

# 光と磁気共鳴の融合による新しい計測技術への取り組み ＝有機エレクトロニクスからバイオ分析にむけて＝

藤原 正澄  
大阪市立大学 大学院理学研究科

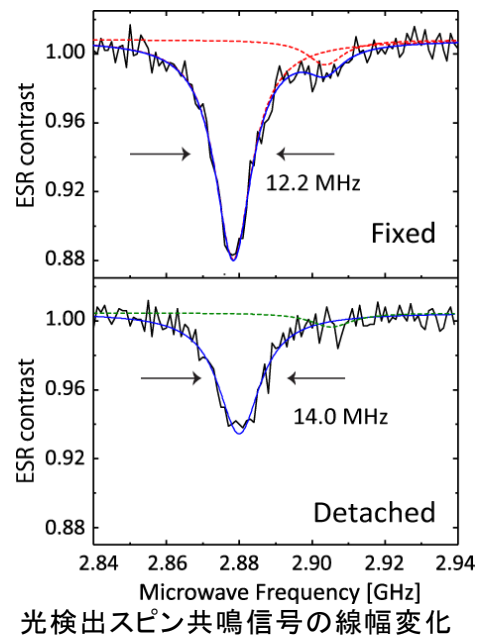
Merging laser-based microscope with electron spin resonance spectroscopy for applications in organic electronics and cellular imaging

Masazumi Fujiwara  
Department of Chemistry, Osaka City University

我々は顕微分光測定と電子スピン共鳴 (ESR) を融合させた計測分析技術を開発し、エレクトロニクスやバイオ分析に応用する研究を行っている。本講演では、(1) ダイヤモンドナノ結晶中の窒素欠陥 (NV) 中心を用いた量子センシングに関する内容と、(2) 量子センサを使わずして試料に内在する電子スピンを可視化するハイブリッド ESR 光学顕微鏡について紹介する。

## (1) ダイヤモンドナノ結晶中の NV 中心を用いた量子センシングに関する研究

我々は、これまで、ダイヤモンドナノ結晶中の発光中心である NV 中心の電子スピン共鳴を利用したバイオ分析に関する研究を行ってきており、単一蛍光ナノ粒子の高速回転ブラウン運動計測や幹細胞の *in vitro* 一細胞温度計測に成功している。図1は、カバーガラス上のダイヤモンドナノ結晶が pH 変化により徐々に剥離する際に捉えた光検出スピン共鳴の線幅の信号変化である。基板に完全固定時のスペクトルと緩やかに剥離する際のスペクトルを比較すると、1.8MHz (FWHM) だけ線幅が広がっている事が分かる。メカニズムとしては、NV 中心のスピンのマイクロ波によって励起され時間発展している途中に、回転ブラウン運動による NV 軸の変化がランダムな幾何学的位相としてスピンメモリに蓄積され、位相緩和する。計測時間が回転ブラウン運動の拡散時間より十分長い場合は、ほぼ回転拡散時間の分だけ線幅が広がる。これから見積もると、観測した線幅広がりを与えるナノ粒子の直径は 11.4nm であり、サンプル粒子の粒径分布の範囲内に一致した。



光検出スピン共鳴信号の線幅変化

## (2) ハイブリッド ESR 光学顕微鏡

上述の NV 中心を用いた量子センシングの研究は電子スピンを包含するプローブ粒子を試料内に導入して、光学顕微と ESR 測定を融合させた新しいコンセプトの顕微イメージング法と言える。現在、この発想を深化させて、量子センサのようなスピンプローブを外部から導入する事なく、試料に内在する電子スピンを光学顕微観察する手法を開発している。有機 EL や有機薄膜太陽電池などのデバイスでは、分子の三重項状態がデバイス特性に密接に関係しており、電子の輸送を担うキャリアは一重項と三重項のスピンの状態を有するものが存在する (スピンキャリア)。近年、このスピンキャリアのスピン量子状態をコヒーレント制御する事でデバイス特性を操作できる事や、量子混合による磁気抵抗効果などが報告されている。一方、有機エレクトロニクス材料はバルクヘテロジャンクション構造に代表されるように数十から数百ナノメートルオーダーの界面不均一性を有している。現在、スピンキャリアの導電性とナノ空間の不均一性を直接可視化することを目指しており、途上ではあるが、コンセプトや将来性について議論する予定である。