

NIMS量子マテリアル研究拠点

2023年2月1日

物質・材料研究機構 谷口 尚

1. NIMSにおける量子マテリアル基礎基盤研究PJの紹介

研究例

- 磁気感度に優れたダイヤモンドNV-センタの創製
- 高品位量子ドットを用いた次世代量子光源の開発
- 二次元物質積層・モアレ超格子構造とナノ構造による量子機能開拓
- 先進トポロジカルレーザーの開発

2. マテリアルDXプラットフォームとの連携

NIMS量子マテリアル基礎基盤研究PJ

量子技術イノベーションに向けた物質・材料の基礎基盤研究

理論

大規模第一原理計算(CONQUEST),
NIMS発トポロジ系理論

トポロジカル共振器面発光レーザー

材料創製

量子ドット
ダイヤモンド
原子層材料(hBN)
磁性体薄膜,
超伝導材料 (Bi2212)
MBE,CVD,HPHT
先端原子層積層技術
ナノ微細加工技術

量子暗号通信

量子センシング(NV-センター)

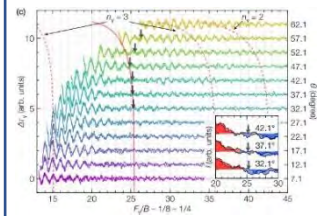
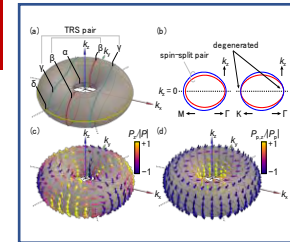
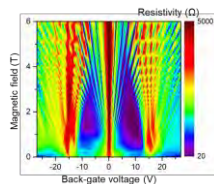
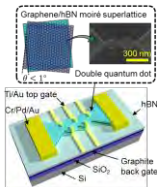
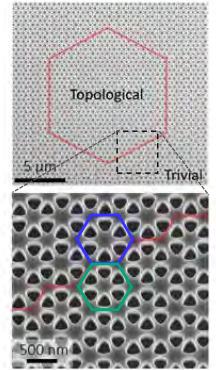
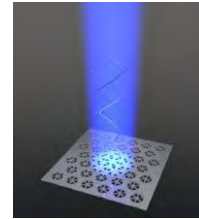
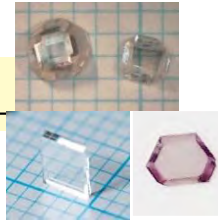
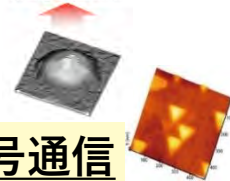
2次元系原子層量子ビット
スキルミオン探索

トポロジカル物質及びボルテックス制御

先端計測・解析技術

低温強磁場、量子振動
強磁場中極低温STM
角度分解光電子分光
光物性評価,単一光子分光(共焦点顕微PL分光)

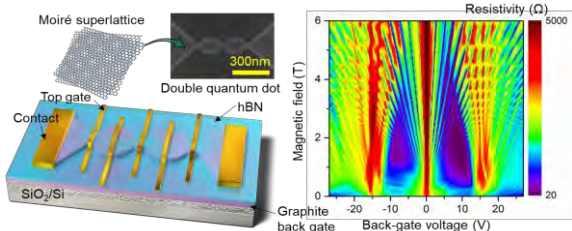
Single photons
Entangled photons



NIMS量子マテリアル基礎基盤研究PJの例

2次元原子層の量子機能制御

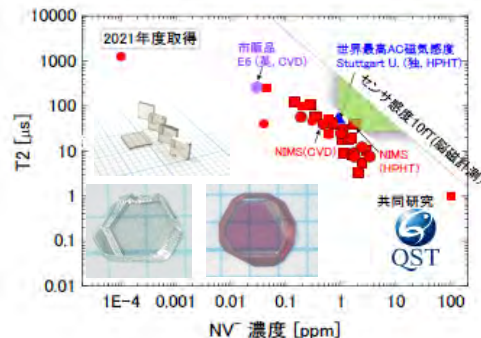
モアレ超格子単一電子操作デバイスの実現・新奇現象の発見



T. Iwasaki, et al., Nano Lett. **20**, 2551 (2020).

情報

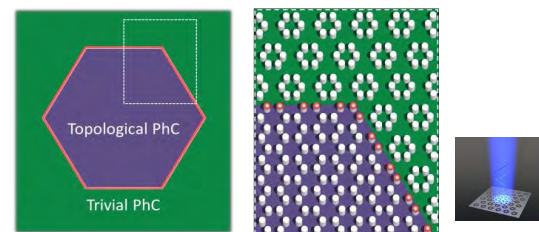
ダイヤモンドNV-センタの高度化



C. Shinei et al., Appl. Phys. Lett. **119**, 254001 1-5 (2021).

計測

NIMS発トポロジ系理論を背景とした量子機能発現



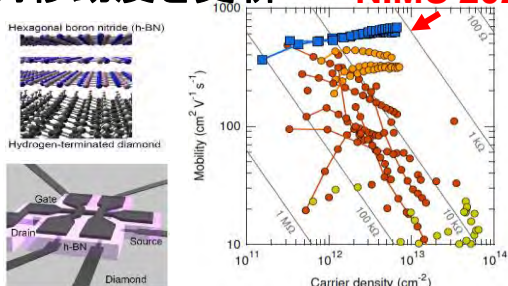
トポロジカル共振器面発光レーザー (TCSEL)

Z.K. Shao, X.-X. Wang, X. Hu et al., Nat. Nanotech., **15**, 67 (2020).

光源

ダイヤモンドFETで世界最高移動度を更新

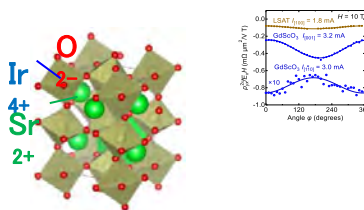
NIMS 2022



水素終端表面のhBN保護膜による安定化
Y. Sasama et al. Nat. Electro. **5**, 37 (2022).

情報

トポロジカル量子ビット実現を目指した材料基盤構築



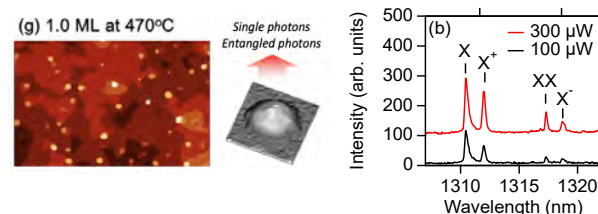
酸化物トポロジカル半金属の非線形スピン伝導の観測

Y. Kozuka et al., Phys. Rev. Lett. **126**, 236801 (2021).

情報

量子ドットもつれ光源の開発

格子不整合系量子ドットの形成



通信波帯量子ドットの作製技術を確立

T. Mano et al., Cryst. Growth Des **21**, 3947 (2021).

通信

磁気感度に優れたダイヤモンドNV-センタの創製

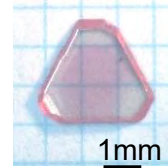
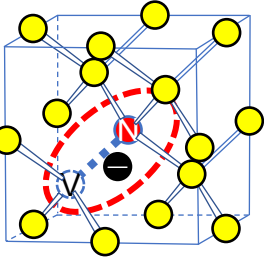


NV-センタの強み

- 高環境耐性(高温下、生体内)
- スピン状態の簡便読み取り
- 磁場ベクトル計測

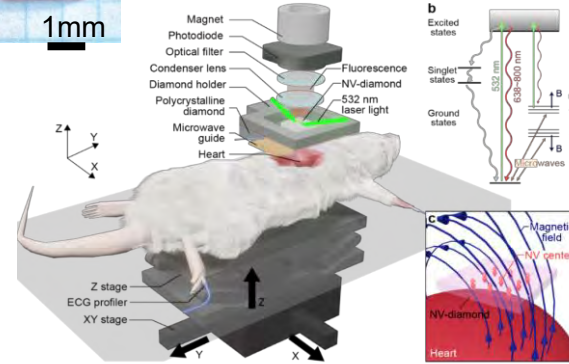
NIMSの強み

- 2種類(高圧・CVD)の成長法
- 成長と評価が1機関で可能



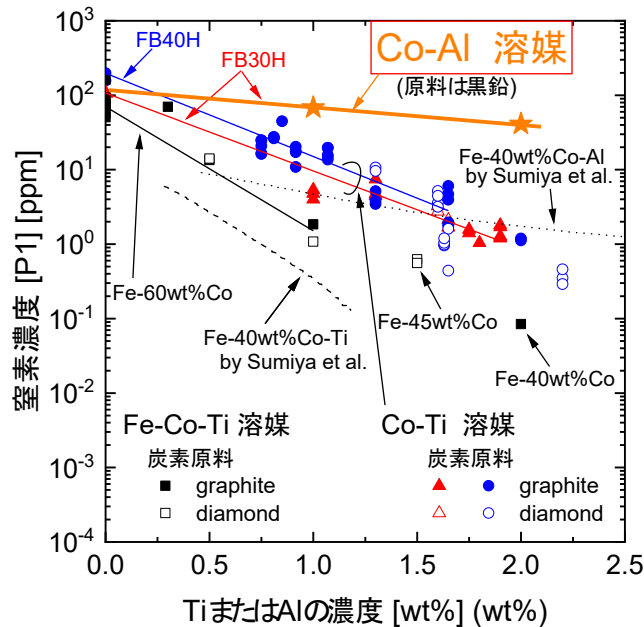
ラットの心磁計測

Q-LEAP東工大,QST,NIMS



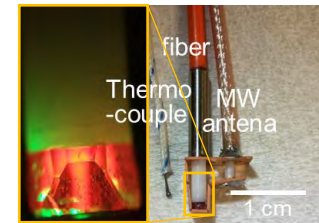
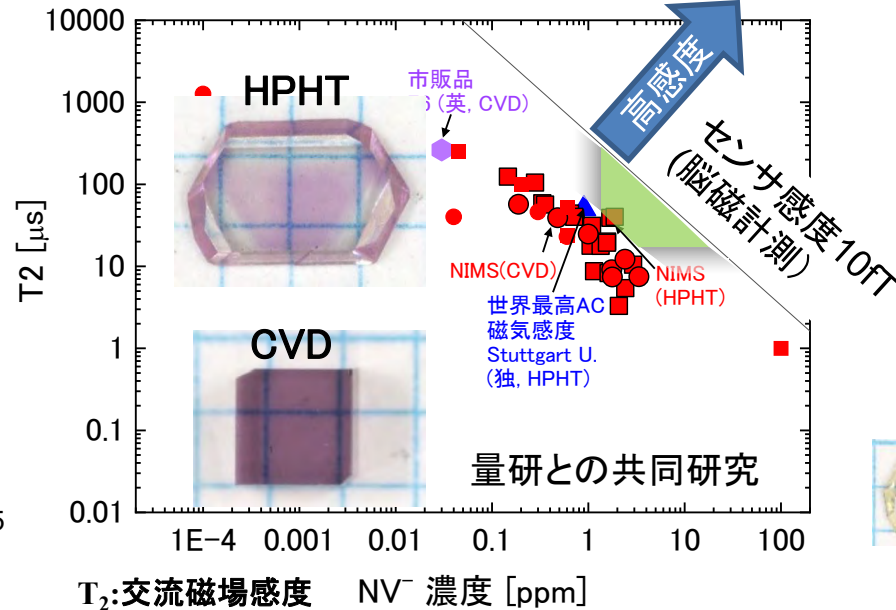
不整脈診断

$$\text{磁気感度 } \delta B \approx \frac{1}{\sqrt{[NV^-]} \sqrt{T_2^*}}$$

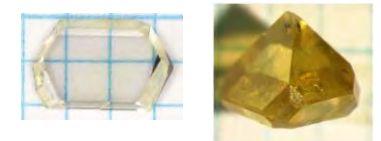


電気自動車 (EV) の電流モニタ

- 約10 mA精度@ -150°C~+150°C



Q-LEAP
東工大, 矢崎総業,
QST, NIMS



高圧合成による窒素濃度制御

照射(irradiation)によるNV中心の形成

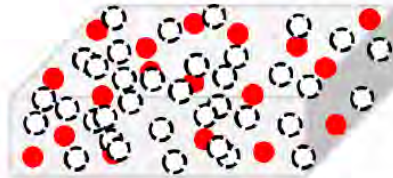
step1

Diamond containing N impurities



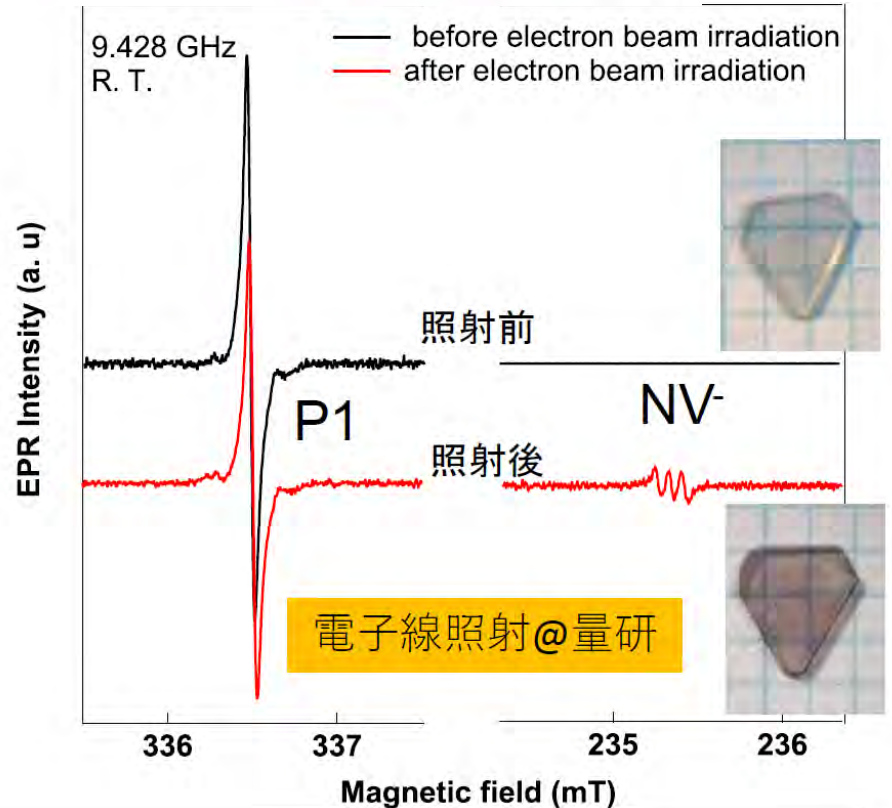
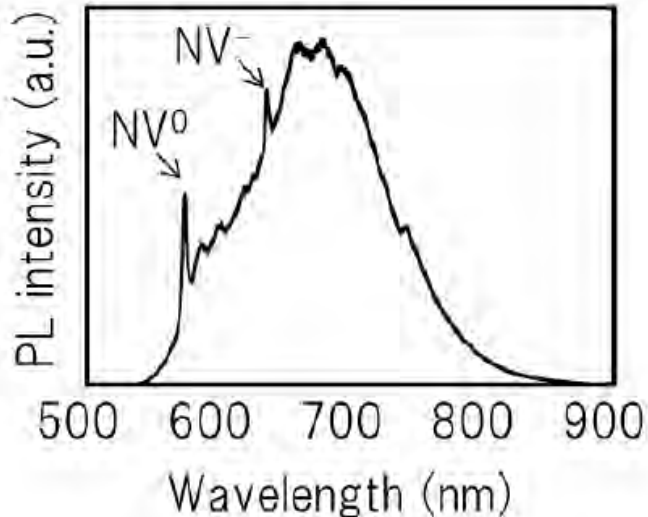
step2

Uniform electron beam irradiation



step3

Thermal treatment
(vacancies diffuse and combine with nitrogen)



NIMSの高圧合成研究

1984年(当時無機材質研究所)に世界最大級の3万トンプレスを導入

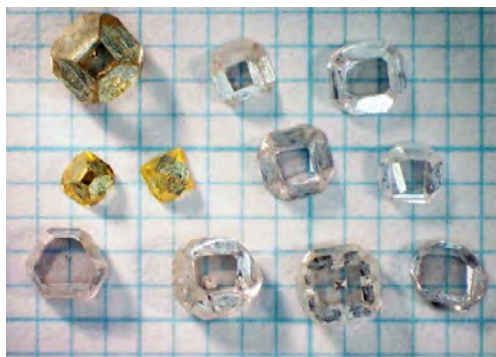


3万トンプレス



超高圧プレス群

ダイヤモンドと立方晶窒化ホウ素単結晶合成



ダイヤモンド単結晶



立方晶窒化ホウ素単結晶



高純度化を目指す

cBN

