

$^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線照射した高純度  $\alpha$ -石英における酸素欠陥生成Formation of oxygen vacancies in high-purity  $\alpha$ -quartz exposed to  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -rays都立大<sup>1</sup>, Latvia 大<sup>2</sup>, 東工大<sup>3</sup> ○ 梶原 浩一<sup>1</sup>, Linards Skuja<sup>2</sup>, 細野 秀雄<sup>3</sup>TMU<sup>1</sup>, Univ. Latvia<sup>2</sup>, TITech<sup>3</sup> Koichi Kajihara, Linards Skuja, Hideo Hosono

E-mail: kkaji@tmu.ac.jp

緒言  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線照射によって電子励起した非晶質  $\text{SiO}_2$  ( $a\text{-SiO}_2$ , シリカガラス) では、Si-O-Si 結合から O が外れることで酸素欠陥 (Si-Si 結合) と格子間酸素原子・分子が生成する。これは非晶質での Frenkel 過程とみなせ、 $a\text{-SiO}_2$  で最も本質的な真性欠陥過程である [1]。他方、代表的な結晶性  $\text{SiO}_2$  である  $\alpha$ -石英でも近年高純度試料が入手できるようになった。これらと高純度  $a\text{-SiO}_2$  との照射応答を比較することで、イオン性化合物での非晶質化 (構造のランダムネス) が Frenkel 過程に及ぼす影響を知見できると期待され、実際に、Si-Si 結合の生成効率は高純度  $\alpha$ -石英の方が高純度  $a\text{-SiO}_2$  より  $\sim 1$  桁低いことが判明した [2] が、Al などの微量不純物による影響は不明であった。今回、Al 濃度の異なる高純度  $\alpha$ -石英試料で  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線に対する照射応答を調べた結果を報告する。

実験 Al 濃度の異なる 3 種類の高純度  $\alpha$ -石英試料 A、B、C (Al 濃度各  $\sim 1.1 \times 10^{15}$ 、 $\sim 2.3 \times 10^{15}$ 、 $\sim 3.4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ) に  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線を照射 (於 QST 高崎量子応用研究所、最大吸収線量  $\sim 3 \times 10^7 \text{ Gy}$ ) した。照射後、試料の可視紫外および真空紫外吸収測定を行い、7.6 eV の光吸収帯の強度から Si-Si 結合の生成量を評価した。

結果と考察 Fig. 1 に試料 A の誘起光吸収スペクトルを示す。7.6 eV に Si-Si 結合に起因する光吸収帯が生じ、その強度は吸収線量とともに増大した。他方、アルミニウム-酸素ホール中心に起因する幅広い可視紫外吸収帯 (例えば [3]) はほとんど観察されなかった。

Fig. 2 に Si-Si 結合濃度の吸収線量依存性を示す。高純度  $a\text{-SiO}_2$  での結果 (仮想温度  $T_f=900^\circ\text{C}$  と  $1400^\circ\text{C}$  の 2 試料 [1]) もあわせて示した。いずれの試料でも Si-Si 結合が Al 濃度以上に形成され、その濃度は高線量域で吸収線量に比例したことから、この過程は真性欠陥過程であると考えられる。生成した Si-Si 結合濃度は試料 B が最大であった。この試料は文献 [2] で用いたものと同じであり、結果は良く一致した。他方、試料 A と C では、Si-Si 結合濃度が  $a\text{-SiO}_2$  に比べ最大 2 桁近く小さかった。Si-Si 結合濃度が試料に依存し、Al 濃度との相関も弱いことから、欠陥形成に寄与する他の外的因子の存在が示唆される。試料 A は  $10^7 \text{ Gy}$  以上の高線量  $\gamma$  線照射後も波長 200 nm より長波長側に光吸収を生じなかったことから、照射耐性に優れた光学材料として有望である。

謝辞 高純度  $\alpha$ -石英試料を提供頂きました日本電波工業株式会社様に感謝致します。

[1] K. Kajihara, M. Hirano, L. Skuja, and H. Hosono, Phys. Rev. B **78**, 094201 (2008).

[2] K. Kajihara, L. Skuja, and H. Hosono, J. Appl. Phys. **113**, 143511 (2013).

[3] O. F. Schirmer, Solid State Commun. **18**, 1349 (1976).

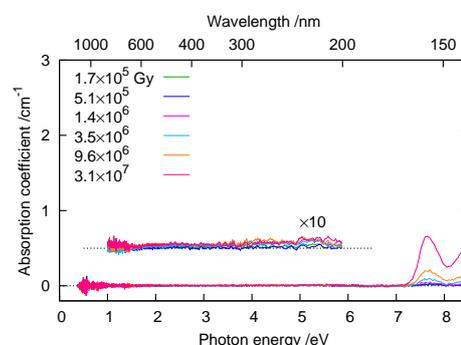


Fig. 1: Induced optical absorption spectra of high-purity  $\alpha$ -quartz samples A exposed to  $\gamma$ -rays.

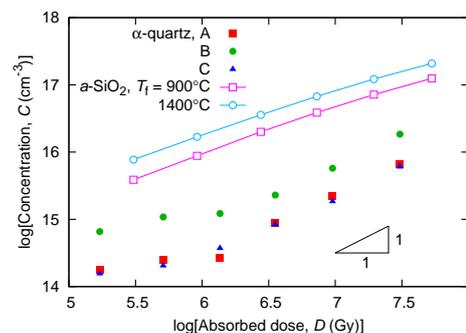


Fig. 2: Variations of concentrations of Si-Si bonds with  $\gamma$ -ray absorbed dose in  $\alpha$ -quartz samples. Data for  $a\text{-SiO}_2$  samples [1] are also shown.