

単結晶ダイヤモンドのレーザー切断(001)面における 電気伝導性及び CL スペクトルの表面処理依存性

Dependences of electrical conductivity and CL spectra of laser-cut single-crystalline diamond (001) surfaces on surface treating processes

大阪大学工学研究科 ○丸岡 憲史, 内藤 大樹, 毎田 修, 伊藤 利道

Graduate School of Eng, Osaka Univ., ○Kenji Maruoka, Taiki Naito, Osamu Maida, Toshimichi Ito

E-mail: k.maruoka@daiyan.eei.eng.osaka-u.ac.jp

1. はじめに

半導体材料として優れた特性をもつダイヤモンド半導体を加工する際、表面の平坦性のある程度保ちつつダイヤモンドを切断できる高出力レーザーがしばしば用いられる。単結晶基板をレーザー切断すると、切断面近傍には炭素の sp^2 結合を主体とする電気伝導性を有する変質層が形成されることが知られている。このレーザー加工により誘起された変質層は、ダイヤモンドデバイス作製プロセスの際に除去することが不可欠であるため、適切な除去プロセスを構築する必要がある。

そこで本研究では、高温高压合成(HPHT)Ib(001)基板やその上にホモエピタキシャル成長した CVD(001)膜のレーザー切断面に対し、化学洗浄や水素プラズマ照射を行った後、それらの表面電気特性やカソードルミネッセンス(CL)スペクトルを測定し、それらの除去プロセスの有効性を検討した。

2. 実験

HPHT Ib(001)基板を表面にほぼ平行にレーザー切断し、二枚に分離した。それらの切断面に対して、まず、過塩素酸による化学洗浄(10 h)を行った後、水素プラズマを照射した(0.5 h)。これらの各段階において、Van der Pauw 法による試料表面の電気的特性と、CL スペクトルの表面内分布を計測した。同様な実験を、HPHT Ib(001)基板上にマイクロ波プラズマ CVD 法によりホモエピタキシャル成長した試料に対しても行った。

3. 結果と考察

Fig. 1 に、上記の化学洗浄及び水素プラズマ照射を施した HPHT Ib 試料における、AC ホール測定により求めたシートキャリア（電子）濃度の温度依存性を示す。一つのキャリア群（電子）のみが電気伝導に寄与していると仮定したフィッティングにより求めた 480 K 以上の温度領域における活性化エネルギーは 1.7 ± 0.3 eV と算出された。この値は、ダイヤモンド中で格子空孔(V)を伴わない置換位置の窒素原子(N)からの活性化エネルギーとほぼ一致することから、元々Ib 結晶中に含まれていた窒素原子の大部分の電子状態が、レーザー加工、化学洗浄及び水素プラズマ照射プロセスを経て、そのような状態に変化し、 n 型の電気伝導が生じたことが示唆される。また、この温度領域での Hall 移動度は、最大で約 $300 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であり、当該変質層の結晶品質は比較的良かった。

一方、レーザー加工を施していない HPHT Ib 基板、レーザー切断 HPHT 基板と CVD 基板（いずれも表面はほ

ぼ(001)面に平行) に対し、15 keV 電子線を合計 25 C/cm^2 照射した後、CL スペクトルを測定した(Fig. 2)。単一の N 原子と格子間炭素原子に起因する発光である 389 nm ピークの強度²⁾、及び、N-V 複合欠陥に関連する発光である 525 nm 付近のブロードなピークの強度は、照射電子線のドーズ量に対して明瞭な依存性が観測され、レーザー切断面のラフネスにも依存した。当該変質層における高品質化の詳細は、他のデータも併せて、当日報告する。

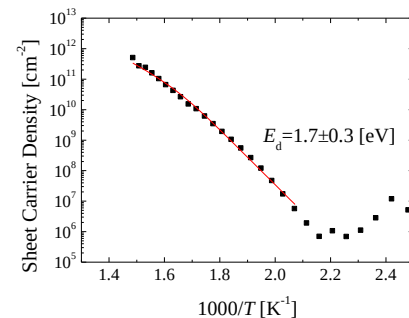


Fig. 1. Temperature dependence of sheet carrier (electron) density for laser-processed HPHT Ib (001) diamond crystal. The red line is a curve fitted to the experimental data using a single-carrier group model.

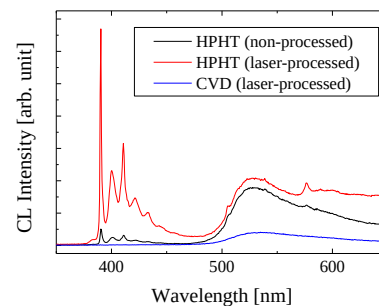


Fig. 2. Room-temperature cathodoluminescence spectra taken from the the non-processed HPHT Ib (001) diamond crystal and the laser-processed HPHT Ib (001) diamond crystal and the laser-processed CVD (001) diamond film, after 15-keV electron irradiation with a dose of 25 C/cm^2 .

【謝辞】 本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(B) (15H03557)の助成により行われた。

参考文献

- 1) R. G. Farrer: Solid State Communication 7 (1969) 685.
- 2) A. M. Zaitsev: Phys. Rev. B 61 (2000) 12909.