

NV センタによるパワーデバイスの内部電界イメージング

Internal Electric-Field Imaging of Power Devices Using Nitrogen-Vacancy Centers in Diamond

東工大¹, 産総研² ○金 光秀¹、水野 皓介¹、牧野 俊晴²、加藤 宙光²、小倉 政彦²、
竹内 大輔²、山崎 聡²、波多野 睦子¹、岩崎 孝之¹

Tokyo Tech¹, AIST², ○K. Kim¹, K. Mizuno¹, T. Makino², H. Kato², M. Ogura², D. Takeuchi²,
S. Yamasaki², M. Hatano¹, T. Iwasaki¹ E-mail: kim.k.aj@m.titech.ac.jp

絶縁破壊電界 10 MV/cm を有するダイヤモンド半導体は高電圧動作が可能な次世代パワーデバイス材料として期待されている。しかし電界集中などの異常現象によりデバイスの正常な動作ができなくなり、材料の物性限界まで到達しない。そのためデバイス内部の電界を高空間分解能かつ定量的にモニタリングする必要がある。我々はこれまでダイヤモンドパワーデバイス中の窒素-空孔(NV)センタを用いることで、内部電界の定量計測[1]及び分布観察[2]を報告した。これまで光検出磁気共鳴(ODMR)スペクトルの広がりなどにより誤差が大きく、高精度の分布観察には至らなかった。本研究では、測定プロトコルの最適化を行い、動作中のパワーデバイスについて内部電界イメージング計測を実施した。

Fig. 1 に計測デバイスの模式図を示す。ダイヤモンド(111)基板上に作製した縦型 p-i-n ダイオードを使用し、i 層中にイオン注入を用いてアンサンブルの NV センタを形成した。波長 532 nm のレーザをレンズアレイに通して広げ、約 26 μm 四方の範囲でデバイスに照射し、NV センタからの蛍光を電子増倍型 CCD カメラで検出した。マイクロ波パワーを最適化しイメージング計測を行った。

環境磁場を除去した状態で逆バイアス 400 V を印加した時の ODMR スペクトルを Fig. 2 に示す。マイクロ波パワーを低減することで信号の広がりを抑制し、高精度な測定を可能にした。電界を解析する範囲は X 方向 820 nm $\times$ Y 方向 820 nm で、電界集中が起こる n^+ エッジの部分(Fig. 1 の A)では 6 つのディップを示し、それぞれ違う軸の NV センタを感じる電界に対応する。分裂幅から得られた最大電界強度は 1.7 MV/cm で、 n^+ エッジから離れるにつれ分裂幅が小さくなり、 n^+ エッジから 8 μm 離れた位置(Fig. 1 の B)での電界強度は 0.13 MV/cm と計算された。これらの結果は 3 次元シミュレーション結果と良く一致していることを確かめた。

謝辞: 本研究は KAKENHI (18H01472) 及び JST-CREST (JPMJCR1333) の支援により実施されました。

[1] T. Iwasaki et al., ACS Nano, 11, 1238, 2017. [2] K. Kim et al., The 65th JSAP Spring, 2018.

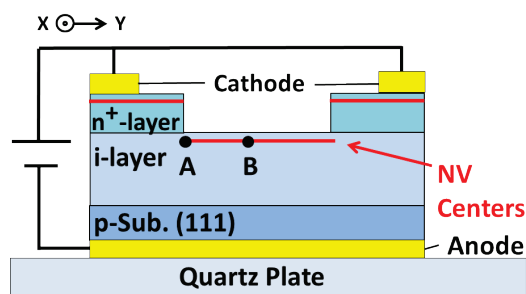


Fig. 1. Schematic of a diamond vertical p-i-n diode

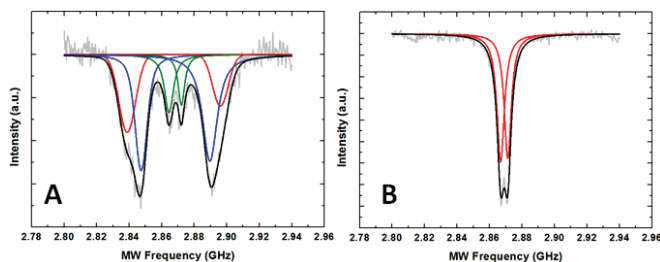


Fig. 2. ODMR spectra of two positions under a reverse bias of 400 V, measured by EMCCD