

Nanotechnologia, wbrew panującym przekonaniom, nie jest wynalazkiem XX wieku, w rzeczywistości otacza nas od zarania dziejów. Egipska receptura farbowania włosów, znana już 4000 lat temu, polega na wytrącaniu się nanocząstek PbS, które przyciemniają kolor włosów, wnikając w ich strukturę. Rzymski „Lycurgus cup” z IV wieku zmienia kolor w zależności od oświetlenia za sprawą zatopionych w szkle 50-100 nm nanocząstek będących stopem złota, srebra i miedzi podczas oddziaływania światła z plazmonami powierzchniowymi. XVII wieczna stal damasceńska, prawdopodobnie znana już za czasów Aleksandra Wielkiego, zawiera w swej strukturze nanodruły cementytowe oraz nanorurki węglowe. Nanostruktury istniały i były wykorzystywane od setek lat, niestety były niedostrzegalne nawet za pomocą najlepszych mikroskopów optycznych. Dopiero od niedawna zaczynamy rozumieć, że za niezwykle własności przedmiotów powszechnego użytku odpowiedzialne są małe kryształki o wymiarach nanoskopowych. Współczesne mikroskopy elektronowe pozwalają nie tylko na zoobserwowanie tych małych obiektów, ale pozwalają wniknąć w ich strukturę wewnętrzną. Dzięki technologii wzrostu kryształów z wykorzystaniem strumieni atomów, w ultra wysokiej próżni możemy w sposób dowolny zmieniać skład pierwiastkowy osadzanego materiału, a dzięki temu tworzyć struktury przypominające kształtem wydłużoną cebulę – nanodrut typu rdzeń-powłoka, gdzie każda warstwa ma grubość kilku nanometrów i może mieć inny skład chemiczny. Doskonała kontrola tego procesu pozwala zachować ciągłość struktury kryształu. Granice powstających warstw mają grubość jednego wiązania chemicznego, przy czym warstwy zbudowane z różnych atomów posiadają różne długości wiązań chemicznych i reprezentują różne własności fizyczne. Łącząc się, dwa kryształy muszą dopasować się do siebie. Jeden z nich jest rozciągany drugi zaś ściskany, a chemiczne wiązania ulegają deformacji. Naprężenia dla kryształów zbudowanych ze związków półprzewodnikowych osiągają ogromne wartości – rzędu kilku GPa, co kilkukrotnie przewyższa wytrzymałość najlepszych stali (w skali makro). Jednak po przekroczeniu pewnej wartości naprężenia, siły działające na wiązania chemiczne stają się zbyt duże i wiązania ulegają zerwaniu. Powstają defekty w doskonałej periodycznej strukturze kryształu, a nano-obiekt ulega relaksacji. Ponadto jednorodny rozkład odkształceń sprężystych w nanostrukturze zostaje zakłócony. Pola odkształceń defektów mogą zdeformować kształt i całkowicie zmienić własności nanodrutów, na przykład defekty mogą stać się pułapkami dla nośników prądu. Defekty także degradują lub zmieniają własności optyczne i elektryczne nano-obiektów. Okazuje się jednak, że naprężenie konieczne do generacji defektów i relaksacji w nano-obiektach typu rdzeń—powłoka są znacznie większe niż w przypadku łączenia identycznych, makroskopowych kryształów. Nie jest jasne dlaczego tak się dzieje i jak obliczyć wymagane wartości graniczne, co jest niezbędne przy projektowaniu takich nano-obiektów. Przewidywania teoretyczne, które próbują określić, jaka krytyczna grubość powłoki powodującej relaksację, różnią się zasadniczo, a różnice są niekiedy 10-krotne. Wynika to z braku danych eksperymentalnych na ten temat i nie wiadomo, które założenia teoretyków są właściwe. Proponowany projekt dostarczy informacji na ten temat. Zakłada on prześwietlenie pojedynczych nano-heterostruktur o wymiarach rzędu 10-500 nm wiązką elektronową o średnicy kilku atomów, podobnie jak dzieje się to w przypadku tomografii komputerowej wykorzystywanej w medycynie. Analizując sposób ugięcia elektronów na atomach w kryształach, otrzymamy trójwymiarowy obraz deformacji kryształu z rozdzielczością rzędu 1 nm, która pozwoli odseparować pola odkształceń od pojedynczych defektów. Nie jest to możliwe do osiągnięcia innymi metodami nawet przy wykorzystaniu promieniowania synchrotronowego, gdzie osiągalne rozdzielczości są rzędu 100 nm. Wykorzystując zogniskowane wiązki jonów galu (FIB) zostaną wykonane przekroje poprzeczne pojedynczych hetero-nanostruktur, co pozwoli zobrazować strukturę wewnętrzną z rozdzielczością atomową i skorelować pole dystorsji z rozmieszczeniem defektów.