

15.06.2023

Streszczenie

Właściwości topologiczne wybranych nanostruktur półprzewodnikowych IV-VI

W niniejszej pracy przedstawione są wyniki badań właściwości topologicznych wybranych nanostruktur utworzonych z materiałów IV-VI. Niektóre dwu i trzy składnikowe kryształy IV-VI mają odwróconą przerwę energetyczną i należą do klasy topologicznych izolatorów krystalicznych (TCI). W wyniku nietrywialnej topologii elektronowych stanów pasmowych posiadają one parzystą liczbę bezprzerwowych stanów o dyspersji w kształcie stożków Diraca na swoich powierzchniach. Niezwykle osiągnięcia eksperymentalne otrzymane dla SnTe i jego trójskładnikowych krystalicznych roztworów stałych, takich jak (Pb,Sn)Te/Se, potwierdziły istnienie nietrywialnych stanów powierzchniowych. Pobudziły one w ostatnich latach szeroko zakrojone wysiłki badawcze dotyczące nie tylko kryształów objętościowych ale również nanostruktur i defektów. Tutaj omówione są wyniki badań teoretycznych dotyczących nanostruktur posiadających defekty w postaci zbliźniaczeń (TP) w płaszczyźnie (111). Używając metod ciasnego wiązania badaliśmy trzy różne rodzaje nanostruktur. Są to super-sieci, cienkie filmy oraz nanodruły. W przypadku filmów i drutów otrzymane wyniki porównane zostały z własnościami podobnych struktur bez defektów. Analiza wyników pokazuje że TP mogą być traktowane jako dwuwymiarowe struktury topologiczne należące do klasy TCI i chronione przez symetrię odbicia zwierciadlanego (111). Wartość niezmiennika topologicznego – zwierciadlana liczba Cherna - zależy od rodzaju zbliźniaczenia i wynosi 1 dla TP anionowego i 2 dla TP kationowego. Pokazano także że na jednowymiarowych krawędziach tych struktur pojawia się spodziewana liczba chronionych topologicznie nietrywialnych stanów brzegowych. Jednak w odpowiednio cienkich warstwach o orientacji powierzchni (111) posiadających defekt TP w środkowej warstwie atomowej efekt topologiczny zostaje zniszczony przez hybrydyzację stanów elektronowych powierzchni ze stanami zlokalizowanymi na defekcie. Chronione stany brzegowe wciąż istnieją i wykazują kwantowy spinowy efekt Hala, jedynie dzięki istnieniu takiego samego niezmiennika \mathbb{Z}_2 jaki wyznacza topologię struktur niezdefektowanych. W drugiej części opisane zostały własności topologiczne drutu kwantowego o przekroju pięciokątnym. Kształt jego przekroju wynika z istnienia pięciu TP rozchodzących się promieniście od środka. Drut posiada dwa nietrywialne stany elektronowe: jeden zlokalizowany w samym jego środku oraz drugi zlokalizowany na jego pięciu krawędziach. Ich istnienie związane jest z własnościami topologicznymi zbliźniaczeń. Wynik został porównany z własnościami drutu o przekroju czworokątnym gdzie istnienie stanów krawędziowych ma inny charakter, są to stany topologiczne drugiego rzędu – stany zawiasowe. Pokazano że nie są one tak odporne na hybrydyzację jak stany krawędziowe w drutach o nieparzystej liczbie krawędzi.

