

イオン注入によるダイヤモンドのカラー化技術

谷口 昌平^{*1)} 渡邊 宝^{*2)} 斉藤 幸典^{*3)}

Coloring of gem diamonds by ion implantation

Shohei Taniguchi^{*1)}, Takara Watanabe^{*2)}, Yukinori Saito^{*3)}

キーワード：イオン注入，ダイヤモンド，カラー化，描画技術

Keywords : Ion implantation, Diamond, Coloring, drawing technology

1. はじめに

天然のカラーダイヤモンドは希少価値が高く，非常に高価である。そのため，人工的にカラー化したダイヤモンド⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾が，多くのジュエリーに使用されている。ここでは，高エネルギー（数 MeV オーダー）イオンを注入することにより，無色透明のダイヤモンドをカラー化する技術，および様々な形に穴を開けた金属板（マスク）を通し，イオン注入することにより，ダイヤモンド表面に文字やマークを描画する技術について報告する。

2. 実験方法

試料は，1/15 カラット以下のブリリアント・カットしたダイヤモンドを用いた。テーブル面から，水素 (H)，硼素 (B)，炭素 (C)，窒素 (N)，珪素 (Si)，銅 (Cu)，金 (Au)イオンを注入した。エネルギーは水素イオンの場合は 1.5 MeV，その他は 3 MeV とし，注入量は， $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{16}$ ions/cm² の範囲で行った。また，試料前面に様々な穴あけ加工した金属板を設置した後，イオン注入を行い，穴の形にカラー化させ，ダイヤモンドに文字やマークなどの描画が可能であるかを検討した。

イオン注入したダイヤモンドのカラー化原因を調べるために，ラマン分光分析を行った。

3. 結果

図 1 にイオン注入したダイヤモンドの写真を示す。イオン注入によりダイヤモンドのカラー化が可能であることが明らかになった。カラーはイオンの種類により異なり，低い原子番号ではグリーンになり，原子番号が高くなるに従い，黄緑からブラウンと変化した。また，注入量を増やすとカラーの濃度が濃くなることが明らかになった。

図 2 にマスクを通してイオン注入したダイヤモンドの写真を示す。(a)円形（200 μm，ピッチ 250 μm）および(b)

線（2000 × 100 μm，ピッチ 250 μm）の形に穴が開いている透過型電子顕微鏡用グリッドメッシュを用いてカラー模様をダイヤモンド表面に描画した。マスク穴の形状どおりにイオンが注入され，その部分のみがカラー化した。また，レーザー加工により，30 μm のドットで「TIRI」と穴を開けたマスクを用いた描画結果を(c)に示す。この結果から，任意の文字やマークなどの形にダイヤモンドをカラー化し描画できることが明らかになった。次に(a)～(c)とは逆に，文字以外の部分をカラー化することにより，描画した結果を(d)に示す。20 μm の線により文字やマークを形成している TEM 用グリッドメッシュを用いてイオン注入した結果，線の部分はカラー化せず描画できた。これらの結果から，マスクを作製することにより，様々な描画が可能であることが明らかになった。

図 3 に(a)未注入試料および(b)Au イオン注入し黒色化したダイヤモンドのラマンスペクトルをそれぞれ示す。未注入のダイヤモンドは 1333 cm⁻¹ にピークが現れたが，Au イオン注入試料では DLC と同様のスペクトル形状を示した。この結果から，黒色化したのは，イオン注入によりダイヤモンドの結晶構造が変化したことに起因すると考えられた。

4. まとめ

ダイヤモンドにイオン注入することにより，カラー化が可能であり，さらにマスクを通してイオン注入することにより，ダイヤモンドに文字やマークなどの描画が可能であることが明らかになった。得られた結果を以下にまとめる。(1)イオン種，注入量を制御することにより，色，濃度を制御できることが分かった。このことから多品種製造に適していると考えられた。

(2)マスク越しにイオン注入するとマスクの形に着色するので，模様や文字がダイヤモンドに描けることが分かった。

(3)Au イオン注入による黒色化は，イオンのエネルギーにより，ダイヤモンドの結晶構造が変化することに起因すると示唆された。

^{*1)} ライフサイエンスグループ

^{*2)} 有限会社 ゼロポイント

^{*3)} 山梨大学大学院医学工学総合研究部

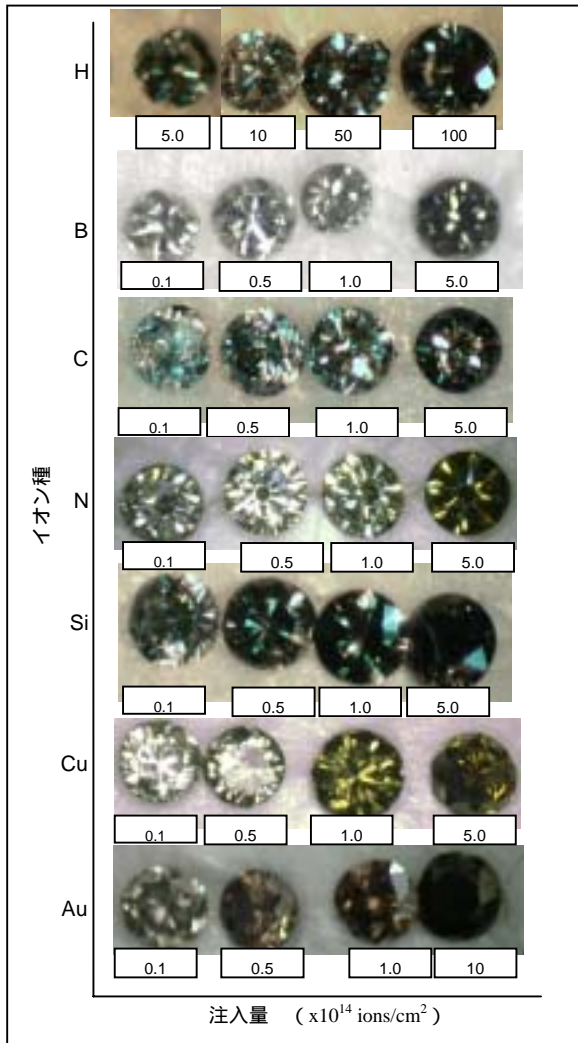


図1. イオン注入したダイヤモンド
イオン種・注入量とカラーの関係

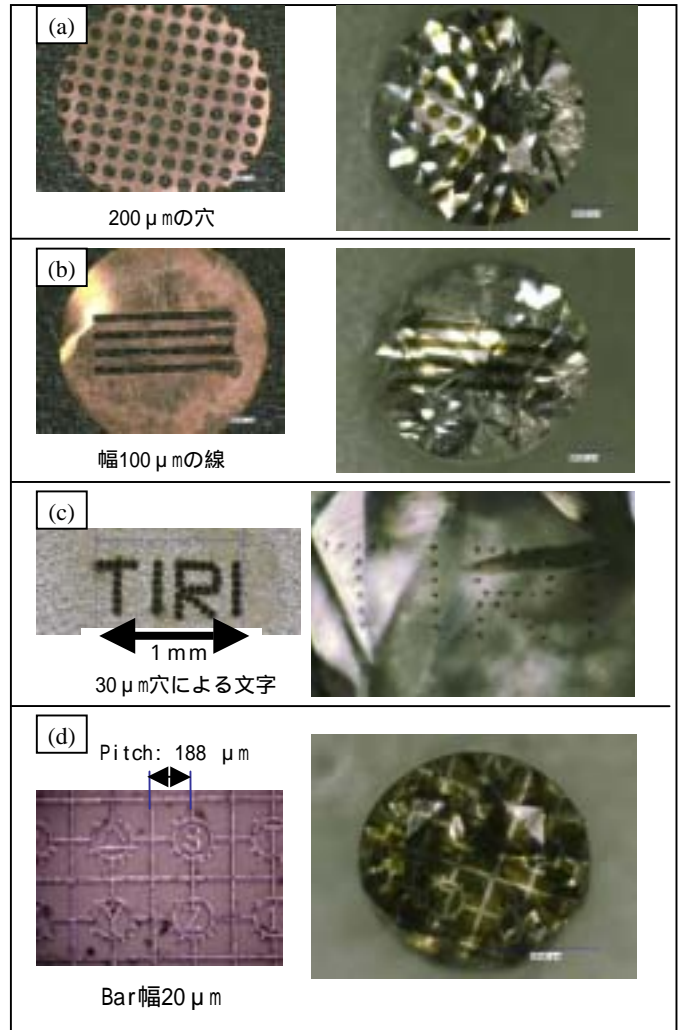


図2. マスクイオン注入したダイヤモンド
マスク(左), 描画したダイヤモンド(右)
イオン種: Si, 注入量 5×10^{14} ions/cm²

(平成19年6月26日受付, 平成19年8月13日再受付)

文 献

- (1) 梅田巖, 飯田孝一:「ダイヤモンドの放射線着色」, 放射線と産業, Vol.63, p.36-40 (1994)
- (2) 梅田巖:「陽子線照射によるダイヤモンドの着色試験」, 放射線と産業, Vol.67, pp.56-57 (1995)
- (3) 依田六郎:「宝石としてのダイヤモンド」, 材料科学, Vol.22, No.1 pp.35-38 (1985)
- (4) F. H. Pough, A. A. Schulke:「The Recognition of Surface Irradiated Diamonds」, GEMS & GEMOLOGY, Vol.VII, No.1 pp.3-11 (1951)
- (5) A. T. Collins:「The detection of colour-enhanced and synthetic gem diamonds by optical spectroscopy」, Diamond and related materials, Vol.12, No.10/11 pp.1976-1983 (2003)

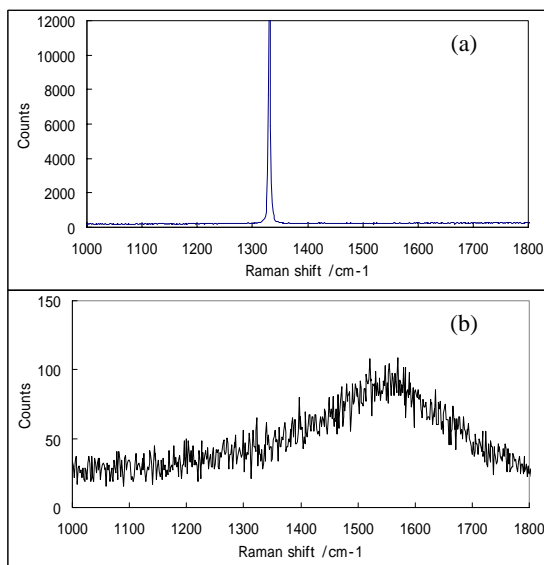


図3. レーザラマン分光分析
(a)未注入試料, (b)Au イオン注入試料: 5×10^{14} ions/cm²