

Низкотемпературная и сверхнизкотемпературная микроволновая ЭСР спектроскопия магнитных низкоразмерных структур

- - радиоспектроскопия искусственных магнитных и немагнитных материалов;
- - взаимодействие СВЧ волн с низкоразмерными магнитными композитами;
- - физика и техника радиоспектроскопии электронного магнитного резонанса в миллиметровом диапазоне;
- - физика и техника низких температур для радиоспектроскопии;
- - планарные фотонные кристаллы для магнитной радиоспектроскопии.

Ответственные: Недух С.В. (к.ф.-м.н.), Вакула А.С. (м.н.с.), Тарапов С.И. (чл.-корр. НАНУ)

Результаты исследований

- обнаружен и исследован эффект гигантского магнитоимпеданса в магнитной мультислойной наноструктуре $Fe(Co/Cu)_n$ в мм диапазоне длин волн. Показано, что в диапазоне частот $\nu = 30-150$ ГГц и магнитных полей $H = \pm 1000$ Э эффект гигантского магнитоимпеданса обусловлен спин-зависимым рассеянием электронов проводимости в наноструктуре

- обнаружен и исследован эффект туннельного магнитоимпеданса в магнитных гранулярных структурах $Co-TiO$, $Co-AlO$ в мм диапазоне длин волн. Показано, что эффект туннельного магнитоимпеданса имеет максимальную величину в металлической области перколяционного перехода «металл-диэлектрик», установлено, что в диапазоне магнитных полей $H = \pm 2000$ Э эффект туннельного магнитоимпеданса обусловлен спин-зависимым рассеянием электронов проводимости в наноструктуре.

Экспериментальное оборудование

1. Криомагнитный радиоспектроскопический комплекс миллиметровых длин волн (научный объект – «Национальное достояние Украины»), основная функция: радиоспектрометр *БУРАН* электронного спинового резонанса со следующими основными параметрами



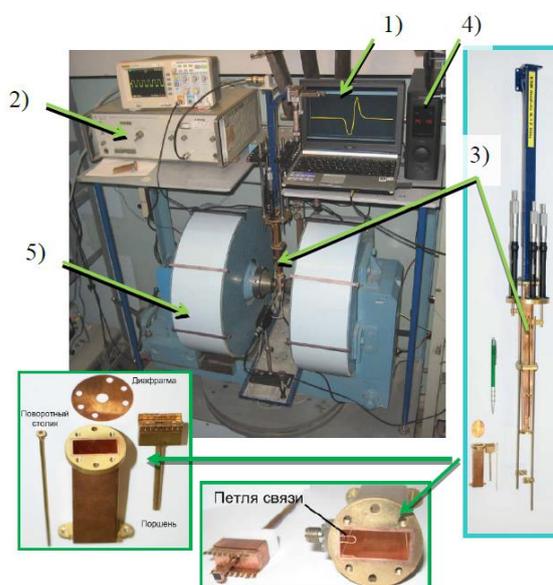
Frequency band - 75GHz -150GHz
Temperature band - 0.3K-150K
Magnetic field - up to 7T
Cooling system - Top-loading
closed-cycle He refrigerator with the working chamber volume - 200cm³ .

2. Радиоспектрометр «КВАРК» и методика регистрации ферромагнитного резонанса и намагниченности (ответственные Недух С.В., Вакула А.С.)

Радиоспектрометр «КВАРК», (входит в состав объекта - «Национального достояния Украины») для исследований ферромагнитного резонанса нанокompозитов материалов.

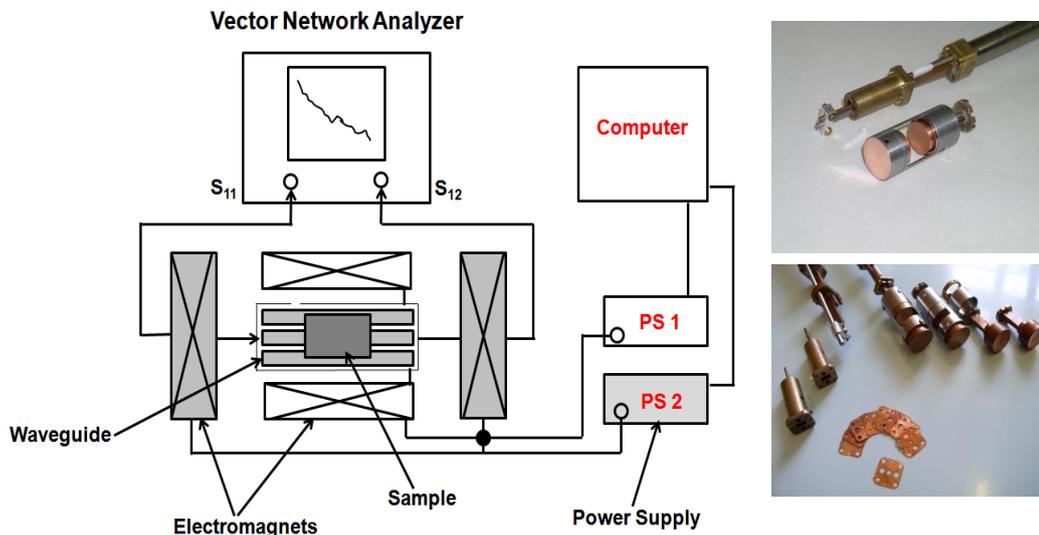
СВЧ - электронный блок спектрометра постоянно модернизируется и включает в себя:

1. систему регистрации на основе специально разработанного высокоскоростного аналогово-цифрового и цифро-аналогового преобразователя, который выполняет функцию усилителя сигнала и синхродетектора (оригинальная разработка - А.С.Вакула)
2. комплект СВЧ-генераторов на диапазоны частот 7-12, 25-35, 37-50 ГГц.
3. набор СВЧ-модулей, для магниторезонансного эксперимента, построенные на основе набора оригинальных резонаторов закрытого и открытого типа.
4. маломощных усилителей низкой частоты для усиления слабых сигналов
5. электромагнита постоянного магнитного поля 0-2 Т, и модуляционных катушек электромагнита малых переменных магнитных полей
6. семейства специально разработанных программ для управления комплексом и обработки результатов эксперимента



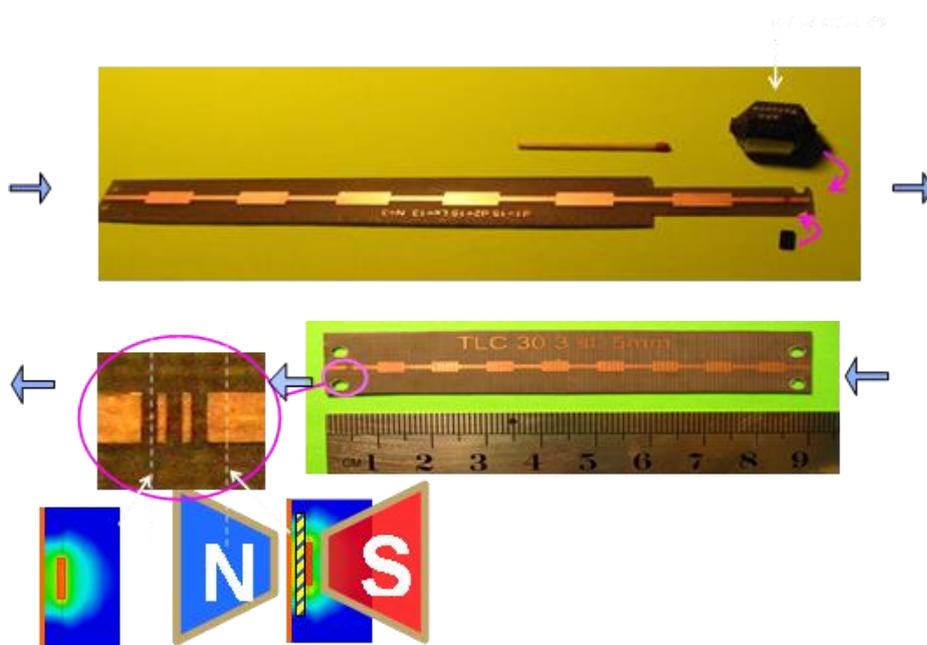
3. VNA-ЭСР-спектрометр электронного спинового резонанса с одновременным сканированием и постоянного магнитного поля и частоты.

Спектрометр построен на базе набора СВЧ модулей, векторного анализатора цепей NA5230A; и семейства специализированных компьютерных программ обработки данных и управления экспериментом.

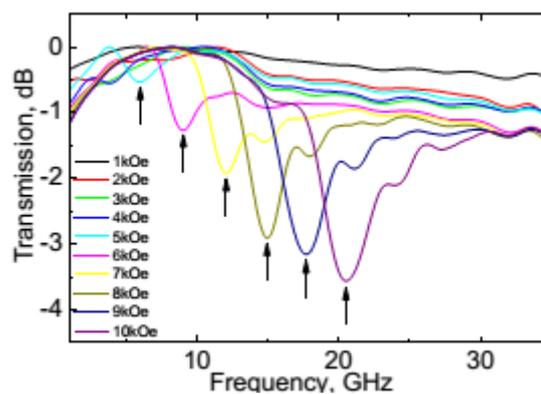
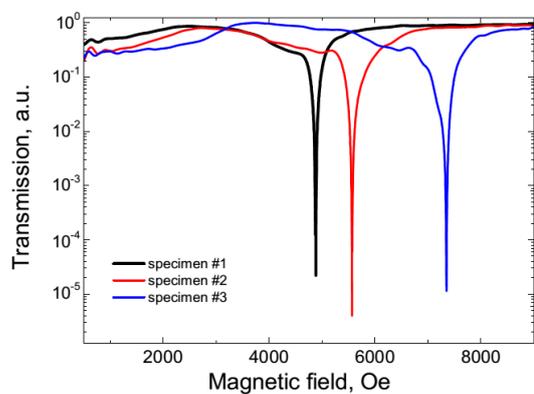




Ячейка Электронного Спинового Резонанса на основе планарного фотонного кристалла [5] - для исследования квази-двумерных магнетиков

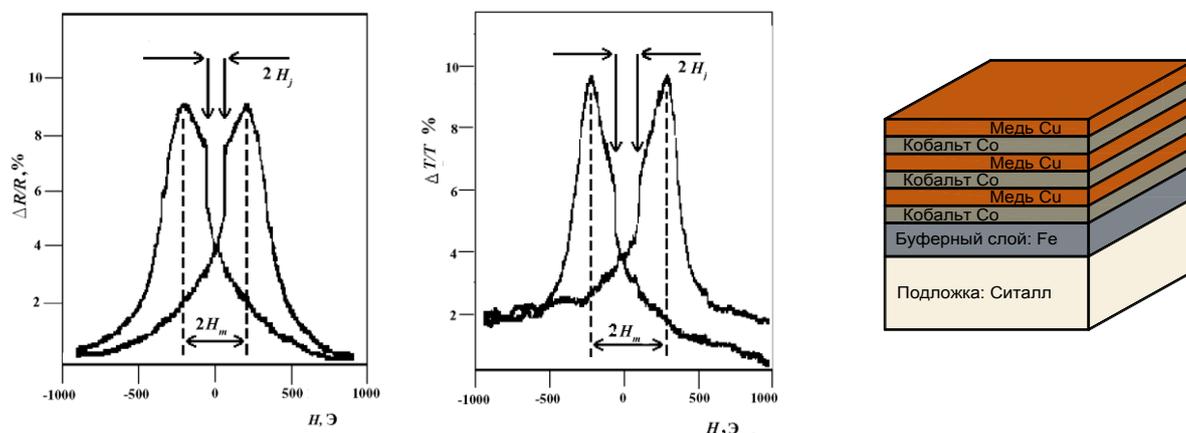


Реперные ФМР-пики при сканировании магнитного поля (а) и частоты (б)

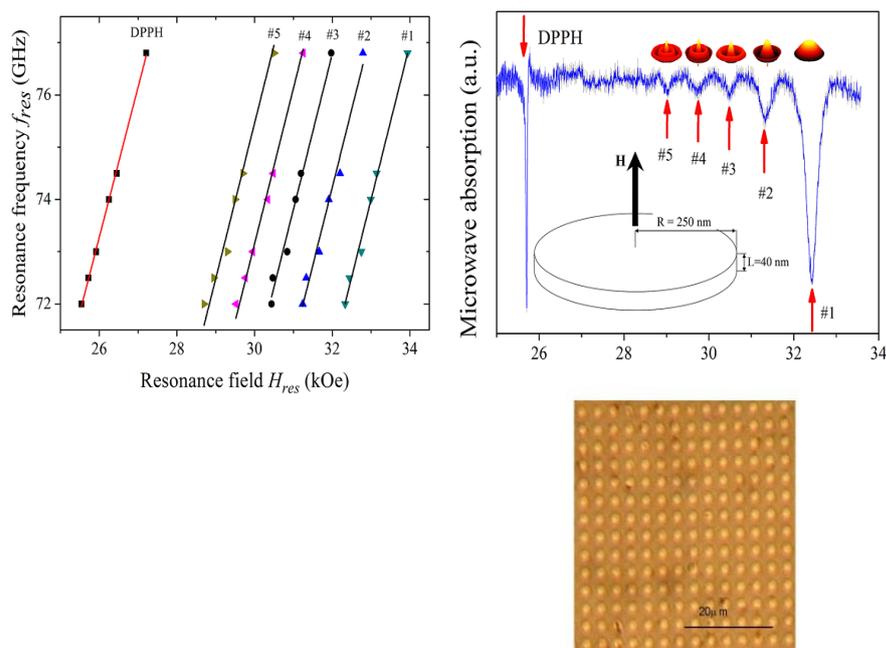


Основные результаты:

1. Выявлен эффект спинзависимого рассеивания электронов проводимости на постоянном токе, на частоте 44 ГГц (эффекты гигантского магнитосопротивления – ГМС и гигантского магнитоимпеданса – ГМИ) в магнитной мультислойной структуре [4]:



2. Выявлено возбуждение однородной и первых 4-х неоднородных спиновых мод в структурированном массиве магнитных нанодисков в миллиметровом диапазоне волн [1-3]



Подробное изложение результатов представлено в публикациях:

1. A. Moskaltsova, S. Nedukh, M. P. Proenca, C. T. Sousa, A. Vakula, G. N. Kakazei, S. I. Tarapov, J. P. Araujo Study of magnetoelastic and magnetocrystalline anisotropies in $\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x}$ nanowire arrays Journal of Magnetism and Magnetic Materials 374 (2015) 663–668
2. D.P. Belozorov, A.A. Girich, A.N. Moskaltsova, S.I. Tarapov, S.V. Nedukh Microwave Analogue of Tamm states in periodic chain-like structures PIER Letters, Vol. 46, pp 7-12 (2014)
3. S. I. Tarapov, D. P. Belozorov, A. A. Kharchenko, S.V. Nedukh, V. O. Golub, I. V. Kilimchuk, O.Y. Salyuk, E.V. Tartakovskaya, S.A. Bunyaev, G.N. Kakazei Standing spin waves in perpendicularly magnetized circular dots at millimeter waves JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 113, 17B521 (2013)

4. D.P. Belozorov, V.N. Derkach, S.V. Nedukh, A.G. Ravlik, S.T. Roschenko, I.G. Shipkova, S.I. Tarapov, F. Yildiz, B. Aktas Magnetization and impedance measurement of multilayer Co/Cu structure in millimeter waveband *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 263, 2003, pp. 315-323.
5. A Planar Photonic Crystal-Based Resonance Cell for Ferromagnetic Resonance Spectrometer, A.A. Girich, M.A. Miliariev, S.V. Nedukh, A. Shuba, S.I. Tarapov, *Telecommunications and Radio Engineering*, 2014, v. 73, N8, p.749-755.