

Ultraszybkie strukturalne przemiany fazowe w metalach

2020

1920

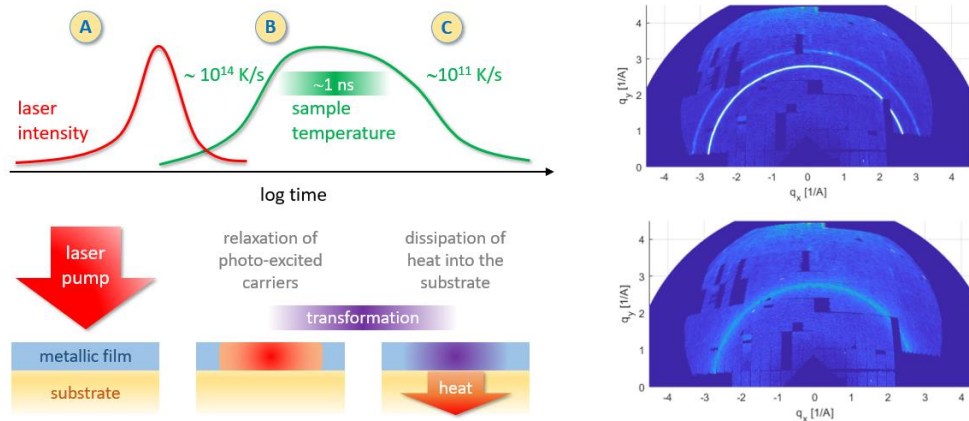
1920-2020



100 YEARS of POLISH PHYSICAL SOCIETY

Jerzy Antonowicz, Ryszard Sobierajski
Politechnika Warszawska, Instytut Fizyki PAN

Szkła należą do szczególnej grupy materiałów, które w odróżnieniu od kryształów nie posiadają periodycznej struktury atomowej. Pomimo że struktura atomowa szkieł przypomina zamrożoną konfiguracyjnie strukturę cieczy, makroskopowo szkła zachowują się jak ciała stałe. Otrzymanie szkła wymaga zazwyczaj szybkiego schłodzenia cieczy od temperatury powyżej punktu topnienia do tzw. temperatury zeszklenia, w której lepkość przechłodzonej cieczy zaczyna gwałtownie rosnąć. W porównaniu do tlenków lub polimerów, metale wykazują znikomą zdolność szkłotwórczą. Jest to związane z niezwykle wysoką mobilnością atomów w cieczach metalicznych, która zazwyczaj prowadzi do natychmiastowej krystalizacji przy przechłodzeniu [1]. Ze względu na bardzo krótkie skale czasowe procesów zeszklenia i krystalizacji ich badanie stanowi poważne wyzwanie eksperymentalne i sprawia, że ich natura pozostaje w znacznym stopniu niezbadana. Powyższe ograniczenie może zostać przezwyciężone przez zastosowanie metody wygrzewania ultrakrótkimi impulsami laserowymi [2] i charakteryzacji strukturalnej próbki wiązką elektronów lub promieni X w celu prześledzenia ewolucji układu w trakcie przemian między fazami ciekłą, szklistą i krystaliczną. To nowe, unikalne podejście po raz pierwszy pozwala na zbadanie w czasie rzeczywistym procesów zeszklenia, zarodkowania i wzrostu fazy krystalicznej jak również topnienia metali.



Po lewej - schemat metody wygrzewania ultrakrótkimi impulsami laserowymi. Po absorpcji femtosekundowego impulsu laserowego (A) cienka warstwa metaliczna (krystaliczna bądź szklista) jest lokalnie ogrzewana z prędkością rzędu 10^{14} K/s (B). Przemiana zachodzi w krótkim przedziale czasu (rzędu 1 ns) pomiędzy ogrzaniem a schłodzeniem warstwy na drodze przewodzenia ciepła w głąb substratu zachodzącym z prędkością rzędu 10^{11} K/s (C). Struktura atomowa wzbudzonego obszaru warstwy może być próbkowana impulsem promieni X lub elektronów w trakcie ogrzewania/chłodzenia lub w dłuższej skali czasowej, w stanie „zamrożonym”. Po prawej - dyfraktogramy rentgenowskie cienkiej warstwy palladu zmierzone podczas eksperymentu na Europejskim Rentgenowskim Laserze na Swobodnych Elektronach (EuXFEL). Pokazano ultraszybką, zachodzącą w czasie 10 ps, przemianę ze stanu krystalicznego (góra) do ciekłego (dół).

Słowa kluczowe: szkła metaliczne, krystalizacja, XFEL, wygrzewanie laserowe, dyfrakcja promieni X i elektronów

Bibliografia

1. A. L. GREER, NATURE MATERIALS **14**, 542 (2015)
2. P. ZALDEN ET AL., SCIENCE **364** 1062 (2019)

