

Elektroluminescencja w heterostrukturach van der Waalsa

J. Binder^{1,2}, J. Howarth³, F. Withers⁴, M.R. Molas^{1,2}, T. Taniguchi⁵, K. Watanabe⁵, C. Faugeras², A. Wyszomlek¹, M. Danovich³, V.I. Fal'ko³, A.K. Geim³, K.S. Novoselov³, M. Potemski^{1,2}, A. Kozikov³

1920

1920-2020



100 LAT POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO

2020

¹ Uniwersytet Warszawski, Polska

² Laboratoire National des Champs Magnetiques Intenses, Grenoble, Francja

³ Uniwersytet w Manchesterze, Wielka Brytania

⁴ Uniwersytet w Exeter, Wielka Brytania

⁵ Narodowy Instytut Inżynierii Materiałowej, Tsukuba, Japonia

Intensywne badania nad grafenem, które rozpoczęto przeszło dekadę temu, dały początek nowej, bardzo szybko rozwijającej się dziedzinie fizyki materii skondensowanej, która zajmuje się kryształami dwuwymiarowymi. Podobnie jak w przypadku grafenu, istnieje szeroka gama innych warstwowych materiałów, które mogą być eksfoliowane do pojedynczej warstwy z kryształów objętościowych. Właściwości tych pojedynczych warstw mogą się drastycznie różnić od ich odpowiednika objętościowego, czy też nawet kilkuwarstwowego. Spektrum dostępnych kryształów dwuwymiarowych jest bardzo różnorodne i obejmuje izolatory, półprzewodniki, metale, a nawet nadprzewodniki. Niedawno przedstawiona koncepcja tak zwanych heterostruktur *van der Waalsa* (*vdW*), w przypadku których nakłada się wiele kryształów dwuwymiarowych na siebie, tworząc pewien rodzaj sztucznego kryształu, otwiera ponadto jeszcze większe możliwości dotyczące zarówno zastosowań jak i badań podstawowych [1]. Nazwa heterostruktury *vdW* wywodzi się z faktu, iż pomiędzy sąsiadującymi warstwami krystalicznymi nie ma wiązań kowalencyjnych – wiąże je ze sobą jedynie słabe oddziaływanie *vdW*. Co istotne, brak wiązań kowalencyjnych oznacza, że nie ma ograniczeń (powodowanych przez różnice w stałych sieci) dotyczących kombinacji różnych materiałów i w związku z tym, co do zasady, dowolne połączenie różnych materiałów staje się możliwe. W niniejszej pracy przedstawiamy pomiary elektrycznie wzbudzonej emisji światła w heterostrukturach zawierających $\text{MoS}_2/\text{WSe}_2$ [2]. Struktury te pozwalały zaobserwować sygnał elektroluminescencji pochodzący od międzywarstwowych ekscytonów, dla których elektron znajduje się w MoS_2 a dziura w WSe_2 . Zaskakującą obserwacją była emisja fotonów o energii 1,9 eV dla przykładanych napięć około 1,3 V. Generalnie można oczekiwać, że energia emitowanych fotonów jest mniej więcej równa energii wynikającej z różnicy potencjałów przyłożonych do diody. Oznacza to, że w układzie zachodzi zjawisko konwersji energii emisji w górę (ang. *upconversion*). Ten efekt został przypisany ekcytonowemu efektowi Augera, dla którego jeden międzywarstwowy ekscyton rekombinuje niepromieniście, przekazując energię i pęd innym ekscytonom. Wynik ten jest bardzo istotny w kontekście projektowania nowych urządzeń emitujących światło, składających się z kryształów dwuwymiarowych, jak też prób zaobserwowania fundamentalnych zjawisk fizycznych takich jak nadciekłość czy kondensacja Bosego-Einsteina w układzie międzywarstwowych ekscytonów w heterostrukturach *vdW*.

Literatura:

1. J. BINDER ET AL. NANO LETTERS 17, 1425–1430 (2017)
2. J. BINDER ET AL. NATURE COMMUNICATIONS 10:2335 (2019)

Słowa kluczowe: heterostruktury *van der Waalsa*, upkonwersja, elektroluminescencja, grafen, MoS_2 , WSe_2

