

課題番号 : F-14-BA-19  
利用形態 : 技術相談  
題名(日本語) : 超薄膜型単結晶 CVD ダイヤモンドデバイスの開発  
Program Title (English) : Development of ultra-thin single-crystalline CVD diamond device  
利用者名(日本語) : 花泉 修<sup>1)</sup>, 加田 渉<sup>1)</sup>, 酒井 真理<sup>2)</sup>, Michal Pomorski<sup>3)</sup>  
Username (English) : O. Hanaizumi<sup>1)</sup>, W. Kada<sup>1)</sup>, M. Sakai<sup>2)</sup>, M. Pomorski<sup>3)</sup>  
所属名(日本語) : 1) 群馬大学大学院理工学府, 2) 群馬大学重粒子医学研究センター, 3) CEA-LIST  
LIST Affiliation (English) : 1) Gunma University, 2) GHMC, 3) CEA-LIST

## 1. 概要(Summary)

重粒子線治療における効果的な治療計画の立案には、低照射領域において生物学的放射線効果を正確に評価する技術の開発が重要となる。しかしながら、現状において、荷電粒子を個別細胞に照射した際に、各個体に対する照射量を正確に把握することは容易とはいえない。細胞の培養環境に荷電粒子検出器が組み込まれ、細胞の培養環境を変化させずに計測が可能となれば、荷電粒子照射情報の詳細取得や、生体に密接な位置での線量評価が可能となると考えられる。

他方で単結晶ダイヤモンドは生体親和性に優れ、同時にワイドギャップ半導体として優れた電気特性を有している。ダイヤモンドを利用した荷電粒子検出器の開発は既に多数報告されており、この検出器上に細胞培養環境を形成できれば、目的とする複合デバイスが実現できると考えられる。本研究では、電気的特性に優れた単結晶 chemical vapor deposition (CVD)ダイヤモンドを基板として利用し、基板表面に細胞培養環境となる溝形構造を微細加工により形成した。荷電粒子検出器として機能する薄膜型単結晶 CVD ダイヤモンド表面において、細胞培養の可能性について検討した。

## 2. 実験(Experimental)

単結晶 CVD ダイヤモンド薄膜(Element Six 社製、基板サイズ: 3 mm × 3 mm, 厚さ 30 μm) を基板として利用し、これに微細加工を施した。CEA-LIST に設置されたプラズマエッチング装置により反応性イオンエッチング(reactive ion etching: RIE) 処理を行った。ダイヤモンド基板の一部にシャドウマスクをかぶせ、Ar/O<sub>2</sub> プラズマ下で処理した。これにより、基板表面に溝型構造(溝深さ 約 23 μm, 加工領域 2 mm × 2 mm) を形成した。同様の溝形構造を有する単結晶

CVD ダイヤモンド薄膜が荷電粒子検出器として動作することはこれまでの実験により確認されている[1]。このダイヤモンド基板溝形構造において、さらに細胞培養を検討した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

溝形構造を形成したダイヤモンド薄膜に対し、蒸留水での洗浄処理、次いで紫外線を 20 分間照射することで滅菌処理を施した。その後、ダイヤモンド薄膜を 1ml 培地(EMEM + FBS, L-Glu, PS)を加えた 6-well プレート中に沈め、HSG 細胞を加え培養した。細胞の様子を 1 日おきに観察し、さらに 3 日後、ダイヤモンド薄膜を別容器に移動し、培地 1ml を追加した。その後 3 日間静置して、細胞の増殖増強を確認した[2]。

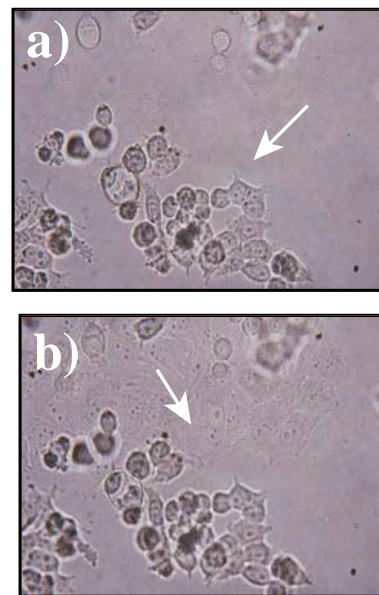


Fig.1 Expanded optical microscope images of cell culture on diamond membrane after 3 days of final procedure. Different focal points for cell distribution were found in the images of a) and

b). Differences in cell size in images represent the differences in adhesive functions on the surface of diamond detector.

Fig. 1 にダイヤモンド薄膜部位に付着した細胞の観察画像を示す。細胞自体の増殖率が通常の細胞培養環境とは異なるものの、細胞の接着と増殖が確認された[3]。

#### 4. その他・特記事項(Others)

当初の実験計画で利用を予定していた筑波大設置装置の不調により、本研究の実験遂行は CEA-LIST ならびに群馬大学に設置された装置を利用して遂行した。また本研究は JSPS 科研費 26600139 の助成を受け実施された。細胞培養に関して、群馬大学重粒子線医学研究センター八高研究員のご協力を頂いた。ここに感謝申し上げます。

#### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) Wataru Kada, Yuya Kambayashi, Michal Pomorski, Takahiro Makino, Shinobu Onoda, Veljko Grilj, Natko Skukan, Milko Jakšić, Takeshi Ohshima, Tomihiro Kamiya, and Osamu Hanaizumi, Development of Thin CVD Diamond Detector for Heavy Ion Measurement, 1st International Symposium of Gunma University Medical Innovation, Kiryu (Japan), 平成 26 年 12 月 05 日.

(2) Makoto Sakai, Wataru Kada, Michal Pomorski and Osamu Hanaizumi, CVD Diamond Dosimeter Dish for Living-cell Cultivation, 1st International Symposium of Gunma University Medical Innovation, Kiryu (Japan), 平成 26 年 12 月 05 日.

(3) 加田 渉, 酒井 真理, Michal Pomorski, Veljko Grilj, Natko Skukan, 神林 佑哉, 牧野 高紘, Milko Jakšić, 小野田 忍, 大島 武, 神谷 富裕, 花泉 修, 荷電粒子検出器となる薄膜型単結晶 CVD ダイヤモンド上での細胞培養の試み, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 東海大学, 平成 27 年 03 月 12 日.

#### 6. 関連特許(Patent)

なし。

