

„Gdyby ktoś z początku XX wieku pojawił się w dzisiejszych czasach, co byłoby najtrudniejsze do wytłumaczenia mu o dzisiejszym życiu? - Mam takie urządzenie w kieszeni, dzięki któremu posiadam dostęp do całej wiedzy ludzkości. Używam go do oglądania śmiesznych kotów.” Sedno dwóch doniosłych rewolucji, które zdarzyły się w czasie życia jednego pokolenia – rozwoju Internetu i pojawienia się smartfonów w tej ironicznej konwersacji uchwycił anonimowy autor internetowego (nomen omen) mema. Niezależnie od tego, jak oceniamy te rewolucje, trudno już wyobrazić sobie świat bez Internetu i smartfonów. Przez Internet robimy zakupy, załatwiamy sprawy urzędowe, bierzemy kredyty, oglądamy filmy i komunikujemy się ze sobą. Pod warstwą programistyczną Internetu, oglądaną przez nas codziennie w przeglądarkach i aplikacjach na smartfony, w cieniu lub całkowitym ukryciu, jest jego warstwa sprzętowa. Ilekroć wyszukujemy na smartfonie lub komputerze osobistym śmiesznych kotów, nasze zapytanie wędruje siecią bezprzewodową (Wi-Fi), poprzez sieć lokalną (LAN) i sieci metropolitalne (MAN) do jednego z centrów danych, gdzie jest przetwarzane, a następnie wynik wyszukiwania wraca do nas tą samą drogą. Dzieje się to w ułamku sekundy i równoległe dla 4.5 miliarda użytkowników Internetu na świecie. Sercem tego systemu są centra danych – setki rozsianych po całym świecie serwerowni wypełnionych milionami serwerów. Układem krwionośnym – sieci światłowodowe, za pomocą których komunikują się zarówno serwery w obrębie centrów danych, jak i między sobą centra danych. Sieci światłowodowe zbudowane są z przewodów wykonanych z krzemionki, którymi przesyłane są dane w postaci sygnałów świetlnych z prędkościami transferów sięgającymi setek Gbit/s (1Gbit/s = miliard bitów na sekundę), a źródłem światła są w nich lasery półprzewodnikowe – urządzenia o rozmiarach porównywalnych z grubością ludzkiego włosa, które efektywnie zamieniają energię elektryczną w energię pola elektromagnetycznego (światła). Zbudowanie centrów danych dysponujących gigantycznymi mocami obliczeniowymi stało się możliwe dzięki rewolucji w elektronice, która miała miejsce w drugiej połowie XX wieku - wynalezieniu tranzystora, zastosowaniu półprzewodników oraz miniaturyzacji. Ta sama rewolucja sprawiła, że dzisiejsze smartfony, oprócz doskonałych aparatów fotograficznych, olbrzymich zasobów pamięci, szybkich interfejsów i doskonałej jakości wyświetlaczy dotykowych, dysponują mocą obliczeniową wielokrotnie przekraczającą moc obliczeniową dobrej klasy komputera osobistego z przełomu wieków.

Stoimy dziś u progu kilku rewolucji o podobnej lub większej doniosłości. Zbudowanie systemów detekcji i pomiaru odległości za pomocą światła (*ang.* LIDAR) pozwoliłoby na upowszechnienie pojazdów i innych systemów autonomicznych. Zbudowanie komputera fotonicznego, w którym nośnikiem sygnałów jest światło, a nie, jak w przypadku klasycznych komputerów, elektrony, pozwoliłoby na zwielokrotnienie mocy obliczeniowych komputerów. Realizacja systemów komunikacji w wolnej przestrzeni pozwoliłoby na znaczące zmniejszenie kosztów i upowszechnienie dostępu do informacji. We wszystkich tych systemach jednym z koniecznych elementów składowych są tanie i efektywne źródła światła o wysokiej jakości. Dobrymi kandydatami do spełnienia wymogów tych systemów są lasery półprzewodnikowe o emisji powierzchniowej z pionową wnęką rezonansową (*ang.* VCSEL) emitujące fale w zakresach ultrafioletu (UV), spektrum widzialnego (VIS) oraz podczerwieni (IR). Ze względu jednak na ograniczenia technologiczne, komercyjnie dostępne są wyłącznie lasery tego typu emitujące fale z zakresu ~760-1060 nm, czyli bliskiej podczerwieni (*ang.* nIR) oparte na arsenku galu (GaAs). Aby wytworzyć lasery emitujące w UV, VIS oraz IR konieczna jest zmiana systemu materiałowego z GaAs na odpowiednio azotek galu (GaN) oraz fosforek indu (InP). Niestety w systemach materiałowych GaN i InP trudno jest w łatwy i tani sposób wytworzyć niezbędne do działania laserów zwierciadła. Stosowane powszechnie w laserach VCSEL opartych na GaAs rozproszone zwierciadła Bragga (DBR) nie mogą być w łatwy sposób wykonane w innych systemach materiałowych.

Celem niniejszego projektu jest stworzenie pierwszego na świecie lasera VCSEL ze zwierciadłami w postaci podfalaowych siatek dyfrakcyjnych o wysokim kontraście współczynnika załamania światła (*ang.* MHCG). Zwierciadła MHCG są szczególnym typem siatek dyfrakcyjnych odbijających niemal 100% padającego na nie światła. Zwierciadła MHCG mogą być wykonane z większości materiałów wykorzystywanych w optoelektronice, składają się z jednego elementu (siatki dyfrakcyjnej), a ich grubość jest porównywalna z długością fali światła. Przede wszystkim jednak podlegają skalowaniu co oznacza, że przy zmianie ich parametrów geometrycznych ich właściwości zachowują się dla fali światła o proporcjonalnie zmienionej długości. Właściwości te powodują, że konstrukcja lasera VCSEL ze zwierciadłami MHCG, która zostanie stworzona w ramach niniejszego projektu będzie mogła być zastosowana w laserach emitujących fale z zakresu UV, VIS i IR opartych na GaN, InP i innych systemach materiałowych. Oprócz stworzenia prototypu lasera, realizujące projekt konsorcjum Politechniki Łódzkiej, Politechniki Wrocławskiej i Sieci badawczej Łukasiewicz – Instytutu Mikroelektroniki i Fotoniki gruntownie przebadane nietypowe właściwości tych laserów – silne oddziaływania światła z materią, możliwość sterowania wiązką emitowaną, czy kontrolę objętości powstałego w rezonatorze modu.