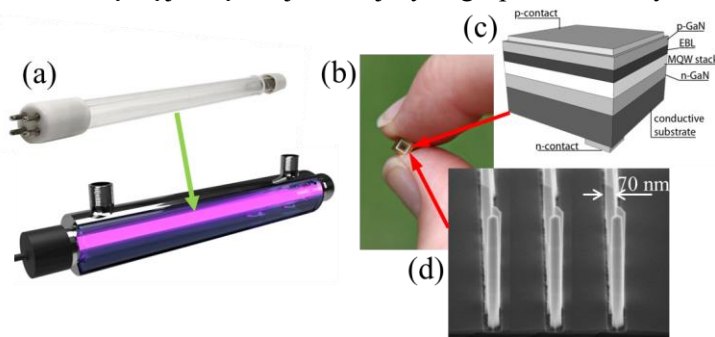


Komercyjny sukces urządzeń oświetleniowych zawierających azotkowe diody elektroluminescencyjne, wsparty intensywnymi badaniami właściwości fizycznych i chemicznych azotków metali grupy III oraz pomysłowymi rozwiązaniami technicznymi, nie zakończył poszukiwań sprawnych energetycznie i wydajnych ekonomicznie źródeł światła. Wciąż istnieją istotne ograniczenia wydajności konwersji energii elektrycznej w światło widzialne, związane z konkretnymi zjawiskami fizycznymi, bądź problemami technologicznymi. Istotnym ograniczeniem jest brak tanich podłoży do wzrostu azotku galu (GaN). Dostępne na rynku płytki GaN i SiC są bardzo drogie, zaś Si i szafir wykazują duże niedopasowanie stałych sieci i rozszerzalności termicznej względem GaN. Dlatego w celu redukcji gęstości defektów w obszarze aktywnym, w strukturach planarnych na podłożach szafirowych lub Si wymagany jest wzrost skomplikowanych warstw przejściowych. Jednym z intensywnie badanych rozwiązań jest zastąpienie w emiterach światła, fotodetektorach i sensorach stosu płaskich warstw „szczotką” jednowymiarowych elementów krystalicznych zwanych nanodrutami. Ze względu na małą średnicę i niewielki obszar kontaktu z podłożem naprężenia powstające na styku nanodrut/podłoże łatwo relaksowane są na swobodnych ścianach bocznych nanodrutów. Dlatego taka forma oferuje materiał o bardzo wysokiej jakości krystalicznej nawet na podłożach o odmiennej strukturze krystalicznej, również na podłożach amorficznych. Dodatkowo, w nanodrutach stosunek powierzchni do objętości jest bardzo duży, co predysponuje je do zastosowań w emiterach światła, sensorach oraz fotodetektorach. W ramach projektu wytwarzane i badane będą emitory i detektory światła niebieskiego i ultrafioletowego UV oparte na nanodrutach półprzewodników azotkowych. Półprzewodniki te, ze względu na ich doskonałe właściwości elektronowe, optyczne i wysoką odporność chemiczną, są jedną z najważniejszych grup materiałowych współczesnej mikroelektroniki.



Trudno przecenić rolę światła niebieskiego i UV. Niebieska dioda LED pozwoliła na budowę półprzewodnikowego źródła światła białego, a jej odkrycie przyczyniło się do powstania szeroko stosowanych obecnie laserów niebieskich. Promieniowanie UV wykorzystywane jest do sterylizacji sprzętu medycznego, diagnostyki medycznej oraz oczyszczania wody. Jako przykład Rys. (a) przedstawia

przepływowy system dezynfekcji wody, w którym światło UV jest wykorzystywane do dezaktywacji mikroorganizmów poprzez niszczenie ich DNA. Efektywność procesu jest wysoka dla fal świetlnych o długości 200 – 300 nm (tzw. pasmo UV-C). W układach takich zazwyczaj stosowano lampy rtęciowe. Jednak ostatnie osiągnięcia doprowadziły do powstania kompaktowych diod LED UV-C (rys. (b)), oferujących dłuższą żywotność i mniejsze zużycie energii. Ponadto źródła LED nie zawierają rtęci, dzięki czemu są przyjazne dla środowiska. Dostępne diody LED zawierają skomplikowaną strukturę warstw półprzewodników (rys. (c)). Jednak wydajność planarnych przyrządów AlGaIn UV jest niewielka ze względu na wysoką gęstość defektów strukturalnych. Dlatego w projekcie planujemy zastąpienie ich nanodrutami (rys. (d)), oferującymi mniejszą gęstość defektów, a przez to znacznie lepsze parametry eksploatacyjne diod LED.

AlGaIn jest bardzo obiecującym materiałem dla następnej generacji wydajnych źródeł światła niebieskiego i UV. Dlatego w ramach projektu zostaną zaproponowane konstrukcje, a następnie wytworzone i przetestowane nowatorskie struktury nanodrutowe AlGaIn/GaN na podłożach ZrN pełniących jednocześnie rolę dolnego kontaktu elektrycznego do nanodrutów jak i zagrzebanego zwierciadła odbijającego fotony, które w standardowych układach byłyby nieodwracalnie tracone w podłożu (tzw. recykling fotonów). Plan badań przewiduje wszystkie etapy od krystalizacji układów nanodrutów, poprzez ich charakteryzację i processing, aż po końcowe testy optyczne i elektryczne przyrządów pilotażowych. Porównane będą różne schematy wzrostowe, procedury obróbki nanodrutów i konstrukcje, przyjmując parametry finalnych przyrządów jako główne kryterium. Na wszystkich etapach projektu otrzymywane nanostruktury będą badane technikami dyfrakcji rentgenowskiej oraz mikroskopii elektronowej i technikami optycznymi w celu określenia wpływu podłoża, a także warunków wzrostu na właściwości strukturalne i jakość optyczną wytworzonych materiałów.

Wyniki uzyskane w ramach projektu pozwolą na optymalizację parametrów wydajnych emiterów i detektorów światła UV opartych na nanodrutach AlGaIn/GaN. Planowane badania przyczynią się do poprawy właściwości takich przyrządów, w tym ich mocy, sprawności i rozszerzenia zakresu widmowego. Oczekujemy, że proponowane badania pogłębią naszą wiedzę na temat procesów wzrostu nanostruktur, a także zjawisk fizycznych, które ograniczają efektywność konwersji energii elektrycznej na światło w jednowymiarowych heterostrukturach. Będą też mieć istotne znaczenie dla wzbogacenia podstawowej wiedzy o fizyce wzrostu kryształów oraz fizyce optoelektronicznych przyrządów półprzewodnikowych.