CVD ダイヤモンドの成長モード制御による高配向 NV センターの高密度化

Control of growth modes for high density of selectively aligned NV centers in CVD diamonds

○小澤 勇斗 [1,2]、田原 康佐 [1,2]、石綿 整 [1,2] 、岩崎 孝之 [1,2]、波多野 睦子 [1,2] (1. 東工大、2. CREST)

○Hayato Ozawa[1,2], Kosuke Tahara[1,2], Hitoshi Ishiwata[1,2], Takayuki Iwasaki[1,2], Mutsuko Hatano[1,2]

E-mail: ozawa.h.ad@m.titech.ac.jp

ダイヤモンド中の NV センターを用いた磁気センサの感度向上には特定方向に配向制御された高密度な NV センターが必要となる。NV センターの配向制御には、(111)基板上への CVD 成長が有効とされている[1]。著者らは、(111)基板上へ CVD 法により窒素ドープダイヤモンド薄膜を合成することで、10^{15}cm^{-3} 程度の密度において 80%以上の配向率を持つ NV センターの形成を実現してきた[2]。しかし、NV センター生成率(膜中における NV/N)が 0.01%と低く[2]、さらなる NV センターの高密度化には生成率の改善が必要である。本研究では、選択配向された NV センターの高密度化を目的とし、生成率に対する CVD 合成での成長モードの影響について検討を行った。

Ib ダイヤモンド(111)基板上に、CH_4/ N_2 /H_2(全流量に対し CH_4 0.05%, N_2 0.04%)をガス源とし、N ドープダイヤモンド薄膜の CVD 成長を行った。成長時にマイクロ波パワー(420 - 900W)により、成長温度を 700 - 1040°C で変化させた。これにより、基板表面での拡散長を変化させることで成長モードの制御を試みた。また、[$\bar{1}\bar{1}$2]方向へ 2°の角度で基板研磨をすることでオフ方向を与えた。

Fig.1 に成長温度 1040, 800°C での AFM 像を示す。1040°C ではステップ端が見られるのに対し、800°C ではオフ方向へのラテラル成長は伺えるが明確なステップ端は見えておらず、成長モードが変化している。これは、成長温度低化に伴う拡散長の減少により、成長の起点となるサイトがキンクからステップへ変化したためであると考えられる。Fig.2 において、N 密度は全成長温度でほぼ一定(10^{19}cm^{-3} 程度)であるのに対し、NV$^-$センター密度と生成率は 1040°C から 800°C にかけての成長温度低化に伴い増加し、それぞれ最大で 3.7×10^{16}cm^{-3}, 0.36%となった。このことから、成長モードの変化に伴い、空孔の形成効率が増加したことで、NV$^-$密度および生成率が向上したと考えられる。成長温度 800°C での ODMR スペクトルでは、[111]方向の NV$^-$センターからの信号のみであり、膜中 NV$^-$センターはほぼ完全に[111]配向している。したがって、配向制御に関する報告の中で最大の密度(10^{16}cm^{-3} 以上)と配向率が同時に得ることに成功した。

[1] T. Fukui *et al*. APEX **7**, 055201 (2014)
[2] K.Tahara *et al*. APL **107**, 193110 (2015)

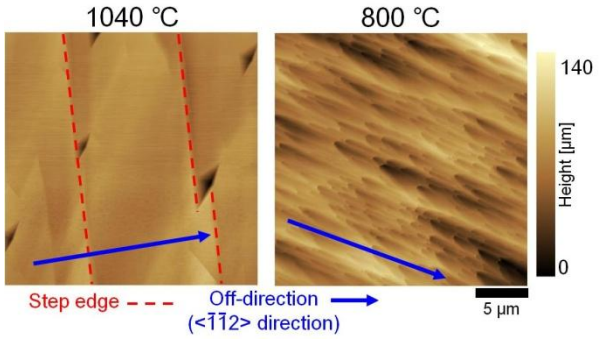

Fig. 1 AFM images of CVD diamonds grown under 1040 °C (left) and 800 °C (right) of growth temperature.

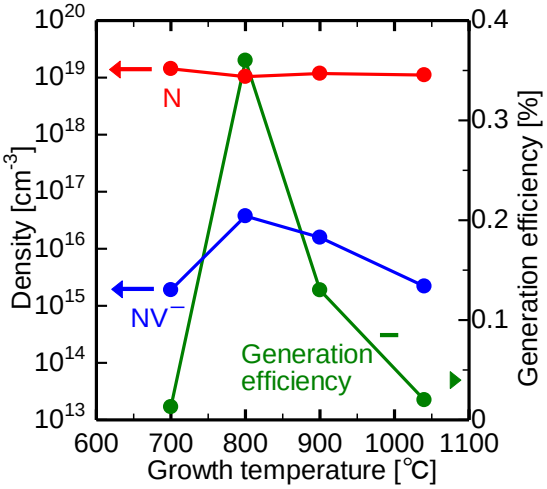

Fig. 2 Growth temperature characteristic of Nitrogen, NV center density and generation efficiency.

© 2016年 応用物理学会