

Szklą są szczególnym rodzajem materiałów, których struktura atomowa, w odróżnieniu od ciał krystalicznych, nie jest regularna. Szklą są bezpostaciowe, co oznacza, że ich uporządkowanie na poziomie atomowym przypomina strukturę zamrożonej cieczy, jednakże są one mechanicznie sztywne i makroskopowo zachowują się jak ciała stałe. Najczęstszym sposobem otrzymywania szkła jest przechłodzenie cieczy. Proces ten polega na jej szybkim chłodzeniu od temperatury powyżej punktu topnienia, aż do tzw. temperatury zeszklenia, w której następuje zatrzymanie ruchów atomów i zamrożenie układu w stanie nieuporządkowanym. Proces ten musi być na tyle gwałtowny by wyprzedzić krystalizację próbki, Stan szklisty występuje naturalnie w przyrodzie, a przykładem mogą być tu szklą wulkaniczne, wykorzystywane przez ludzkość już za czasów epoki kamienia. W późniejszym okresie, egipcjcy rzemieślnicy, wykorzystując stopiony piasek, zapoczątkowali wytwarzanie syntetycznych szkieł krzemionkowych. Współcześnie, różnego rodzaju szklą są kluczowymi materiałami dla zastosowań przemysłowych, a ich obecność w życiu codziennym stała się powszechna.

Wraz z upływem czasu, szklą mają tendencję do przemiany w stan krystaliczny, czemu towarzyszy obniżenie energii układu. Zdolność szkłotwórcza cieczy, jak również trwałość samego szkła, są wynikiem zahamowania tego procesu. Różnice w zdolności szkłotwórczej różnych cieczy, a co za tym idzie w szybkości chłodzenia niezbędnej do wytworzenia szkła, mogą być bardzo znaczące. Wspomniana powyżej krzemionka, ulega zeszkleniu niezwykle łatwo, ze względu na powolną dynamikę ruchów atomowych w cieczy przechłodzonej. Zupełnie odmienne zachowanie cechuje ciecze metaliczne, które są zazwyczaj układami o znikomej zdolności szkłotwórczej. Z powodu trudności z uzyskaniem fazy szklistej w metalach, historia szkieł metalicznych liczy sobie zaledwie nieco ponad pół wieku. Trudności te są wynikiem niezwyklej szybkości z jaką następują zmiany uporządkowania atomów w ciekłym metalu, w szczególności w zakresie temperatur, w którym krystalizacja jest najbardziej prawdopodobna, a prędkość przemieszczania się frontu krystalizacji sięga prędkości dźwięku (rzędu kilometrów na sekundę). Bardzo krótki czas trwania zachodzących w ciekłym metalu procesów krystalizacji jest zasadniczą przyczyną, dla której ich badanie stanowi wyzwanie z punktu widzenia pomiarów. Ograniczenie te sprawia również, iż nasza dotychczasowa wiedza na temat podstawowych mechanizmów powstawania szkieł metalicznych jest wciąż znikoma.

Zadaniem, które stawiamy sobie w niniejszym projekcie jest zbadanie ultraszybkiej krystalizacji szkieł metalicznych. Dokonamy tego poprzez zastosowanie ultra-krótkich impulsów laserowych do przewyżczenia opisanych powyżej ograniczeń. W proponowanej metodzie, cienka warstwa szkła metalicznego jest ogrzewana z szybkością rzędu stu bilionów (10^{14}) kelwinów na sekundę, a następnie, po upływie kilkudziesięciu pikosekund ($1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$), ulega schłodzeniu w tempie biliona kelwinów na sekundę. W toku planowanych prac, przeprowadzimy analizę procesu krystalizacji szkieł metalicznych w zakresie od temperatury zeszklenia, aż do punktu topnienia, skupiając się na ultrakrótkich przedziałach czasu - od mikrosekund ($1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$), aż do pikosekund. Naszym celem jest uzyskanie informacji ilościowych o szybkości procesów zarodkowania i wzrostu kryształów zachodzących we wspomnianych skalach czasu. Dzięki zastosowaniu szybkiego ogrzewania i chłodzenia za pomocą impulsów laserowych, odpowiedniemu wyborowi próbek oraz wykorzystaniu różnorodnych technik charakteryzacji strukturalnej, prześledzimy ultra-szybkie przemiany pomiędzy stanem szklistym a krystalicznym w wybranych układach metalicznych. Proponowany program badań obejmuje próbkowanie materiału impulsami optycznymi, promieni rentgenowskich oraz elektronów, co pozwoli na uzyskanie pełnej informacji na temat przebiegu badanego procesu. W niniejszym projekcie, po raz pierwszy uzyskamy dane doświadczalne na temat maksymalnej szybkości krystalizacji szklistych metali, a nasze unikalne, nowatorskie podejście eksperymentalne umożliwi sformułowanie poszukiwanych od dawna odpowiedzi na szereg istotnych pytań odnośnie powstawania oraz stabilności szkieł metalicznych.