

Установление однозначной корреляции между тонкой структурой ядер дислокаций и спектральными полосами их характерной люминесценции в нитриде галлия и новая обобщенная модель теории расщепления дислокаций в полярных полупроводниках с тетраэдрической координацией

Дислокации – линейные дефекты кристаллической структуры, которые в полупроводниках являются квазиодномерными электронными системами, проявляющих ряд интересных специфических свойств и явлений. Одним из таких явлений является их собственная люминесценция в спектральной области с энергиями ниже запрещенной зоны. Ранее было обнаружено, что спектральное положение характерных люминесцентных полос винтовых дислокаций в нитриде галлия различалось в низкоомных и полуизолирующих образцах, но причина этого различия установлена не была.

В результате коррелированных исследований атомной структуры ядер дислокаций методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и спектральных карт катодолуминесценции (КЛ) впервые было установлено, что источниками полос люминесценции с энергиями 3.18 эВ и 3.3 эВ являются дислокации с ядром, расщепленным на два протяженных узла, а линии с энергией 3.35 эВ – дислокации с совершенным ядром. Предложена новая обобщенная модель теории расщепления дислокаций в полярных полупроводниках, учитывающая кулоновское притяжение противоположно заряженных частичных дислокаций.

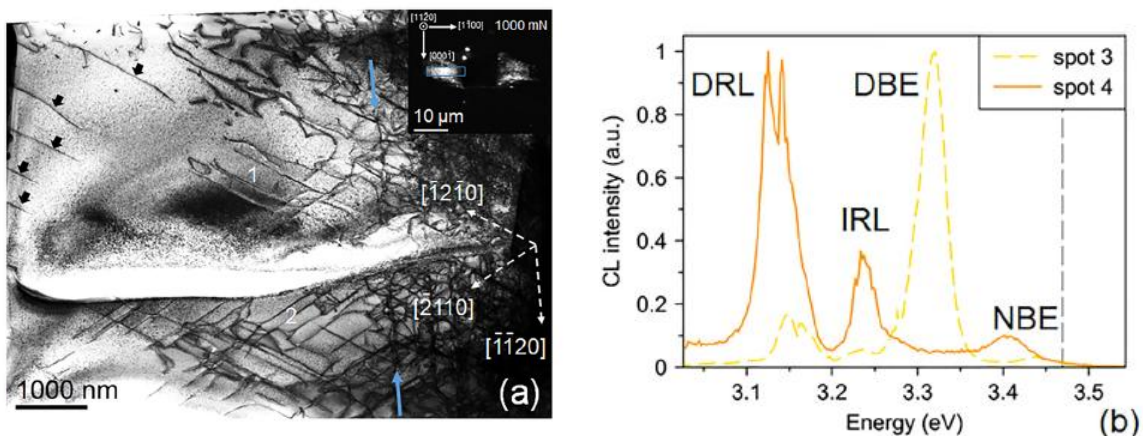


Рисунок 1 ПЭМ изображение дислокационной структуры исследованного образца GaN. Черные стрелки отмечают дислокации с совершенными ядрами, а голубые – с расщепленными и протяженными узлами на их пересечениях (a). Спектры КЛ, на которых обозначены полосы: DBE от совершенных дислокаций, IRL – от протяженных узлов, DRL-от расщепленных дислокаций, NBE-зонно-зонного излучения.

Нитрид галлия является основой для промышленного производства светоизлучающих приборов, в том числе массово используемых осветительных ламп, эффективность которых к настоящему времени не достигла теоретически возможной вследствие большой плотности ростовых дислокаций, возникающих вследствие различия его постоянной решетки с подложкой. Значимость полученных результатов состоит в расширении фундаментальных представлений о свойствах таких дислокаций и в возможности использования спектральных исследований люминесценции, как неразрушающего метода мониторинга качества выращиваемых слоев нитрида галлия.

Результаты опубликованы в статье:

Fine core structure and spectral luminescence features of freshly introduced dislocations in Fe-doped GaN. S. Shapenkov, O. Vyvenko, E. Ubyivovk, and V. Mikhailovskii, Journal of Applied Physics 131, 125707 (2022).