

В диссертационный совет Д 212.229.01  
при Санкт-Петербургском политехническом  
университете Петра Великого  
Санкт-Петербург, 195251  
ул. Политехническая д. 29

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **ВИРКО Максима Викторовича**  
«Исследование процесса термической диссоциации нитрида галлия при воздействии  
инфракрасного лазерного излучения», представленной на соискание ученой  
степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.10 – физика полупроводников


GaN и твёрдые растворы на его основе  $Al_xGa_{1-x}N$  и  $In_xGa_{1-x}N$  являются перспективными полупроводниками для силовой и оптоэлектроники. Вместе с тем, из-за отсутствия коммерчески доступных кристаллов GaN приемлемого качества для гомоэпитаксиального роста приходится выращивать кристаллы гетероэпитаксиально на наиболее экономически выгодных и доступных подложках сапфира, либо на подложках, подходящих для внедрения в современный технологический процесс микроэлектроники таких, как карбид кремния и кремний. Большая плотность дислокаций – одна из основных проблем гетероэпитаксиального роста GaN, которая остаётся наиболее острой и по сей день. Существующие способы получения подложек нитрида галлия требуют либо применения дорогостоящих технологий, либо не позволяют сразу получать качественные структуры и требуют дополнительных мер для улучшения их характеристик. Как результат, производство качественных структур на основе GaN сопряжено с большими трудностями, а их конечная стоимость очень высока. Поэтому в настоящее время активно ведутся поиски новых альтернативных методов получения или многократного использования подложек нитрида галлия. В этом смысле исследования в направлении поиска методов отделения указанных структур от ростовых подложек, и позволяющие многократно использовать качественные подложки GaN представляют собой **актуальную** научную задачу, решение которой открывает перспективу создания новых технологий производства полупроводниковых приборов.

В работе получены **новые** результаты, которые, на мой взгляд, действительно **доказывают** перспективность метода указанного отделения с помощью инфракрасного лазерного излучения. В ней **впервые** экспериментально показано, что эффект поглощения лазерного излучения на свободных носителях заряда в GaN может быть использован для отделения структур на основе GaN от ростовых подложек GaN, а эффект поглощения лазерного излучения на фононах в сапфире – от сапфировых подложек. Помимо этого, в работе также экспериментально показано, что эффект нелинейного многофотонного поглощения лазерного излучения в GaN может быть использован для отделения слоев GaN любой толщины от объемного кристалла GaN. **Достоверность** положений и выводов диссертации подтверждается и тем, что автором работы на основе отделенных пленок и

структур создан экспериментальный образец вертикального диода Шоттки и голубого светодиода.

В качестве замечания по автореферату отмечу отсутствие в нем описания процедуры отделения уже облученных участков пленки от ростовой подложки.

На основании знакомства с авторефератом и опубликованными работами считаю, что по научно-практическому значению, достоверности и новизне диссертационная работа Вирко Максима Викторовича «Исследование процесса термической диссоциации нитрида галлия при воздействии инфракрасного лазерного излучения» полностью отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 — физика полупроводников.

  
\_\_\_\_\_ Вывенко Олег Федорович

Профессор кафедры электроники твердого тела Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», доктор физико-математических наук по специальности 01.04.10 — физика полупроводников, профессор по специальности 01.04.07 — физика твердого тела.

Контактная информация:

Почтовый адрес: Старый Петергоф, ул. Ульяновская д. 1, Санкт-Петербург, 198504

Тел. (+7) 812-428-43-96

e-mail: [vyvenko@nano.spbu.ru](mailto:vyvenko@nano.spbu.ru)

« 8 » 02 2018 г.



ДОКУМЕНТ  
ПОДГОТОВЛЕН  
ПО ЛИЧНОЙ  
ИНИЦИАТИВЕ

Текст документа размещен  
в открытом доступе  
на сайте СПбГУ по адресу  
<http://spbu.ru/science/expert.html>