
Autor: Krzysztof Gałkowski

Tytuł: Magnetoptyczne i mikroskopowe właściwości perowskitów – halogenków ołowiu i kationu organicznego

Promotorzy: Paulina Płochocka-Maude, Piotr Kossacki

Dyscyplina: Fizyka ciała stałego

Streszczenie

Hybrydowe perowskity – halogenki ołowiu i kationu organicznego - stanowią nową klasę materiałów, mogących znaleźć zastosowanie jako konwertery energii słonecznej w kolejnej generacji ogniw fotowoltaicznych. Struktura chemiczna tych materiałów opisywana jest wzorem $APbX_3$, gdzie A jest kationem organicznym a X anionem halogenkowym (najczęściej Br^- , Cl^- lub I^- , lub ich kombinacją). Hybrydowe perowskity charakteryzują się efektywną absorpcją światła w szerokim zakresie spektralnym, długimi drogami dyfuzji oraz długimi czasami życia nośników. Własności te przekładają się na wysoką wydajność konwersji fotonów, która w przypadku najlepszych ogniw perowskitowych sięga 22%. Niski koszt wytwarzania oraz szybki rozwój tej klasy materiałów stawia fotowoltaikę opartą na perowskitach wśród potencjalnych rozwiązań zastępujących obecnie wiodącą technologię krzemową.

Niniejsza praca poświęcona jest optycznym badaniom własności elektronowych oraz morfologii cienkich warstw hybrydowych perowskitów. Wykorzystano związki oparte na kationie metylamoniumowym lub formamidynie, z jodem lub bromem jako anionami dominującymi. Uzyskane wyniki pozwalają określić wpływ składu chemicznego na badane parametry materiału.

Na podstawie pomiarów magnetotransmisji bezpośrednio wyznaczono wartość energii wiązania ekscytynu i masy zredukowanej. Energie wiązania ekscytynu w temperaturze $T = 2$ K wynoszą od 14 do 25 meV. Są to wartości mniejsze lub porównywalne do średniej energii termicznej w temperaturze pokojowej (25 meV). Co więcej, wartości te maleją wraz ze wzrostem temperatury, do 10-24 meV w $T = 160$ K. Tym samym wnioskujemy, że nośniki wzbudzone światłem w temperaturze pokojowej można uznać za termicznie zjonizowane. Zmierzone wartości masy zredukowanej mieszczą się w zakresie 0.09-0.13 masy spoczynkowej elektronu. Pokazaliśmy również, że zarówno energia wiązania ekscytynu, jak i jego masa zredukowana zależą w przybliżeniu liniowo od wartości przerwy energetycznej. Uzyskane zależności pozwalają w łatwy sposób oszacować wartości tych parametrów dla nowo zsyntetyzowanych związków perowskitowych.

Metodą przestrzennie rozdzielonej fotoluminescencji zbadano morfologię warstw perowskitowych z mikrometrową rozdzielczością, co pozwoliło zaobserwować pojedyncze ziarna krystaliczne. Otrzymane mapy luminescencji powierzchni próbek pokazują, że wszystkie badane warstwy składają się z ciemnych i jasnych ziaren. Pokazujemy, że w niskotemperaturowa przemiana z fazy tetragonalnej w ortorombiczną jest niepełna, a pozostałości fazy tetragonalnej są obserwowane nawet w $T = 4$ K. Zauważając zwiększone występowanie tych inkluzji w okolicach obszarów uszkodzonych strukturalnie, korelujemy obecność niskotemperaturowej fazy tetragonalnej z lokalnymi zubożeniami zawartości halogenków.

Słowa kluczowe: hybrydowe perowskity, fotowoltaika, energia wiązania ekscytynu, masa efektywna, przemiana fazowa
