

SIMS 測定下限領域における窒素低減がダイヤモンド中の 電荷キャリア輸送特性に与える影響

Influence of reduction in nitrogen on charge carrier's transportation in diamond under the lower
detection limit region of SIMS

北大院工¹, 産総研² ○新名宏章¹, 大西将矢¹, 坪田雅功¹, 金子純一¹, 嶋岡毅紘¹, 宮崎大二郎¹,
茶屋原昭義², 梅沢仁², 小泉均¹, 鹿田真一²

Hokkaido Univ.¹, AIST², ○Hiroaki Shimmyo¹, Masaya Onishi¹, Masakatsu Tsubota¹,
Junichi H. Kaneko¹, Takehiro Shimaoka¹, Daijiro Miyazaki¹, Akiyoshi Chayahara²,
Hitoshi Umezawa², Hitoshi Koizumi¹, Shinichi Shikata²

E-mail: shimmyo@eng.hokudai.ac.jp

1. はじめに 従来、原子炉格納容器内で使用する機器は220℃、2MGyの環境に耐えられるよう設計されていた。福島第一原子力発電所事故ではこの想定を超える環境が発生し、原子炉核・プロセス計装系は過酷事故対応が求められている。それに対応可能な原子炉格納予期雰囲気モニタ (CAMS) への応用を念頭に置き、ダイヤモンド放射線検出器と前置増幅器用ダイヤモンド電界効果トランジスタの開発を進めている。

ダイヤモンドは軽元素である炭素が共有結合した禁制帯幅5.5eVのワイドバンドギャップ半導体であり、高い耐放射線性や高温環境下での動作といった優れた特性が期待される。一方、このような環境下で放射線検出器として安定動作させるためには、電荷捕獲準位を作る不純物や欠陥を限りなく低減した単結晶ダイヤモンドが必要となる。本研究では性能向上の試みとして、二次イオン質量分析 (SIMS) 測定下限以下の窒素不純物の低減を行い、電荷キャリア輸送特性に対する影響を評価した。

2. 実験 CVD法により単結晶ダイヤモンドを合成後検出器化し、性能を評価した。オフ角をつけた5×5 mm² 程度の高圧高温合成したIIa型ダイヤモンドを基板として、(001)面上にメタン濃度1%、ガス圧力110Torrとし合成した。結晶成長層厚さは概ね100μmとなった。合成した結晶のSIMS測定ではN、O、Siは測定下限以下である事を確認した。しかし、到達真空度からサンプル交換口の大気リークが考えられ、それに起因して結晶表面にステップバンチングが形成された。

大気リークによる窒素等の混入を低減するため、チャンバーのサンプル交換口にバルーンを取り付け、Arガスを充填しながら合成し比較用の試料とした。ダイレクト・ウェハ法により基板から自立膜化し、紫外・可視吸光スペクトル測定後、As-grown面にTiC/Ptオーミック電極、裏面にRuショットキー電極を付け、検出器とした。漏れ電流-印加電圧特性、²⁴¹Amからの5.5MeV α線照射による誘導電荷量分布測定等を行った。さらに、真空度を向上させ、不純物を低減するためにフルメタルシールのチャンバーを使用した結晶合成や、点欠陥を低減するために結晶合成後のアニールなども試みた。

3. 実験結果 Arバルーンを使用して合成した結晶では、異常成長やステップバンチングが減り、平滑な単結晶が得られた。従来の合成では電荷収集効率は正孔:99±0.5%、電子:97±0.7%であったものが、それぞれ正孔:97±0.5%、電子:88±1.0%に低下した。カソードルミネッセンス測定でも同様の結果が自由励起子再結合発光強度の低下として観察されており、電荷キャリア捕獲準位を微量に混入していた窒素が補償していた可能性が高い。

本研究の一部は原子力システム研究開発事業の一環として行ったものである。

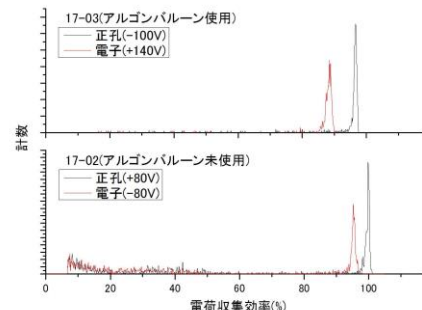


図1 Arバルーン有無による電荷キャリア輸送特性の比較