

## Zwiększenie sygnału VNA-FMR dla magnetycznych cienkowarstwowych nanostruktur

Hubert Głowiński<sup>1</sup>, Janusz Dubowik<sup>1</sup>, Jean-Philippe Ansermet<sup>2</sup>

(1) Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk, 60-179 Poznań, Polska,

(2) Institute of Condensed Matter Physics, Station 3, EPFL, 1015 Lausanne, Switzerland

### Wprowadzenie

Dynamika namagnesowania w układach cienkowarstwowych jest intensywnie badana ze względu na potencjalne zastosowania. Do przykładowych należą przełączanie namagnesowania z udziałem pola mikrofalowego. W naszych pomiarach obserwujemy wzrost intensywności sygnału rezonansu ferromagnetycznego dla grubych warstw buforowych. Celem badań jest określenie czy wzrost intensywności związany jest ze zwiększeniem kąta precesji.

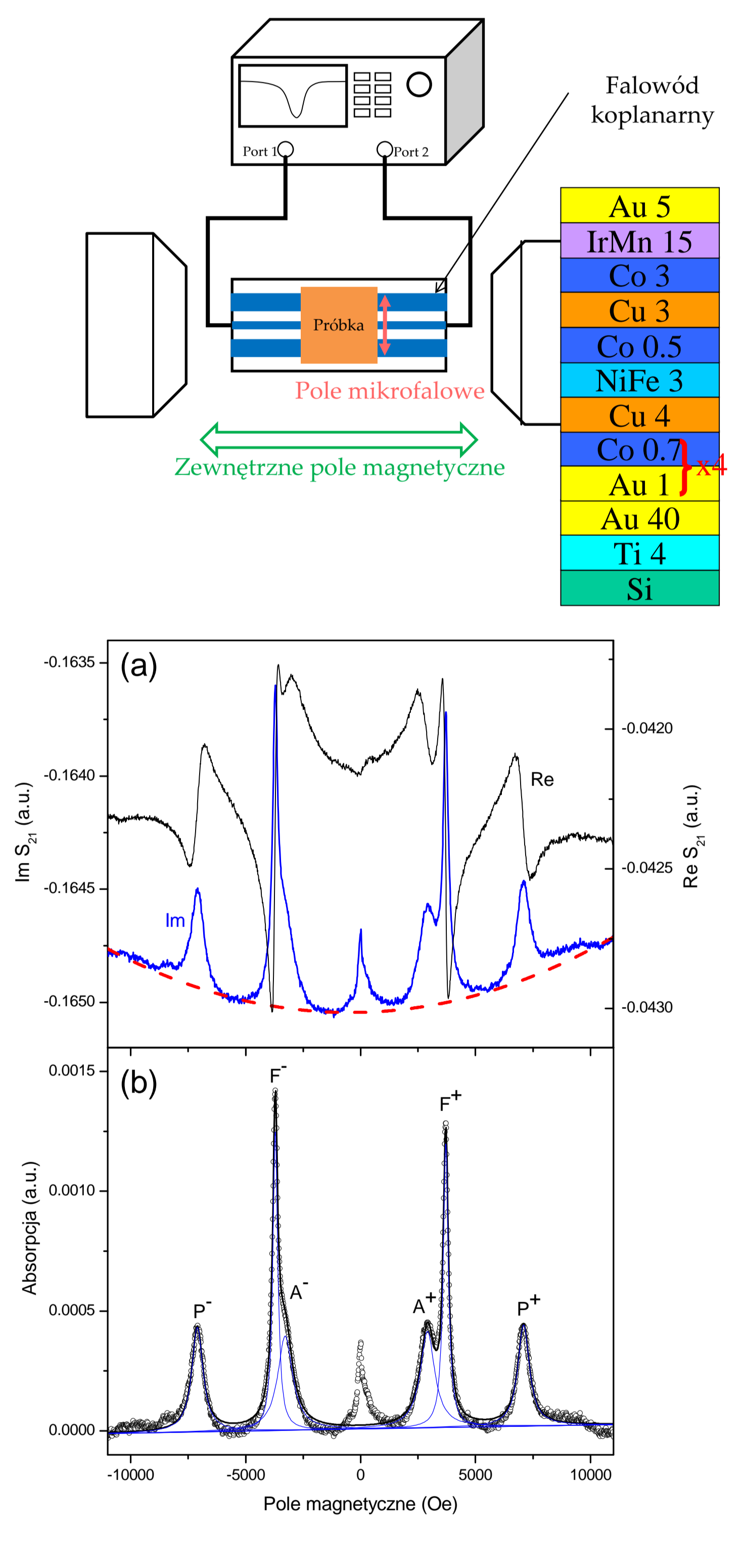
### Szczegóły eksperymentalne

Próbki zostały przygotowane metodą magnetronowego rozpylania jonowego w warunkach ultra wysokiej próżni (lepszej niż  $2 \times 10^{-7}$  Torr), przy ciśnieniu Ar 8 mTorr.

Rezonans ferromagnetyczny mierzono przy pomocy wektorowego analizatora obwodów (VNA) na falowodzie koplarnym (CPW). Eksperymenty były wykonane przy użyciu stałej częstotliwości mikrofalowej w zmiennym polu magnetycznym.

### Wyniki

VNA mierzy parametr  $S_{21}$  opisujący transmisję sygnału przez falowód koplarny. Pomiar polega na obserwacji parametru  $S_{21}$  przy ustalonej częstotliwości w zmiennym polu magnetycznym. Zmiany wielkości  $S_{21}$  wywołane są absorpcją mikrofalową w warstwie ferromagnetycznej. Analizujemy dane po odjęciu tła, czyli absorpcji nie związanej z rezonansem ferromagnetycznym. Mierzone próbki składają się z trzech podsystemów: polaryzatora, warstwy swobodnej i analizatora. Polaryzator jest wielowarstwą Co/Au z anizotropią prostopadłą, warstwa swobodna jest dwuwarstwą Co/NiFe, a analizator jest sprzężoną wymiennie warstwą Co z IrMn (exchange-bias).



### Podsumowanie

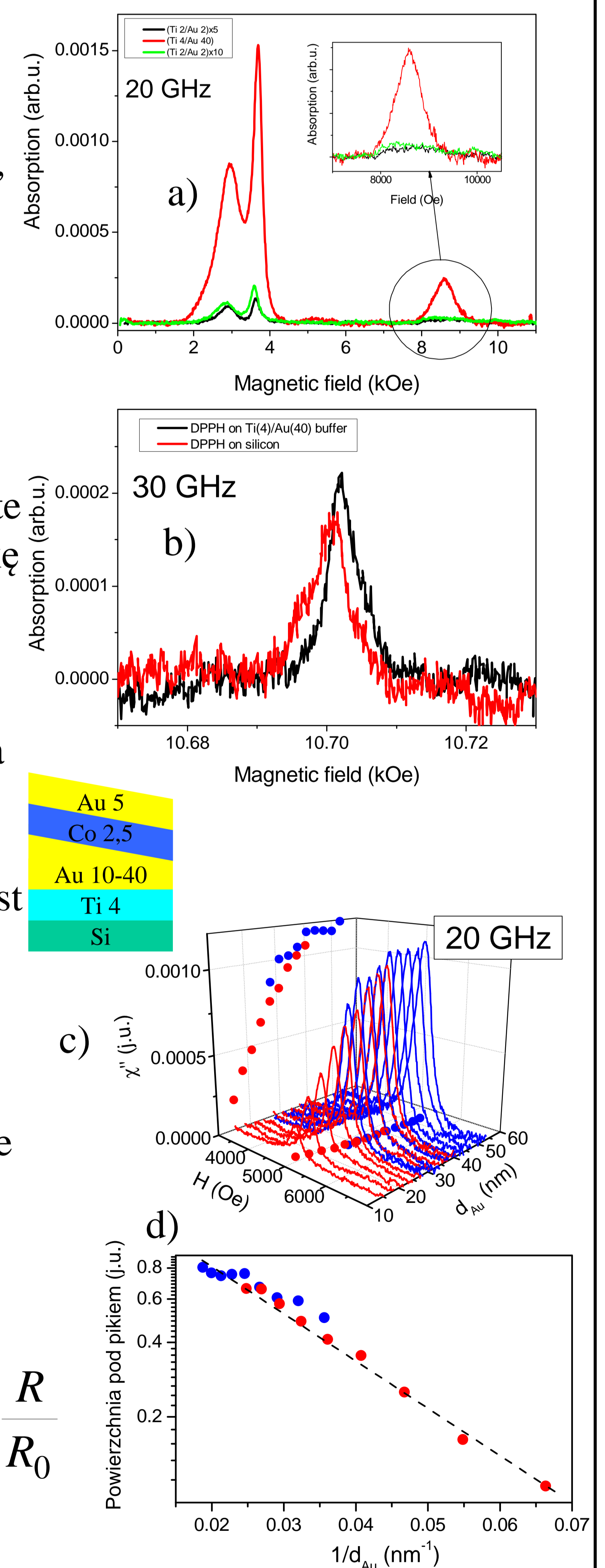
Zaobserwowaliśmy wzmocnienie sygnału VNA-FMR w zależności od oporu kwadratowego warstwy buforowej  $\rho/d_{Au}$ . Efekt ten spowodowany jest ekranowaniem fali mikrofalowej [1-3] przez prądy wirowe w dobrze przewodzącej warstwie buforowej. Wzmocnienie to w zależności od grubości buforu opisuje funkcja exponencjalna.

### Literatura

- [1] Matthieu Bailleul, <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00842243>
- [2] Ivan S. Maksymov i M. Kostylev, Journal of Applied Physics **113**, 043927 (2013)
- [3] M. Kostylev, Journal of Applied Physics **106**, 043903 (2009)

Wykres (a) pokazuje absorpcje mikrofalową w zależności od rodzaju użytego bufora. Zauważono, że gruby bufor złoty wywołuje intensywną absorpcję, pomimo, że warstwy magnetyczne mają tę samą grubość. Bufory różnią się natomiast oporem. Aby wytłumaczyć te wyniki przygotowano próbkę kontrolną. Wykres (c) pokazuje wyniki pomiarów dla próbki kontrolnej złożonej z klinowego bufora oraz pojedynczej warstwy Co o grubości 2.5 nm. Tu również obserwuje się wzrost intensywności wraz ze wzrostem grubości warstwy buforowej złota. Zależność intensywności absorpcji mikrofalowej (pole pod krzywą absorpcji) opisuje funkcja exponencjalna (d).

$$I \propto e^{-\frac{d_0}{d_{Au}}} = e^{-\frac{R}{R_0}}$$



### Podziękowania

Projekt NANOSPIN PSPB-045/2010 współfinansowany przez Szwajcarię w ramach szwajcarskiego programu współpracy z nowymi krajami członkowskimi Unii Europejskiej