

mgr inż. Artur Broda

Streszczenie rozprawy doktorskiej

*Półprzewodnikowe lasery dyskowe - nowatorskie struktury
i poszerzone możliwości spektralne*

Zaprezentowana rozprawa została poświęcona badaniom nad własnościami optycznymi i spektralnymi optycznie pompowanych półprzewodnikowych laserów dyskowych wykonanych na bazie związków InGaAs/GaAs na podłożu z GaAs. Wszystkie przyrządy będące tematem dysertacji zostały w całości zaprojektowane i wykonane w Instytucie Technologii Elektronowej w Zakładzie Fotoniki w Warszawie.

Celem badań przedstawionych w pracy było wykazanie przydatności półprzewodnikowych heterostruktur epitaksjalnych do emisji laserowej w układach z zewnętrzną wnęką rezonansową i z wykorzystaniem nieliniowych elementów optycznych. W szczególności, zbadanie nowych możliwości emisji na wielu długościach fali oraz emisji w szerokim zakresie strojenia w optycznie pompowanych półprzewodnikowych laserach dyskowych generujących promieniowanie z zakresu bliskiej podczerwieni.

W pierwszej części rozprawy omówiony został aktualny stan wiedzy w dziedzinie półprzewodnikowych laserów dyskowych VECSEL, omówione zostały właściwości, budowa heterostruktur półprzewodnikowej, zagadnienia technologiczne dotyczące konstruowania układu optycznego rezonatora zewnętrznego oraz podstawowe parametry emisyjne jakie można uzyskać dla układu typowego lasera VECSEL o emisji na pojedynczej długości fali i z pojedynczą płytką diamentową jako chłodnicą. Istotną częścią pracy były zademonstrowane - na drodze eksperymentalnej - trzy nowatorskie konstrukcje półprzewodnikowych laserów VECSEL o poszerzonych możliwościach spektralnych. Pierwszy, to laser DW-VECSEL umożliwiający generację promieniowania laserowego z wysoką mocą na dwóch długościach fali $\lambda_s = 980 \text{ nm}$ $\lambda_L = 1026 \text{ nm}$ jednocześnie. Drugi, laser S-VECSEL z dwumodową mikrownęką rezonansową pozwalał na szybką przełączalną emisję pomiędzy dwiema długościami fali $\lambda_s = 968 \text{ nm}$ $\lambda_L = 1018 \text{ nm}$ o dużej separacji spektralnej 50 nm. Ta sama heterostruktura o zmodyfikowanej konstrukcji rezonatora zewnętrznego umożliwiała strojenie długości fali w szerokim zakresie 95 nm, co jest rekordową wartością dla laserów typu VECSEL pracujących w paśmie 1 μm . Trzecią konstrukcją półprzewodnikowego lasera dyskowego to laser DBR-free, który charakteryzuje się brakiem zintegrowanego zwierciadła wielowarstwowego oraz niezwykle niskim oporem cieplnym na poziomie 0,2 K/W. Otrzymane wyniki dla tego lasera wykonanego wg. projektu na bazie arsenku galu (GaAs) są

prawdziwe również dla innych systemów materiałowych (AlGaInN, InP), co pozwoli na działanie w znacznie szerszym spektrum długości fal, niedostępnym do tej pory dla półprzewodnikowych laserów dyskowych o emisji powierzchniowej. Wszystkie wytwarzane w ITE półprzewodnikowe heterostrukтуры epitaksjalne do emisji laserowej pod względem budowy i właściwości promieniowania są pionierskie na gruncie światowym.

Na zakończenie podsumowano uzyskane wyniki i porównano z celem i tezą rozprawy. Nowatorskie struktury opisane w dysertacji znacząco poprawiły możliwości spektralne laserów VECSEL. Na ostatnich stronach zamieszczono załączniki z najważniejszymi publikacjami autora związanymi z tematem rozprawy doktorskiej.

MSc Artur Broda

Abstract of PhD dissertation

Semiconductor Disk Lasers - innovative structures and extended spectral capabilities

The presentation was devoted to the study of the optical and spectral properties of optically pumped semiconductor disk lasers based on InGaAs / GaAs compounds on GaAs substrates. All devices which are the subject of this dissertations have been entirely designed and made in the Institute of Electron Technology in the Photonics Department in Warsaw.

The main goal of research presented in this paper was to demonstrate the suitability of semiconductor epitaxial heterostructures for laser emission in systems with external resonant cavity and using nonlinear optical elements. In particular, explore new possibilities for multi-wavelength emission and emissions in a wide tuning range of wavelengths in optically pumped semiconductor disk lasers emitting radiation in near-infrared range.

The current state of the art in semiconductor VECSEL semiconductor lasers has been discussed, properties, semiconductor heterostructures constructions, technological issues related to the construction of the external resonator and the basic emission parameters that can be obtained for a typical single wavelength VECSEL laser system with a single diamond plate as heatspreader also have been discussed. Three innovative VECSEL semiconductor laser designs with expanded spectral capabilities have been demonstrated. Later in work, three innovative designs of semiconductor VECSEL lasers with extended spectral capabilities have been demonstrated. First, the laser DW-VECSEL for generation of high power laser radiation with two wavelengths $\lambda_s = 980 \text{ nm}$ $\lambda_L = 1026 \text{ nm}$ simultaneously. Latter, S-VECSEL laser with dual-resonance microcavity allows for rapid switchable operation of two wavelength $\lambda_s = 968 \text{ nm}$ $\lambda_L = 1018 \text{ nm}$ with big spectral separation 50 nm. The same heterostructure with a modified design of the external resonator enabled wavelength tuning in a wide range of 95 nm, which is a record value for VECSEL-type laser working in the 1 μm . Third construction of a semiconductor laser is the DBR-free laser where the lack of an integrated semiconductor mirror introduces extraordinarily low thermal resistance at 0.2 K/W. The results obtained for this laser made according to the project on the basis of gallium arsenide (GaAs) compounds is true also for other material systems, like AlGaInN and InP, which will allow to operate in a much broader spectrum of wavelengths, inaccessible so far for surface emission semiconductor disk lasers. All semiconductor epitaxial laser

heterostructures fabricated in ITE in terms of structure and radiation properties are pioneers in this field.

In conclusion, the research results were summarized and compared with the purpose and thesis. The innovative structures described in the dissertation have significantly improved the spectral capabilities of the VECSEL lasers. The appendix attachments include the most important publications of the author related to the dissertation topic.