

ダイヤモンドナノ構造を用いた細胞内ナノスケールNMRイメージング技術の開発

量子科学技術研究開発機構

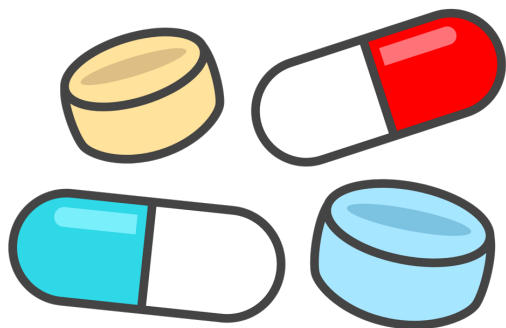
量子生命科学研究所

次世代量子センサーチーム

主任研究員 石綿 整

2023年6月20日

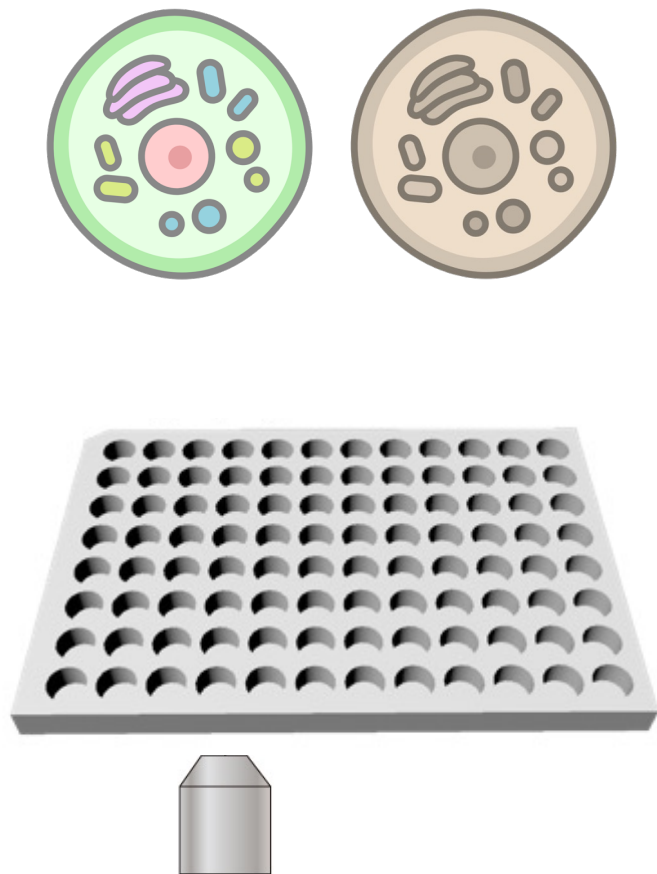
新薬の開発には膨大な数の候補物質に対して、どのように細胞が応答するかを様々な指標から高感度に計測する必要がある。



新薬開発



細胞による薬物反応テスト



これまでの手法：

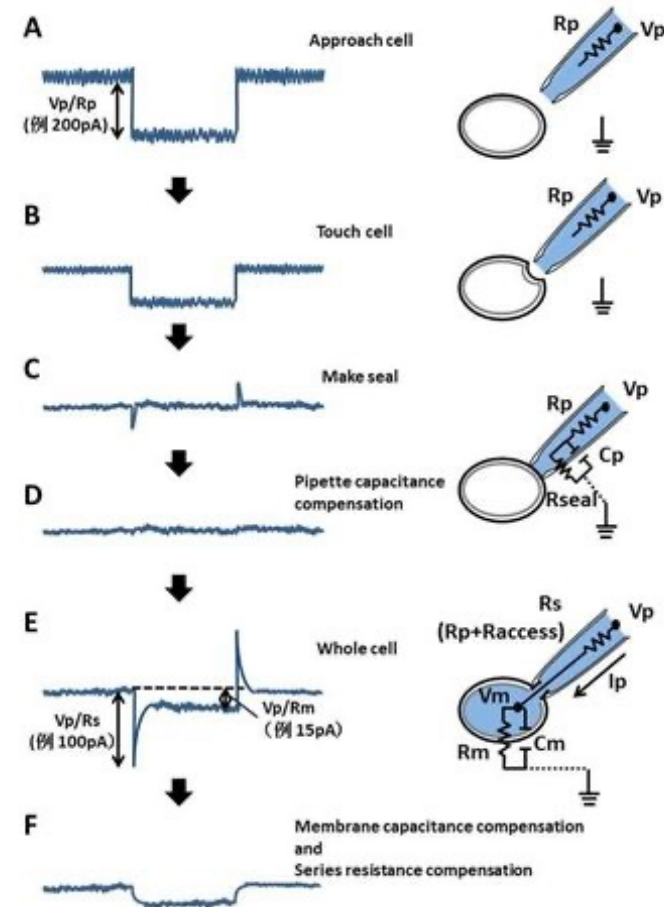
- 単細胞の生死判別

- 蛍光プローブによる限定された指標や時刻における計測

- 技術的なブレークスルーが必要であった

代表的な細胞内モニタリングの従来手法 電気生理学 (ガラス電極を細胞に刺す)解析法

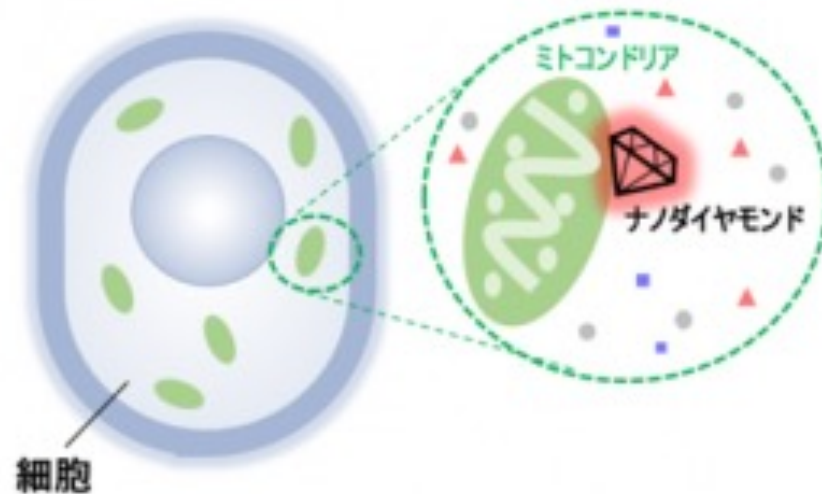
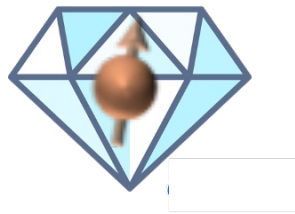
- 細胞を一つずつ職人技で計測する必要がある
- 継続的なモニタリングが困難



<https://bsd.neuroinf.jp/wiki/パッチクランプ法>

今回提案する 細胞内を計測する新しい手法： ダイヤモンドを利用した量子計測

ダイヤモンド中
の量子センサ



- ①光による読み出し
- ②スピン状態を利用した
多項目計測

計測可能な項目：

pH

温度

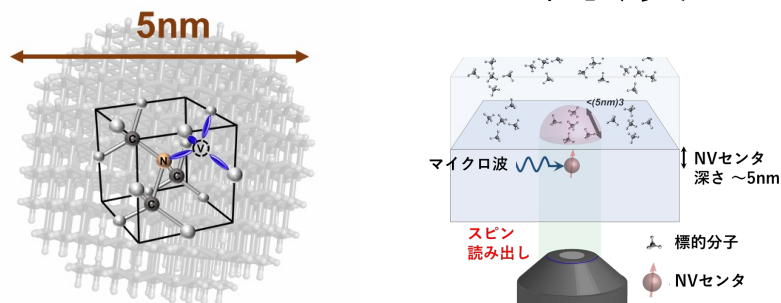
酸化ストレス

細胞活動

タンパク質の状態

これまでのダイヤモンドによる 量子計測の手法

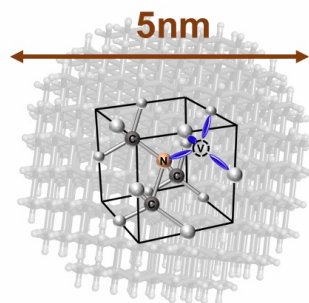
ナノダイヤモンド 薄膜



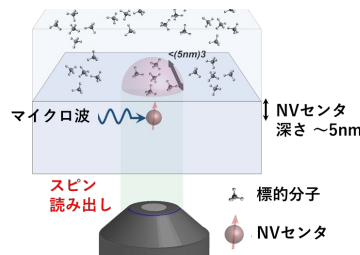
細胞内計測	可能	不可能
計測感度 定量性	低い	最も高い

新しいダイヤモンドによる 量子計測の手法

ナノダイヤモンド



薄膜



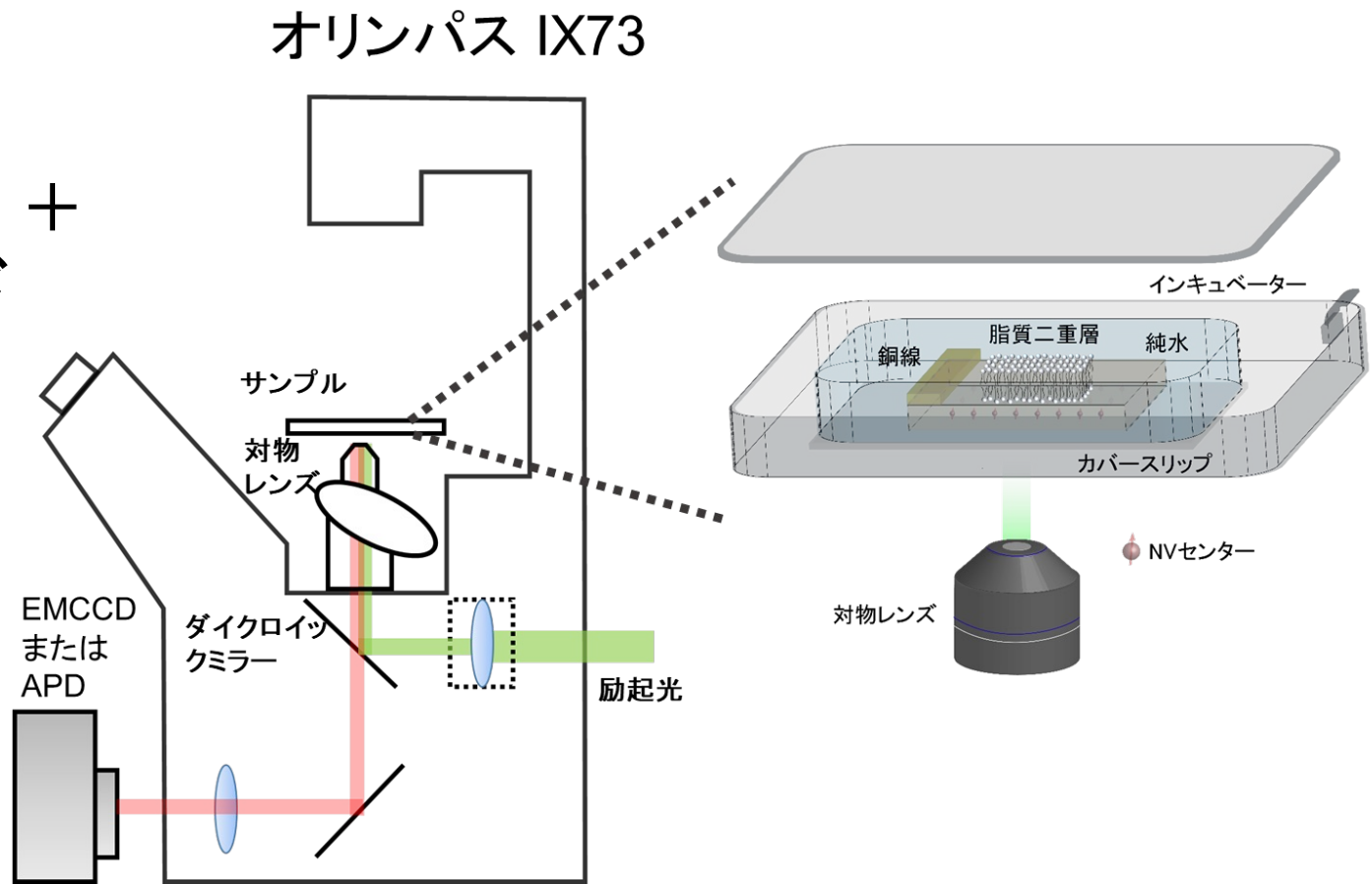
新しい
加工
ダイヤモンド

細胞内計測	可能	不可能	可能
計測感度	低い	最も高い	最も高い
定量性			

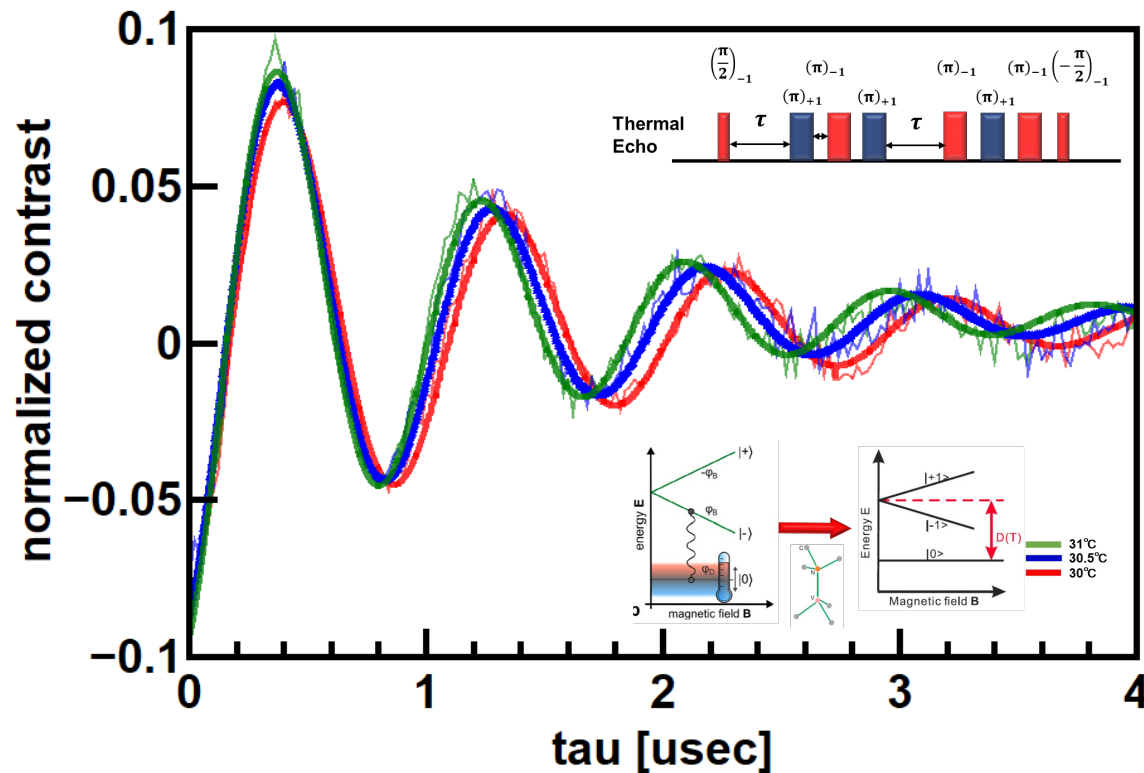
新しい量子材料

量子計測装置

新しい加工ダイヤモンド

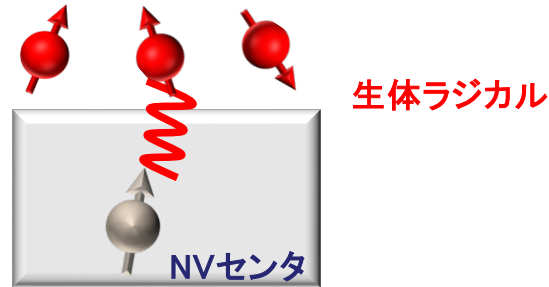


量子(コヒーレンス)で見る温度



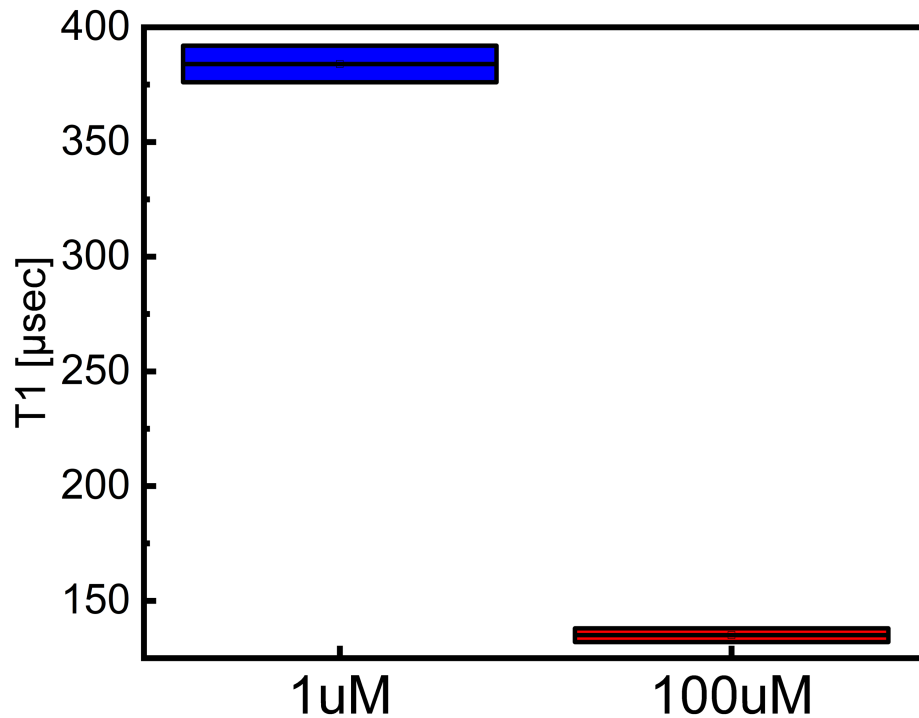
温度精度: 0.04 °C

量子(コヒーレンス)で見る活性酸素

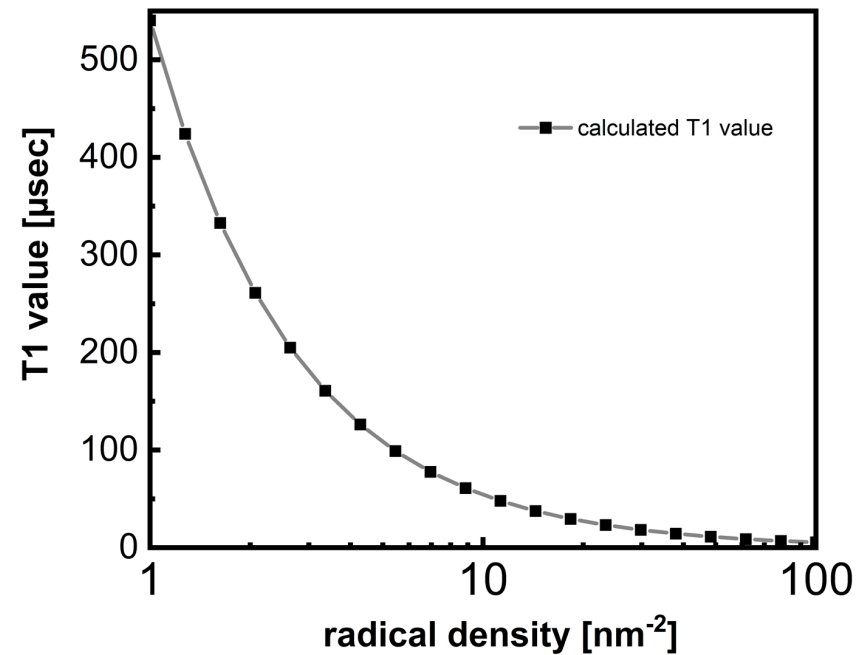


$$\frac{1}{T_1} = \frac{1}{T_1^{\text{bulk}}} + 3\gamma_e^2 B_{\perp}^2 \frac{\tau_c}{1 + \omega_0^2 \tau_c^2}$$

$$\mathbf{B}_i = \frac{\mu_0 \gamma_e \hbar}{4\pi r_i^3} [\mathbf{S}_i - 3(\mathbf{S}_i \cdot \mathbf{u}_i) \mathbf{u}_i]$$

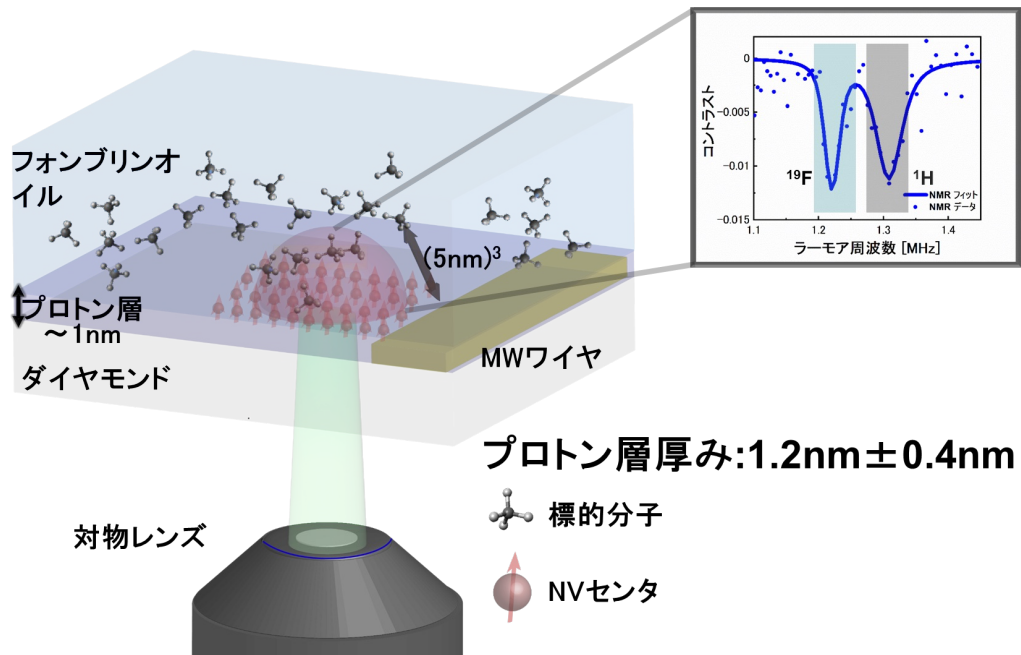


生体ラジカル濃度

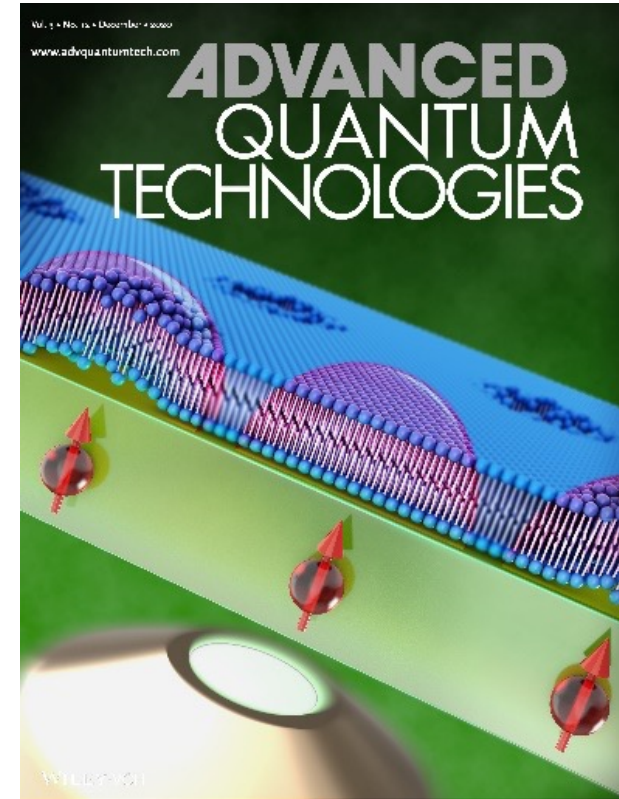


活性酸素の増減
だけでなく個数が
直接測れる

量子(コヒーレンス)で見る分子



1ナノメートル以下の
超高解像度解析



ありのままの分子
の動態解析

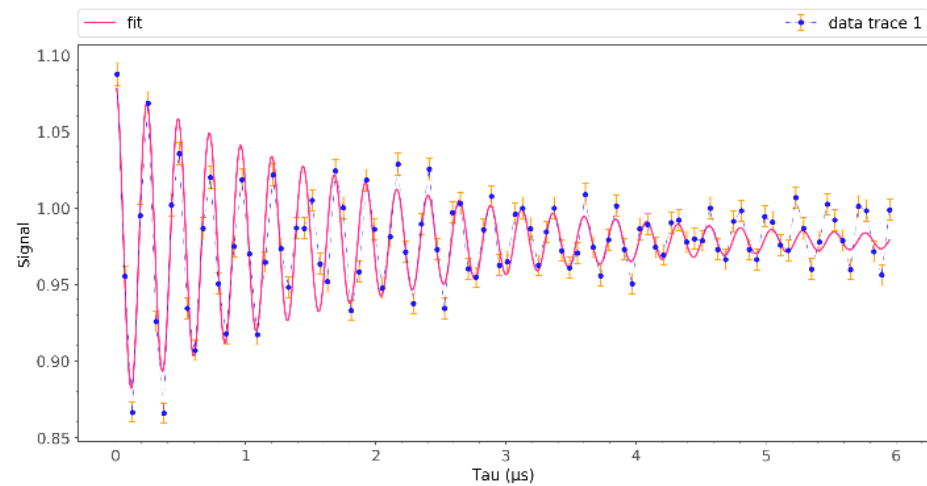
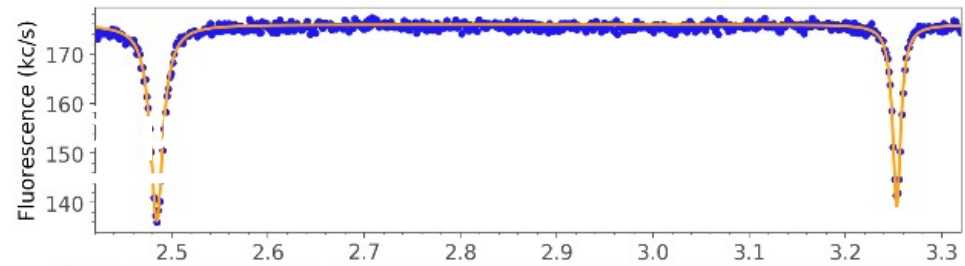
新しい構造の特徴

特徴

- 光の取り出し効率の向上
- 計測対象に近接した量子センサ
の配置

新しい構造の特徴

量子計測



細胞内計測手法

細胞をピペットにより
計測部分に塗布するだけで計測が可能

想定される用途

- 細胞に限らず太陽電池計測や植物内計測、磁性体評価、半導体評価など様々な様々な対象の内部を高感度に量子計測可能である。
- 生きたままの生物個体中における計測において細胞内への導入も検討できる



企業への期待

- ニーズの掘り起こし：

生体内、物質内で量子ビットを制御する技術を用いて温度、pHだけでなく様々な計測や相互作用の開発。

- 技術的な共同開発：

ファイバーや光学系、イメージング技術を持つ企業との共同研究を希望。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 細胞内量子計測装置、細胞内量子計測方法、及び細胞保持装置
- 出願番号 : 特願2022-185254
- 出願人 : 量子生命科学研究所
- 発明者 : 石綿整、五十嵐龍治、神長輝一

本技術に関する研究開発



石綿 整  国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子生命科学研究所 主任研究員 (塩見パネル)

革新的な生体量子解析法の創生による細胞内動的機能の解明

NVセンタを利用した量子計測は、 $\sim(5\text{nm})^3$ の微小領域におけるNMR/ESR解析と生体微小環境の構成因子である(pH、温度等)の高感度同時計測が可能です。本研究提案では高感度量子計測による生体解析を新たなナノ構造により細胞内において実現することで、細胞内動的機能の解明し、量子ダイナミクス生物学の創生により神経変性疾患の解明・治療法の開発など社会的イノベーションを実現します。

お問い合わせ先

量子科学技術研究開発機構
イノベーションセンターまでお願いします

T E L : 043-206-3027

F A X : 043-206-4061

e-mail : chizai@qst.go.jp