2.5MeV 電子線または高速中性子線線照射した α-石英における非晶質性点欠陥の形成

Creation of amorphous-characteristic point defects in α-quartz by 2.5 MeV electrons and by fast neutrons

Latvia 大 [1]、Paris-Saclay 大 [2]、首都大 [3]　Linards Skuja[1]、Nadége Ollier[2]、○ 梶原 浩一 [3]、Krisjanis Smits[1]

Univ. Latvia[1], Univ. Paris-Saclay[2], TMU[3]　Linards Skuja[1], Nadége Ollier[2], ○Koichi Kajihara[3], Krisjanis Smits[1]

E-mail: kkaji@tmu.ac.jp

緒言 代表的な結晶性シリカである α-石英は、中性子線、電子線、イオンビームなどの粒子線照射によって非晶質化する [1, 2]。この過程はしばしば点欠陥の形成を伴うが、結晶性シリカ中では観察されず、非晶質化領域にのみ形成される点欠陥に着目することで、照射誘起非晶質化を追跡できる。本発表では、酸素ダングリングボンド (NBOHC)、二配位 Si、格子間 O_2 という三種類の発光性点欠陥をプローブとし、強力な非晶質化能を有する高速中性子線、またはより穏やかな線源である 2.5 MeV 電子線を照射した α-石英での欠陥過程をを調べた結果 [3] について報告する。

実験 α-石英に最大 3×10^{19} cm^{-2} の 2.5 MeV 電子線または 1×10^{19} cm^{-2} の高速中性子線を照射した。電子線の線量は巨視的な非晶質化の閾値 (~3×10^{20} cm^{-2} [1, 2]) 以下に留めた。得られた試料の発光測定を行った。

結果と考察 Fig. 1 に NBOHC の発光スペクトルを示す。電子線照射した試料では α-石英の Raman ピーク (V1–V4) が明瞭に観察され、巨視的な非晶質化が起こっていないことが示された。また、非晶質化した領域に形成された NBOHC に帰属されるブロードな発光は電子線照射した α-石英の方が弱かった。加えて、両試料ともに、結晶的な NBOHC に帰属される鋭い発光 (1–13) が観察された。これらの NBOHC の近傍の Si–O 網目は結晶の規則性を維持していることが示唆される。

Fig. 2 に格子間 O_2 の赤外発光スペクトルを示す。中性子線照射した α-石英での格子間 O_2 の発光はシリカガラス中での発光に比べて低波数シフトしており、O_2 の包接空間が狭いことが示された [4]。一方、電子線照射した α-石英では格子間 O_2 は観察されなかった。また、二配位 Si も、中性子線照射した α-石英のみで観察され、電子線照射した α-石英では観察されなかった。格子間 O_2 と二配位 Si の形成には、NBOHC の形成に比べてより広範囲な非晶質化が必要なことが示唆される。

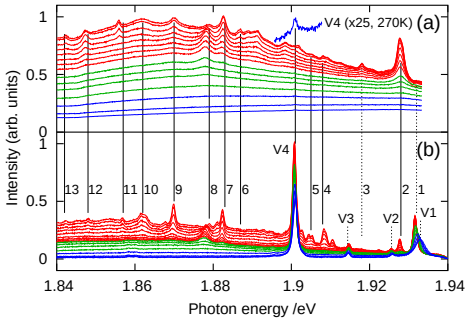

Fig. 1: PL spectra of NBOHC in α-quartz exposed to (a) 1×10^{19} cm^{-2} fast neutron or (b) 1.4×10^{19} cm^{-2} electron beams, measured at <100K (red), ≳100K (green), and at ≳200K (blue) under excitation at 632.8 nm. Peaks V1–V4 are Raman bands of α-quartz.

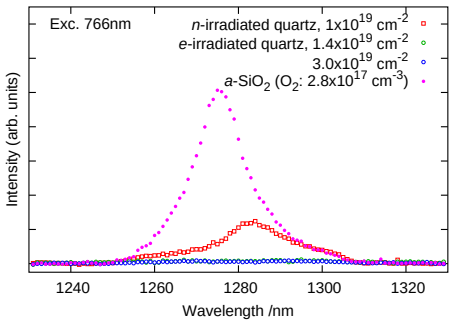

Fig. 2: PL spectra of interstitial O_2 in α-quartz exposed to neutron or electron beams, and oxygen-excess a-SiO_2.

[1] H. Inui, H. Mori, T. Sakata, and H. Fujita, J. Non-Cryst. Solids **116**, 1 (1990).
[2] N. Jiang, Rep. Prog. Phys. **79**, 016501 (2016).
[3] L. Skuja, N. Ollier, K. Kajihara, and K. Smits, J. Non-Cryst. Solids **505**, 252 (2019).
[4] L. Skuja, B. Güttler, D. Schiel, and A. R. Silin, Phys. Rev. B **58**, 14296 (1998).

© 2019年 応用物理学会