

ワイドギャップ半導体を用いた固体量子センサの可能性

Wide gap semiconductors for quantum sensing

東工大¹

〇波多野 睦子¹, 岩崎 孝之¹

Tokyo Tech¹

〇M. Hatano¹, T. Iwasaki¹

E-mail: hatano.m.ab@m.titech.ac.jp

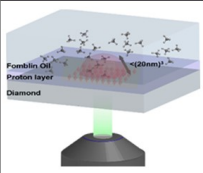
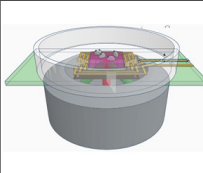
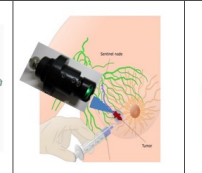
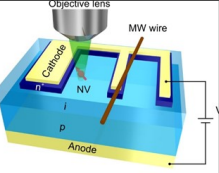
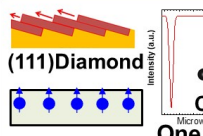
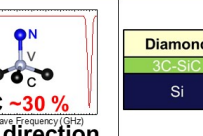
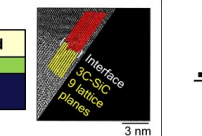
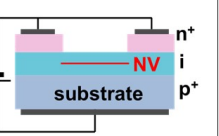
ダイヤモンド中の NV センタ (窒素-空孔対) は、常温大気中で単一スピンを操作・検出することが可能で、その状態を光検出磁気共鳴でイメージングできる特徴がある (Fig. 1)。本講演では、NV センタの量子効果に基づく特異な現象、工学的な見地から感度と安定性の向上に必要な、材料、デバイス、量子プロトコル計測のコア技術を説明する。さらには固体量子センサの特長を活かした、バイオ・医用計測から車載・産業応用までに至る応用の可能性を紹介する。(Table 1)

NV センタはアトミックスケールの構造であることから、計測対象はナノからミクロンスケール、さらにミリメートル以上の領域まで、スケーラブルな高感度センサとして動作する。集団 (アンサンブル) の NV センタを用いることにより、室温で SQUID センサ並みの磁気感度も原理的に期待できるほどの優れた潜在能力を有する。計測対象に合わせたダイヤモンドセンサの最適な構造は、CVD 法や、イオン注入法、電子線照射等の半導体プロセス技術により実現される。さらに高感度なセンサの計測には、NV センタのスピンコヒーレンス時間が非常に長い特長を活かし、「量子」ならではのプロトコルが適用できる。具体的には、パルス磁気共鳴法 (ダイナミカルデカップリング法) を用いて、ナノスケール空間分解能で NMR とそのイメージングが可能となる。講演では、SiC 半導体中のシリコン空孔 (V_{Si}) のセンサとしての可能性も紹介したい。

[謝辞] 本研究は、(AIST)、(QST)、阪大、京大、東大、ルネサスエレクトロニクス (株) との共同研究の成果です。また CREST JPMJCR1333, MEXT Q-LEAP, CAO PRISM の支援を受けています。

[References] 1) H. Ishiwata, TI, MH et al., APL (2017), 2) Y. Hatano, TI, MH et al., physica status solidi (a) (2018), 3) T. Iwasaki, MH et al., ACS nano (2017), 4) T. Fukui, NM et al., APEX 7, 055201(2014), K. Tahara, TI, MH et al., APL 107, 193110 (2015), H. Ozawa, MH, TI et al., APEX 10, 045501 (2017), 5) T. Suto, TI, MH et al., APL 110 (2017), 6) M. Shimizu, T. Makino, MH, APEX (2018)

Table1 Applications of diamond quantum sensors and technology platform for material and devices

Applications			
			
Nano-NMR ¹⁾	Magnetic particle imaging ²⁾	Metastasis diagnosing	Device sensing ³⁾
Platform : Material and devices			
			
Selectively aligned, high-density CVD ⁴⁾	Growth on Si for large-area ⁵⁾	Charge control by device design ⁶⁾	

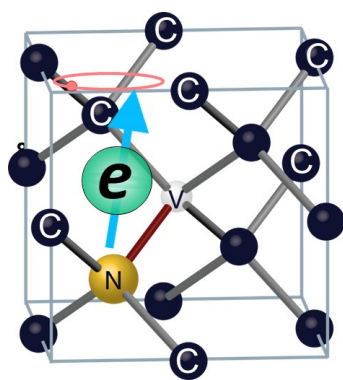


Fig.1 Structure of NV center in diamond