

Wysoka rozdzielczość rentgenowskiej dyfraktometrii i reflektometrii półprzewodnikowych nano- i mikro- struktur oparta na rentgenowskiej optyce refrakcyjnej

Streszczenie

Piotr Ershov

Nowa generacja synchrotronów, razem z optyką refrakcyjną, otworzyła szerokie możliwości dla badań w dziedzinie mikro-materiałów. Oprócz doskonałych aplikacji mikro-ogniskowania i obrazowania, jedną z najbardziej znanych i użytecznych właściwości złożonych soczewek refrakcyjnych (CRL) jest ich istotna zdolność do wykonywania jedno- lub dwu-wymiarowych transformacji Fouriera. W przypadku twardego promieniowania RTG, właściwość taką wykazano teoretycznie i potwierdzono eksperymentalnie.

Pomimo postępów w rentgenowskiej optyce refrakcyjnej, na wielu obiektach synchrotronowych stosuje się przestarzałe metody które nie są zdolne do pełnego wykorzystania promieniowania synchrotronowego. Warto zauważyć, że do dzisiaj wiele linii eksperymentalnych dyfrakcji rentgenowskiej o wysokiej rozdzielczości (HRXRD) i refleksyjności RTG (XRR) oparte są na nieefektywnych i skomplikowanych metodach badań konwencjonalnych.

Niniejsza praca omawia nowe podejście do analizy wysokiej rozdzielczości rentgenowskiej dyfraktometrii i reflektometrii mikro- półprzewodników i nanostruktur w oparciu na CLR. Nadrzędnym celem tej pracy jest modernizacja istniejących metod HRXRD i XRR ze względu na zwiększenie kątowej, przestrzennej i czasowej rozdzielczości współczesnych źródeł synchrotronowych.

Ponadto, dodatkowe cele niniejszej pracy są następujące:

- Analiza konwencjonalnych RTG metod dyfraktometrii i reflektometrii o wysokiej rozdzielczości.
- Zaprojektowanie i wdrożenie rentgenowskiego optycznego systemu alternatywnego HRXRD i XRR w oparciu o refrakcyjne soczewki rentgenowskie.
- Przeprowadzenie doświadczeń i przetwarzanie danych w celu uzyskania wyników pokazujących zalety nowych metod.

Nareszcie, dwie koncepcje będą badane eksperymentalnie, a mianowicie:

- Transformacja Fouriera (CRL FT) złożonych RTG soczewek refrakcyjnych w problemach HRXRD.
- Reflektometria twardego promieniowania RTG (HXRI) w problemach reflektometrii rentgenowskiej.

Nowe metody były wykorzystywane do analizy mikro-radianowej dyfrakcji w Si-Ge nano- hetero- strukturach reprezentujących dwuwymiarową kratownicę nano- epitaksjalnych germanowych wysepek na filarach krzemowych. Szacuje się, że technika CRL FT zapewnia rozdzielczość 10 razy wyższą niż można osiągnąć konwencjonalnymi metodami HRXRD.

Reflektometria twardego promieniowania RTG w oparciu o stworzenie interferogramu poprzez zogniskowanie na powierzchni folii/błony zaproponowano jako nową metodę w reflektoskopii RTG.

Za pomocą tej metody zostały wyznaczone grubości oscylacji błony Si₃N₄ o grubości 200, 500 i 1000 nm. Również, zbadano proces degradacji folii PMMA o grubości 100 nm w promieniowaniu RTG.