POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Azotek galu (GaN) jest półprzewodnikiem z szeroką, prostą przerwa energetyczną o ogromnym i wciąż rosnącym znaczeniu technologicznym. Diody LED zbudowane z GaN doprowadziły do przełomowych zmian w technikach oświetleniowych za co w 2014 roku została przyznana Nagroda Nobla z fizyki. Przyrządy półprzewodnikowe (np. mikroprocesory krzemowe, lasery telekomunikacyjne z GaAs, czy diody LED z GaN) wymagają kryształu podłożowego, na którym buduje się przyrząd. W przypadku Si, czy GaAs, objętościowe kryształy wysokiej jakości otrzymuje się metodą Czochralskiego, która wymaga stechiometrycznego stopu krystalizowanego materiału. W przypadku GaN, uzyskanie takiego stopu jest technicznie niemożliwe ponieważ obecność azotu w składzie kryształu powoduje utratę stabilności GaN w wysokich temperaturach względem układu składników: galu i molekularnego azotu (N_2). Żeby powstrzymać rozkład należy zapewnić odpowiednio wysokie ciśnienie N_2. Dla temperatury 1500^{o}C, koncentracja GaN rozpuszczonego w galu w punkcie równowagi GaN-Ga-N_2 (ciśnienie ok. 1.0GPa – 10 000 at!) nie przekracza **0.5 at.% .** Mimo tego, w takich właśnie warunkach, w IWC PAN, metodą wzrostu z roztworu (jak sól w wodzie) zostały otrzymane pierwsze na świecie wysokiej jakości monokryształy GaN nadające się do konstrukcji przyrządów.

Diament – Klasycznym układem do krystalizacji diamentu jest układ Fe (Ni, Co, Cr) – C w warunkach wysokiego ciśnienia (ok 6.0 GPa) i temperatury w zakresie 1400 – 1600^{o}C. Koncentracja węgla w roztworze Fe-C, w warunkach krystalizacji wynosi ok**. 15 at.%** i jest optymalna dla wydajnej krystalizacji diamentu z roztworu.

Azot w „diamentowych" metalach – Oddziaływanie metali przejściowych, a zwłaszcza Fe,Ni i Cr, z azotem było przedmiotem intensywnych badań z powodu istotnego wpływu azotu na własności stali stopowych, ale także dlatego, że wspomniane metale, azot (oraz tlen i krzem) są najważniejszymi komponentami geofizycznymi. Dlatego też, badacze Ziemi (geofizycy) prowadzili intensywne prace poznawcze układów Fe (Ni) – N w naturalnych dla płaszcza ziemskiego, warunkach wysokich ciśnień i temperatur. Zostało pokazane, że rozpuszczalność N w Fe i Cr osiąga bardzo interesujące, wysokie wartości nawet dla stosunkowo niskich ciśnień azotu –I tak np. dla p_{N2} = 10 MPa (ok. 100 atm.) i 1600°C rozpuszczalność azotu w stopie Fe-35%Cr wynosi **ok. 10at.%,** to jest znacznie (ok. 2 rzędów wielkości!) powyżej rozpuszczalności azotu w ciekłym galu w warunkach eksperymentu krystalizacji GaN z roztworu (p_{N2} = 1.0 GPa, T=1500^{o}C). Tak, że w zakresie ciśnień wymaganym dla stabilności GaN w T > 1400^{O}C: p > 1.0 GPa, oczekiwać należy rozpuszczalności azotu na poziomie 5 – 10 wt.%, co jest niezwykle obiecujące z punktu widzenia krystalizacji GaN z roztworu.

Uzasadnienie podjęcia badań – Byłoby pięknie wyhodować GaN tak, jak diament. Oba kryształy wymagają wysokiego ciśnienia w wysokich temperaturach chociaż z innych przyczyn fizycznych. Diament, aby zachować stabilność swojej struktury względem struktury grafitu, GaN, by zachować stabilność względem układu składników: galu i gazowego azotu. Idea zastąpienia źródła grafitowego źródłem GaN, a zarodka diamentowego, zarodkiem (podłożem) GaN, w świetle przedstawionych tu danych (geo-)fizycznych, wydaje się być niezwykle atrakcyjna. Dysponowanie przez IWC PAN wysokociśnieniowymi układami gazowymi dużej objętości (2.0 GPa, 1600^{o}C, 1-5 dcm^3) stosowanymi wcześniej do krystalizacji GaN, a także układami kowadłowymi (8.0GPa, 2500^{o}C) stosowanymi do objętościowej krystalizacji diamentu w Instytucie Materiałów Supertwardych w Kijowie, pozwala maksymalnie wykorzystać kompetencje i możliwości techniczne „od strony GaN" i „od strony diamentu" na uznanym wysokim poziomie.

Nowatorski charakter – Według naszej najlepszej wiedzy, układy wieloskładnikowe zawierające gal, azot oraz metale stosowane w procesach wysokociśnieniowej syntezy diamentu nie były dotychczas badane, zwłaszcza w kontekście objętościowej krystalizacji GaN.