 — високочастотна котушка; 3 — котушки Гельмгольца; 4 — поворотний механізм

Прилад побудований на дискретних компонентах, що ретельно відібрані в першу чергу за шумовими характеристикам і крутизною перехідної характеристики. Емпірично було встановлено, що польові транзистори з р-п переходом найкраще відповідають умовам автодинного детектора — мінімальні власні шуми і високий вхідний опір. Застосування принципу стокового детектування суттєво полегшує узгодження ВЧ контура і детектора резонансного сигналу. Підстройка режиму детектування (робочої точки) транзистора здійснюється за допомогою потенціометра R_2 . Автодинний де-

тектор забезпечує високу стабільність рівня високочастотної напруги на LC контурі в діапазоні $10 \div 500$ мВ, що дозволяє не використовувати ланку автоматичного регулювання рівня напруги на контурі. Рівень ВЧ задається положенням ручки потенціометра R_3 . Низькочастотний сигнал виділений за допомогою фільтра нижніх частот (ФНЧ) подається на вхід підсилювача низької частоти (НЧ) з коефіцієнтом підсилення за напругою 51 ± 2 дБ в робочому діапазоні частот. Амплітудно-частотна та фазо-частотна характеристики каналу НЧ підсилення зображені на рис.3. Лінійність характеристик в ро-

бочому діапазоні частот зменшує спотворення форми резонансних ліній. Рівномірність фазо-частотної характеристики спрощує підстройку фази синхронного детектора [4]. Частотомір та ВЧ вольтметр підключають через узгоджувач широкосмуговий підсилювач, виконаний за схемою “слідкуючого зв'язку” [5]. В роботі давача, в режимі детектування ЯКР, передбачено два типи модуляції умов резонансу — частотна і магнітна. Частотна модуляція реалізована за допомогою варикапа VDI в резонансному ВЧ контурі, рис.2. Розгортка за частотою забезпечується в межах 300 кГц. Магнітна модуляція ЯКР резонансу реалізується шляхом зміни індукції магнітного поля в котушках Гельмгольца. Величина індукції магнітного поля в останніх становить ~ 80 Гс при частоті модуляції 70 Гц.

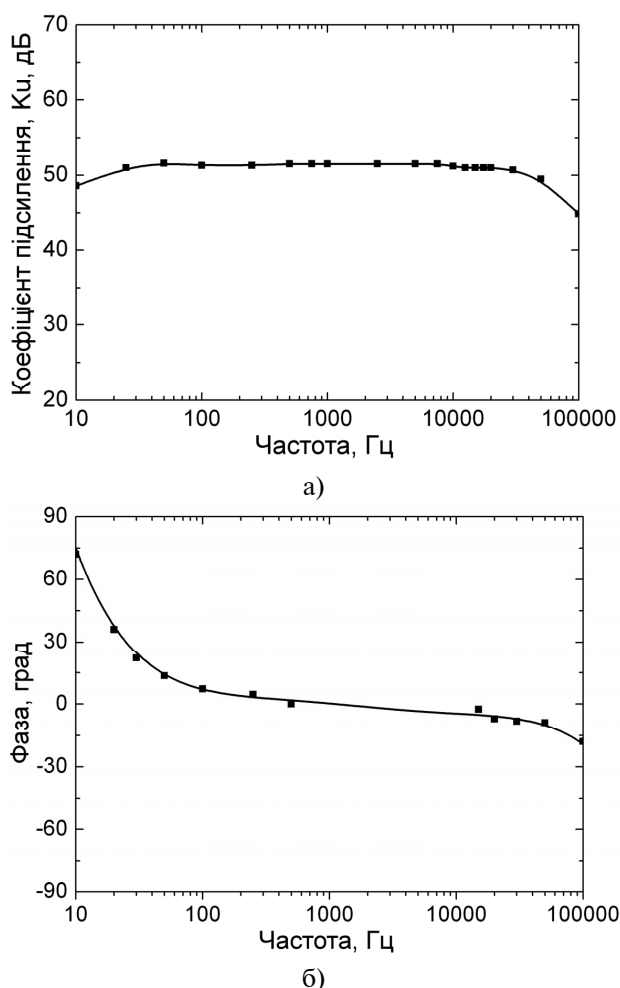


Рис. 3. Амплітудно-частотна (а) та фазо-частотна (б) характеристики НЧ підсилювача

З допомогою розробленого давача проводились експериментальні дослідження впливу кристалічної структури на спектри ЯКР ^{115}In в

напівпровідниковій сполуці InSe , вирощеної методом Бріджмена. Досліджуваний зразок розмірами $10 \times 10 \times 10$ мм³, закріплений в контейнері поворотного механізму всередині ВЧ котушки L_p , повертався відносно вектора напруженості ВЧ поля. На рис. 4.а. показаний приклад записаного спектра ЯКР ^{115}In в шаруватій сполуці InSe , а на рис.4.б., графік орієнтаційної залежності інтегральної інтенсивності ліній ЯКР для мультиплетної групи спектра в діапазоні 20,6÷20,70 МГц.

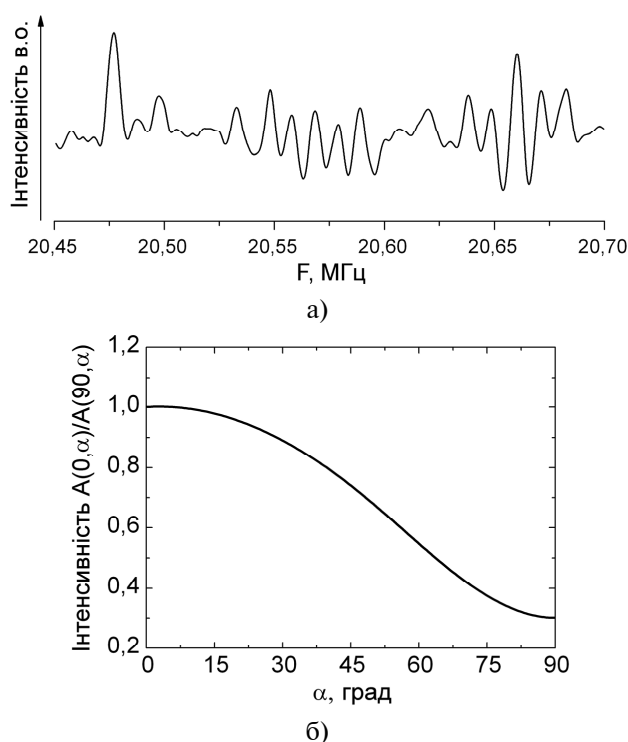


Рис. 4. Спектр ЯКР ^{115}In в шаруватій сполуці InSe (а), орієнтаційна залежність інтенсивності ліній ЯКР для InSe в діапазоні 20,6÷20,70 МГц (б)

Живлення пристрою забезпечується від однополярного джерела напругою 24 В. Використання подвійного електричного та магнітного екранів знижує вплив зовнішніх джерел паразитного електромагнітного випромінювання.

Література

1. В. Н. Бержанский, С. Н. Полулях, Ю.В. Тупицын, Импульсный когерентный спектрометр ядерного магнитного резонанса для магнитоупорядоченных веществ // ПТЭ. — 2005. — №6. — С. 41-46.
2. В. Т. Михальцевич, А. В. Беляков, Применение техники адиабатического размагничивания для детектирования взрывчатых веществ методом

- ядерного квадрупольного резонанса // ПТЭ. — 2005. — №3. — С. 132-135.
3. Stoican O.S., NQR Detection Setup // Romanian Journal of Physics. — 2004. — Vol.51, №1-2. — P. 311-315.
4. В. В. Браїловський, М. М. Иванчук, П. П. Ватаманюк, Детектор импульсного спектрометра ядерного квадрупольного резонанса // ПТЭ. — 2009. — №2. — С. 86-89.
5. Хандожко А.Г., Слынько Е.И., Черныш И.П., Автодинный детектор для исследования ядерного магнитного резонанса и размерных эффектов в полупроводниках // ПТЭ. — 1988. — №5. — С. 110-112.