

炭化ケイ素(SiC)はパワー半導体の主要素材であるシリコン(Si)よりも熱伝導率・バンドギャップ・耐圧に優れた素材であり、新たなパワー半導体の材料として注目されている。しかし、その優れた機械特性ゆえに加工が困難である。そこで我々はイオンビーム照射による材料表面の隆起現象を用いた加工技術について研究している。これまでの研究では、SiC 基板に Ar ビームを照射する場合、照射量が約 $7 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ まで隆起高さが線形的に変化することが分かっている。また、照射部の表面粗さに関しては、高照射量($1 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ - $10^{19}/\text{cm}^2$)での測定はなされているが^[1]、隆起高さが線形的に変化する上記の照射量での測定は無かった。そこで、今回の研究目的は、半導体デバイスとして利用されている 4H-SiC 基板に隆起高さが線形的に変化する照射量のイオンビームを照射し、照射量・入射角度が表面形状に及ぼす影響を実験的に調査することとした。

多価重イオンビーム照射装置を用いて、4H-SiC 基板(CREE 社製)に Ar ビームを照射した。照射量は、照射量とともに隆起高さが増加する照射量(Fluence)領域($1-10 \times 10^{15}/\text{cm}^2$)で変化させ、スパーサーで基板に傾斜を与えて入射角度(θ)を最大 20° まで変化させた。また、Ar イオンの注入深さが入射角度によらず一定になるように加速電圧を設定した。照射した基板の表面形状は、原子間力顕微鏡(AFM)を用いて測定した後、測定結果を解析し表面粗さの指標である RMS で評価した。

測定の結果、RMS はある照射量まで一旦増加し、その後減少する傾向を示すことが分かった(図 1)。RMS が一旦増加した原因として、イオンビーム照射による欠陥の生成と結合の変化が考えられる。欠陥生成と原子間結合の変化が隆起構造形成の原因と考えられており、照射量が低いと個別のイオンによる隆起が点在して凹凸ができ、RMS も照射前より増加する。照射量の増加とともに表面の隆起が一樣に起こると、RMS は減少していくと考えられる。4H-SiC 基板に Ar ビームを 90keV で照射した隆起高さが単調増加する照射量は $7 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ までであった。図 1 では $4 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ まで RMS が増加し、 $7 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ に近づくにつれて減少していることから RMS と表面の隆起の関係が分かる。また、RMS は入射角度によって最大になる照射量が変わることが明らかになった(図 2)。しかし、最大値の値や最大値の前後の照射量での挙動に顕著な変化は見られなかった。TRIM コードによる計算によると、Ar ビームによる SiC のスパッタリング率は $0-20^\circ$ まではほぼ一定であった。つまり、イオン種と飛程が一定でスパッタリングが大きく変化しなければ、RMS の挙動に大きな変化はないと考えられる。

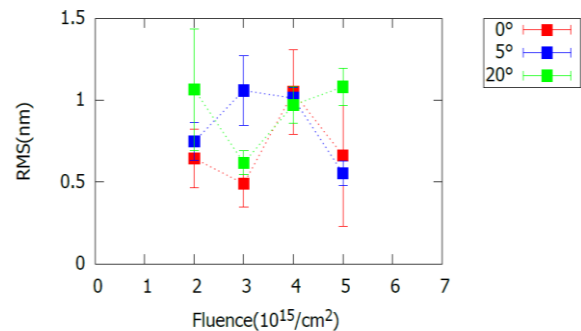
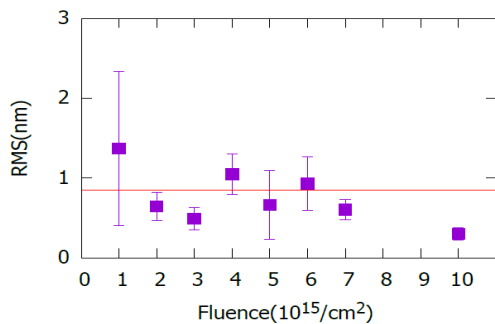


図 1. $\theta=0^\circ$ における RMS の照射量依存性

図 2. 各角度における RMS の照射量依存性

参考文献

(1) A. Datta, Yuh-Renn Wu, and Y. L. Wang Phys. Rev. B 63, 125407 (2001)