

Warszawa, 19 października 2011

Laserowe źródło jonów wytworzy półprzewodniki nowej generacji

Do implantowania jonów, czyli ich „wbijania” w powierzchnię materiału, zwykle stosuje się konwencjonalne akceleratory. Laserowe źródła jonów są prostsze, tańsze i bardziej uniwersalne. Emitowane z nich jony mają jednak różne energie i zwykle towarzyszą im zanieczyszczenia. W Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie zbudowano źródło laserowe z unikalnym układem przyspieszania jonów do wybranej energii, który jednocześnie eliminuje zanieczyszczenia. Urządzenie wykorzystano do produkcji próbek półprzewodnika nowej generacji: warstwy krzemionki z uformowanymi nanokryształami germanu.

Laserowe źródła jonów to proste urządzenia, wytwarzające jony wskutek oddziaływania skupionej wiązki laserowej z tarczą umieszczoną w komorze próżniowej. Znajdujące się w tarczy zanieczyszczenia często stwarzają problemy – ich jony mogą wraz z właściwymi jonami wpływać na próbkę. Dodatkowo impuls laserowy wyrwa z tarczy drobiny materiału, które osadzają się na próbce i zaburzają jej powierzchnię. „Aby zapobiec takim efektom, zaprojektowaliśmy i zbudowaliśmy urządzenie do implementacji jonowej z bardzo oryginalnym elektrostatycznym układem przyspieszania jonów”, mówi doktorant Marcin Rosiński z Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy (IFPiLM) w Warszawie.

Implementacja jonowa polega na wprowadzeniu jonów w powierzchniowe warstwy materiału w celu zmiany ich właściwości fizycznych, np. mechanicznych lub elektrycznych. Obecnie najczęściej stosuje się w tym celu akceleratory. W porównaniu z nimi laserowe źródła jonów (Laser Ion Source, LIS) mają wiele zalet: są mniejsze, prostsze w budowie i mogą wytwarzać jony z materiałów trudno topliwych, takich jak tantal czy wolfram. Ponadto wiązka jonowa może być łatwo modyfikowana za pomocą zmian parametrów lasera i geometrii układu laser-tarcza-próbka. Uwolnione jony łatwo też przyspieszać do większych energii w zewnętrznym polu elektrycznym.

Aby źródła typu LIS mogły znaleźć zastosowania przemysłowe, wiązka jonów nie powinna zawierać zanieczyszczeń. Jony należy także dodatkowo przyspieszyć za pomocą pola elektrostatycznego w celu zwiększenia i wyrównania ich energii.

W urządzeniu zbudowanym w IFPiLM impuls laserowy trwa 3,5 nanosekundy i niesie mało energii. W początkowej fazie oddziaływania z materią energia ta zwiększa energię swobodnych elektronów w tarczy i to one zaczynają jonizować atomy tarczy i jej zanieczyszczeń. Pozostała energia impulsu laserowego grzeje bezpośrednio zjonizowaną materię, co powoduje jej szybką ekspansję. Natura procesu sprawia, że wyrzucane z plazmy jony nie unoszą jednakowej energii, a więc mają szeroki rozkład energetyczny.

Drobiny materiału wyrwane z tarczy pod wpływem impulsu laserowego są obojętne elektrycznie. W urządzeniu LIS z IFPiLM ekspandują bez odchylenia i trafiają w przegrodę ustawioną na osi układu, przed próbką. Z kolei część jonów tarczy i zanieczyszczeń omijających przegrodę jest przyspieszana i skupiana przez pole elektryczne na osi układu za przegrodą. „Parametry pola dobraliśmy w taki sposób, że do próbki dolatują tylko cięższe jony tarczy, o mniej więcej tej samej energii. Plamka zogniskowanej wiązki tych jonów ma średnicę około milimetra”, wyjaśnia Rosiński.

Zastosowany w urządzeniu niskoenergetyczny laser nie grzeje się i w kilkadziesiąt minut może wygenerować 10 tys. i więcej impulsów świetlnych. Naukowcy mogą więc precyzyjnie kontrolować liczbę jonów docierających do próbki.

Rozwiązanie zaproponowane przez naukowców z IFPiLM zostało zastosowane do badań implantacji jonów germanu w warstwie krzemionki w celu wytworzenia w niej nanokryształów germanu. Powstaje w ten sposób zmodyfikowany półprzewodnik dla nowych zastosowań w elektronice, np. związanych z dalszą miniaturyzacją układów pamięciowych i generujących światło.

Aby z wprowadzonych do próbki jonów utworzyły się nanokryształy germanu, zaimplantowaną próbkę należy wygrzać w temperaturze od 600 do 1200 stopni Celsjusza. W procesie tworzą się kryształy germanu o rozmiarach od kilku do 20 nanometrów (miliardowych części metra). „Nasze zaimplantowane próbki, po wygrzaniu, przebadaliśmy różnymi metodami w specjalistycznych laboratoriach, głównie na Uniwersytetach w Mesynie i Katanii na Sycylii. Obserwowaliśmy zarówno skutki implementacji jonów, jak i strukturę nanokrystaliczną próbek”, mówi Rosiński.

„Prace nad optymalizacją naszego urządzenia pod kątem zastosowań przemysłowych zakończymy w dwa lata, ale już teraz zaczynamy szukać firm zainteresowanych wdrożeniem tej technologii”, podsumowuje prof. Jerzy Wołowski, szef zespołu zajmującego się w IFPiLM badaniami i zastosowaniami oddziaływań laserów z materiałą.

Budowę urządzenia do implantacji laserowej rozpoczęto w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy kilka lat temu w ramach europejskiego programu SEMINANO. Obecnie głównym źródłem finansowania badań jest Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy (IFPiLM) w Warszawie istnieje od 1976 roku. Prowadzi badania podstawowe i prace aplikacyjne w zakresie: syntezy termojądrowej, fizyki plazmy wytwarzanej laserami impulsowymi i w układach z magnetycznym utrzymaniem plazmy, a także impulsowych technologii wielkich mocy. Większość prac badawczych i technologicznych jest realizowana w ramach współpracy międzynarodowej objętej projektami i programami europejskimi, w tym fuzyjnymi programami Wspólnoty Euratom i konsorcjum HiPER. IFPiLM koordynuje prace kilkunastu polskich ośrodków w zakresie fuzji termojądrowej w ramach programu Asocjacji Euratom-IFPiLM. Program badań Instytutu jest nadzorowany i dofinansowywany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

KONTAKTY DO NAUKOWCÓW:

dr hab. prof. ndzw. **Jerzy Wołowski**
Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie.
tel. +48 22 6381030
email: jerzy.wolowski@ifpilm.pl

mgr **Marcin Rosiński**
Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie.
tel. +48 22 6381032
e-mail: marcin.rosinski@ifpilm.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.ifpilm.pl/>
Strona Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie.

<http://press.ifpilm.pl/>
Serwis prasowy Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

IFPiLM111019b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifpilm.pl/images/2011/IFPiLM111019b_fot01.jpg

Laserowe źródło jonów (Laser Ion Source, LIS) z Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie może służyć do wytwarzania półprzewodników nowej generacji: krzemionki zawierającej nanokryształy germanu. Na zdjęciu dr hab. Jerzy Wołowski z IFPiLM przy źródle LIS. (Źródło: IFPiLM/Grzegorz Krzyżewski)

IFPiLM111019b_fot02s.jpg

HR: http://press.ifpilm.pl/images/2011/IFPiLM111019b_fot02.jpg

Symulacja numeryczna torów jonów w laserowym źródle jonów, opracowanym w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie. Wiązka laserowa (na symulacji niewidoczna) trafia w tarczę po lewej (zaznaczoną na zielono). Wytwarzane laserem jony germanu są przyspieszane za pomocą pola elektrycznego i skupiane na próbce krzemionki SiO₂, umieszczonej w miejscu największego zagęszczenia jonów (okolice położenia 220 na osi poziomej). Zanieczyszczenie osadzają się na przegrodzie umieszczonej przed próbką. (Źródło: IFPiLM)