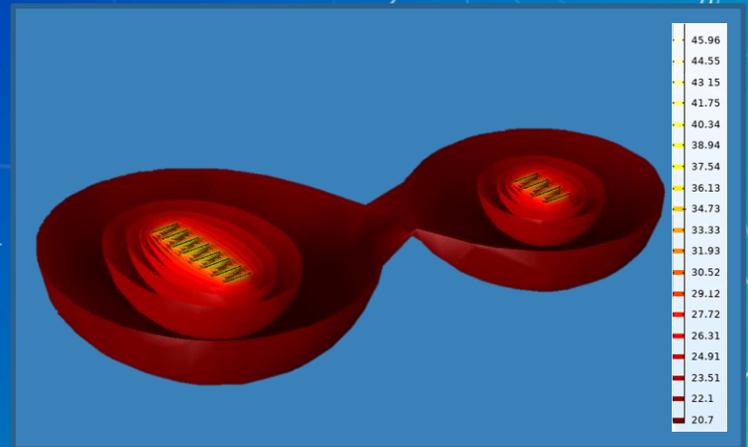
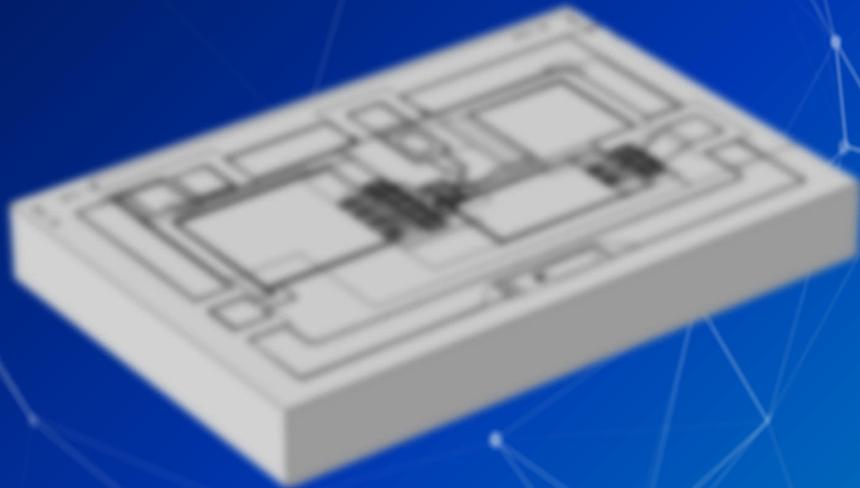




Проблемы моделирования тепловых процессов в монолитных интегральных схемах нитрида галлия на различных подложках.

Н.В. Зенченко, П.П. Мальцев



Высокие температуры могут оказывать существенное негативное влияние на работу НЕМТ:

- уменьшается мобильность носителей заряда, что приводит к ухудшению частотных характеристик устройства*;
- возрастают потери энергии вследствие экспоненциального роста тока утечки;
- возрастает сопротивление соединительных линий, что приводит к увеличению падений напряжения и возрастанию задержек в линиях, ухудшая тем самым характеристики и усложняя временной анализ и анализ шума**;
- высокие температуры могут **существенно** влиять на время жизни системы.

* J. Pernot, W. Zawadski, S. Contreras, J.L. Robert, E. Neyret, L. Di Cioccio, *Electrical transport in n-type 4H silicon carbide*, *Journal of Applied Physics*, V. 90, №. 4, P. 1869-1878 (2001)

** V. O. Turin, A. A. Balandin, *Electrothermal simulation of the self-heating effects in GaN-based field-effect transistors*, *Journal of Applied Physics*, V. 100, P. 054501 (2006)

Методика моделирования распределения температуры в НЕМТ.

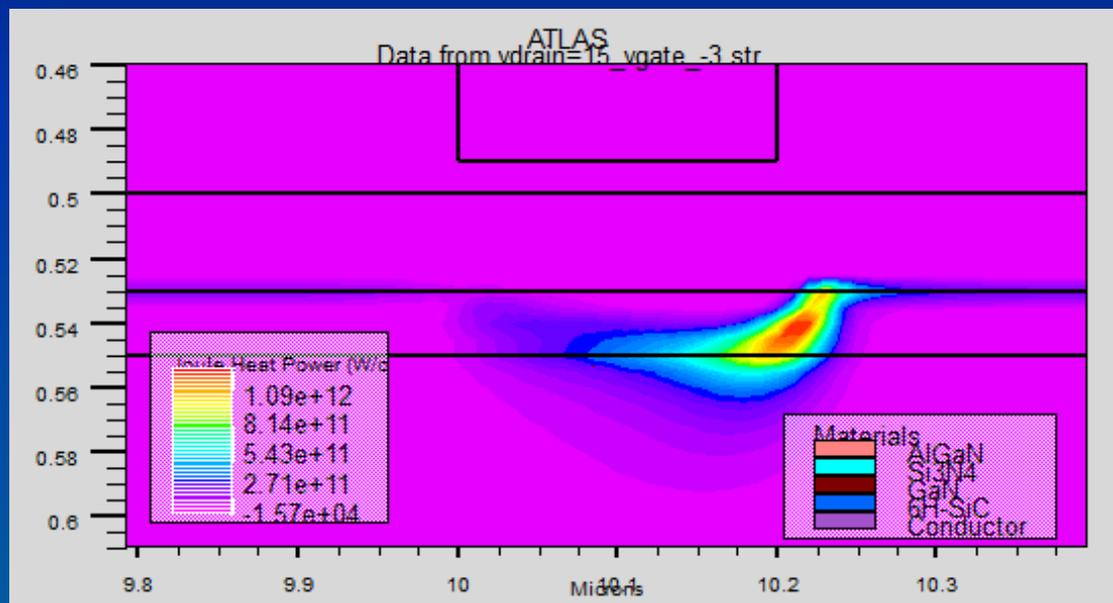
Материал	Функция в модели	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/м*К	Теплоемкость, Дж/кг*К
GaN	гетероструктура	6070	130	490
AlGaIn		5184	40	604
Al ₂ O ₃	подложка (вар. 1)	3965	35	730
SiC	подложка (вар. 2)	3216	490	690

Параметры, требуемые для проведения моделирования распределения тепловых потоков:

- наличие/отсутствие теплоотводящих элементов;
- температура окружающей среды;
- конвекция;
- параметры кристалла;
- топология и послойная структура МИС.

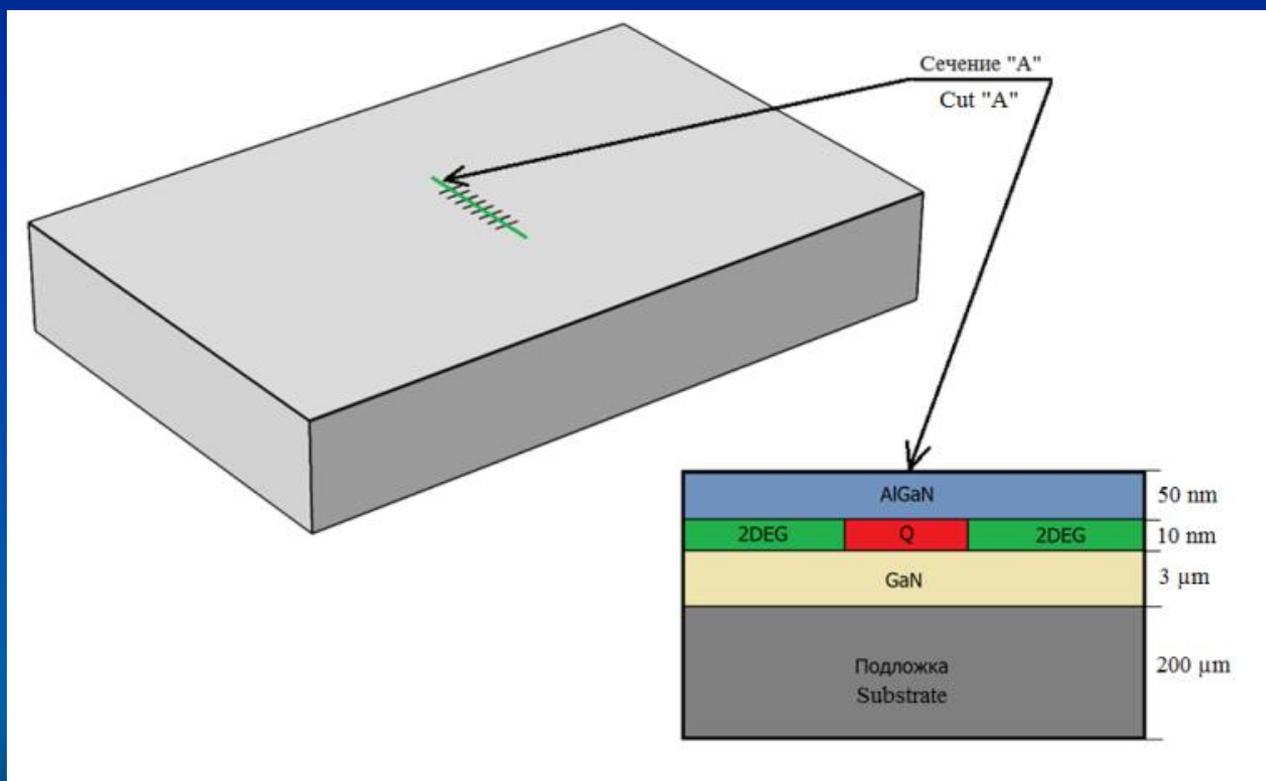
Методика моделирования распределения температуры в НЕМТ.

Моделирование распределения плотности тока и удельного тепловыделения в НЕМТ позволило определить размеры области, которая будет задаваться как источник тепла в трехмерной модели монолитной интегральной схемы

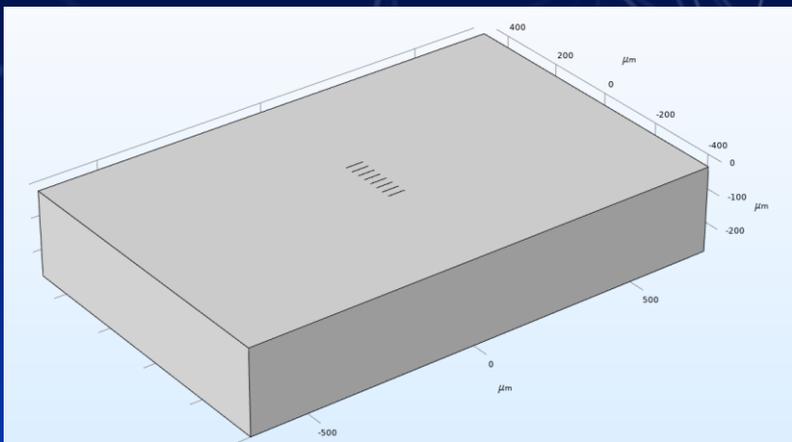


Методика моделирования распределения температуры в НЕМТ.

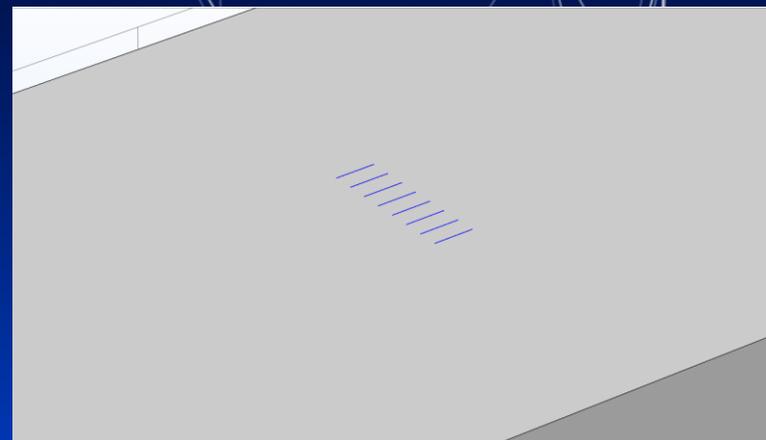
Моделирование распределения плотности тока и удельного тепловыделения в НЕМТ позволило определить размеры области, которая будет задаваться как источник тепла в трехмерной модели монолитной интегральной схемы



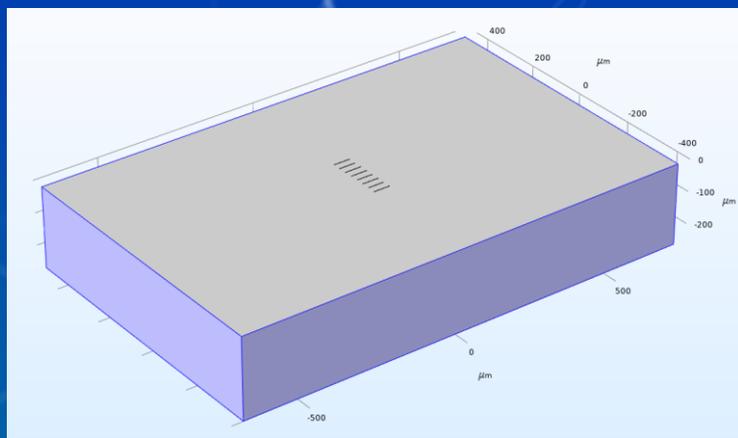
Методика моделирования распределения температуры в НЕМТ.



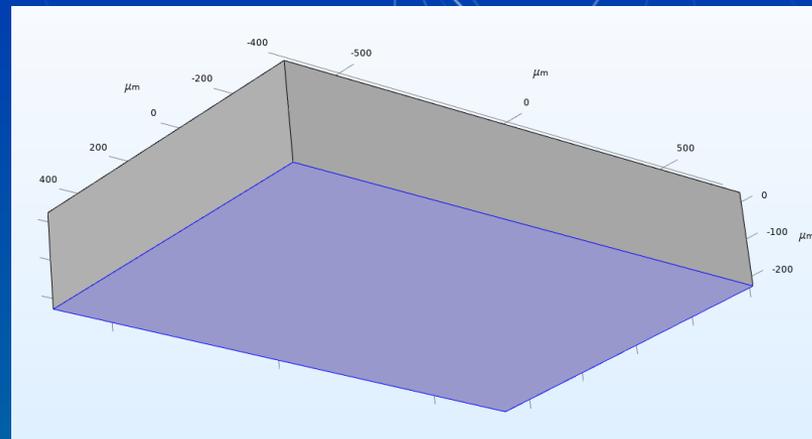
3D-модель



Источник тепла

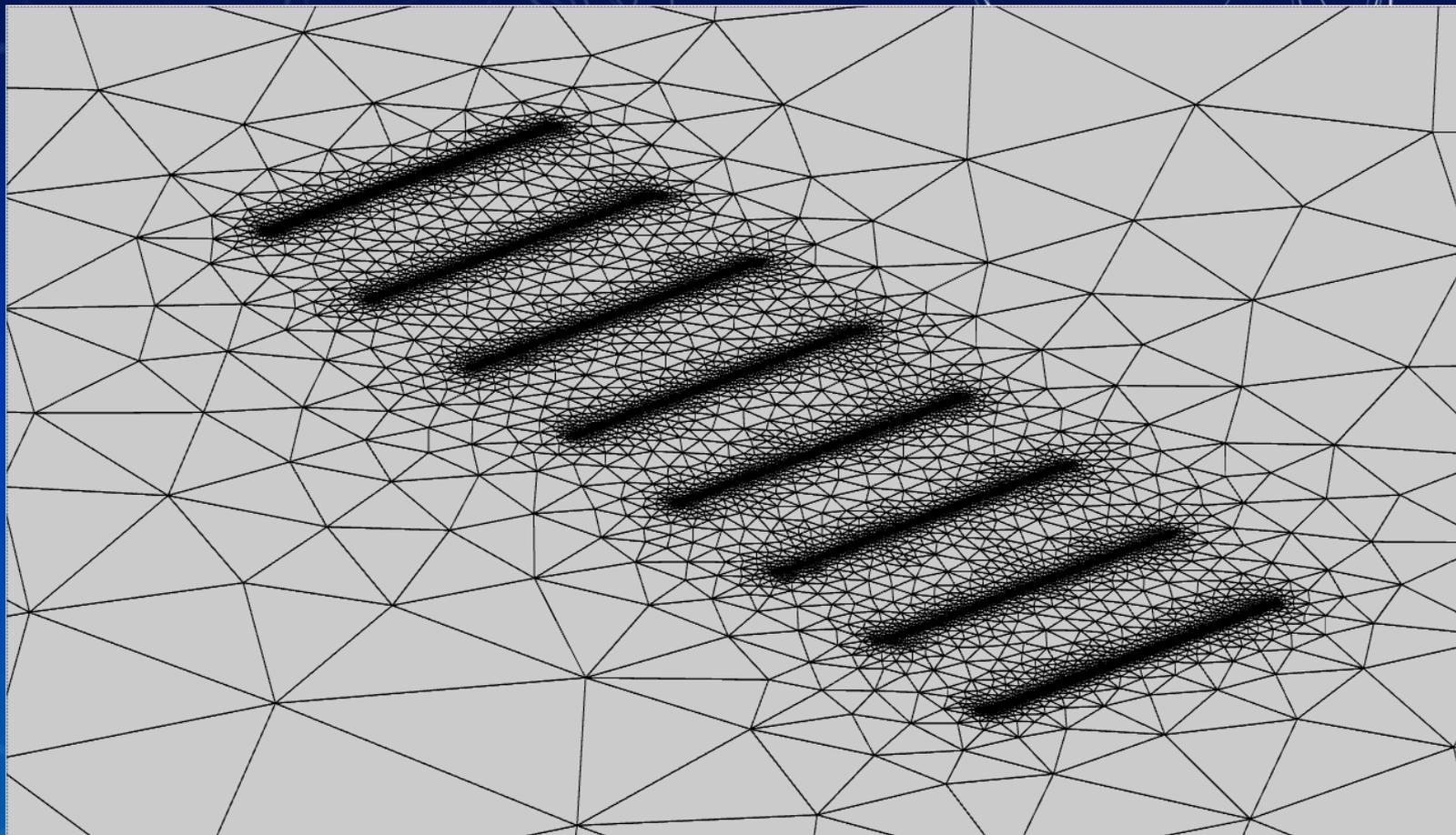


Конвекция



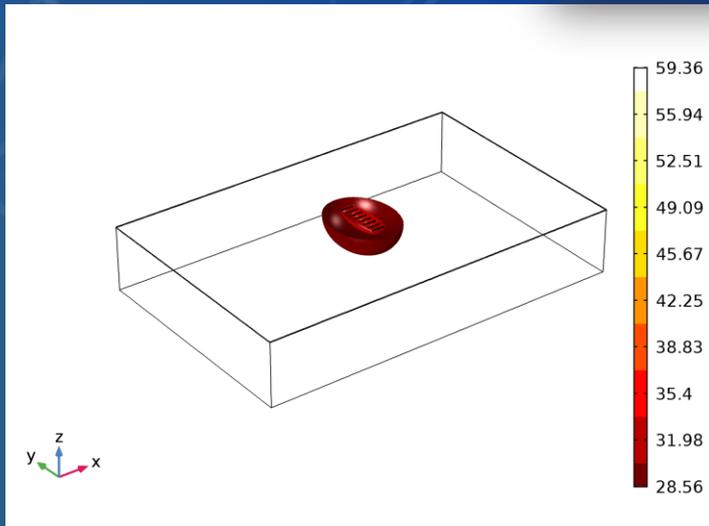
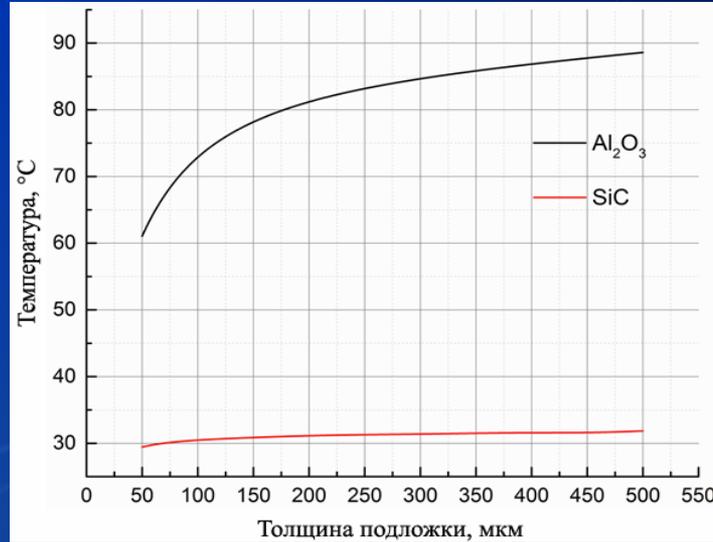
Теплоотвод

Методика моделирования распределения температуры в НЕМТ.

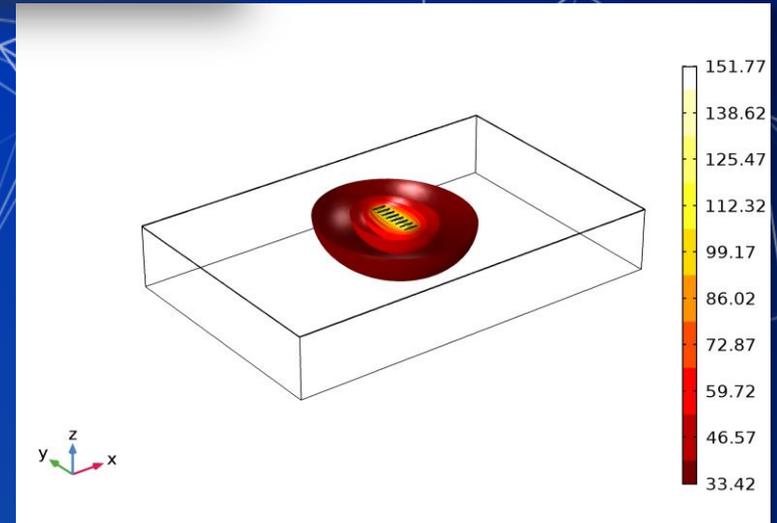


Результаты моделирования.

Зависимость температуры от параметров подложки.



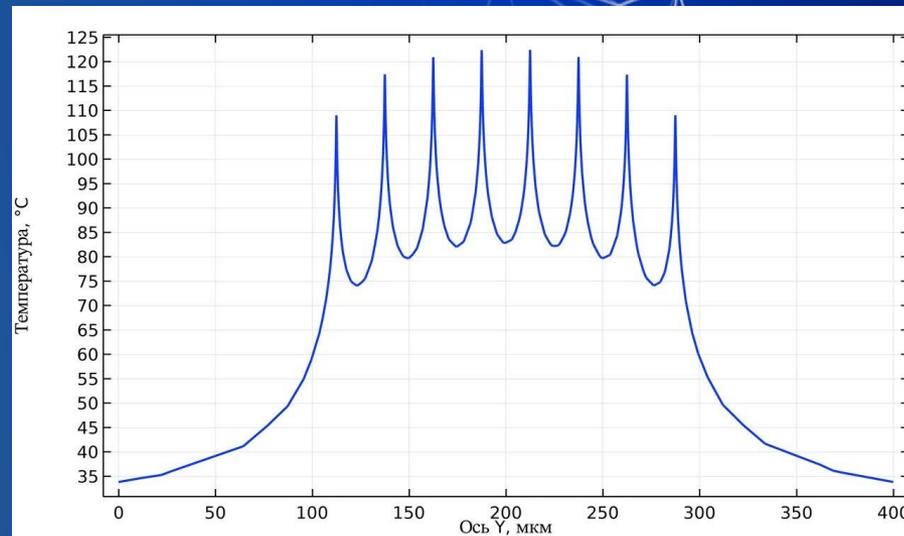
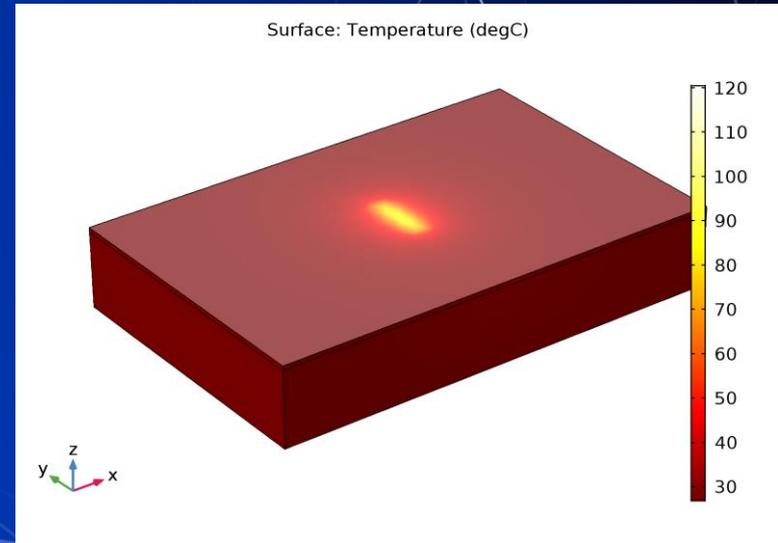
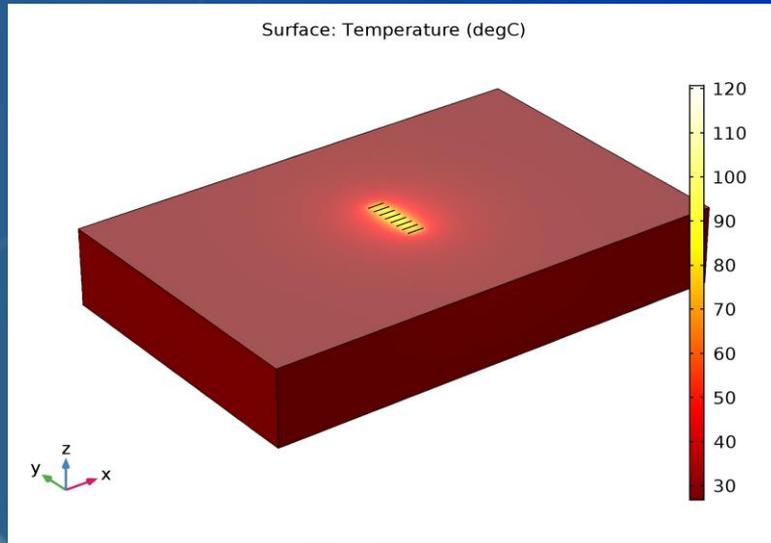
Карбид кремния



Сапфир

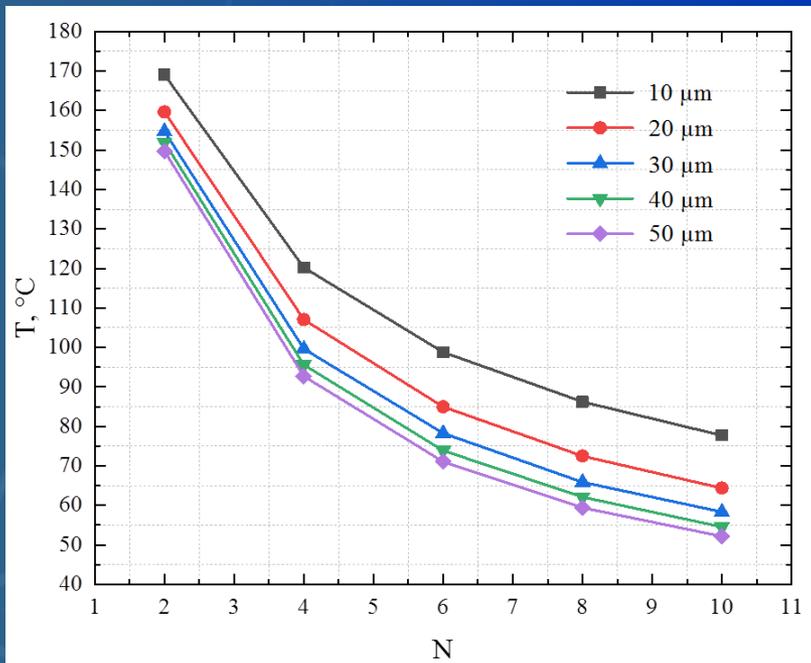
Результаты моделирования.

Зависимость температуры от наличия слоя фотолака.

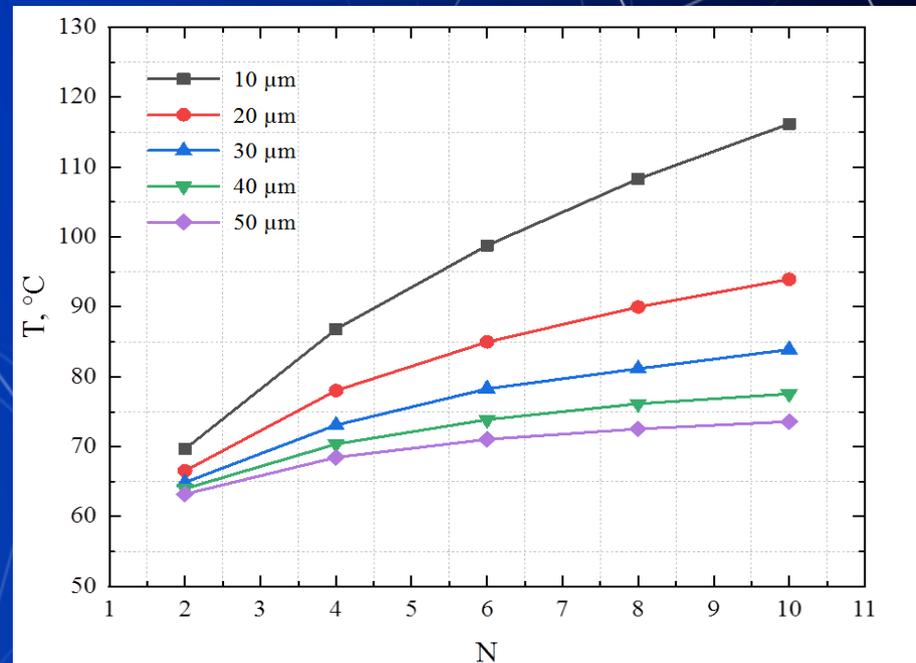


Результаты моделирования.

Зависимость температуры от количества и положения затворов.

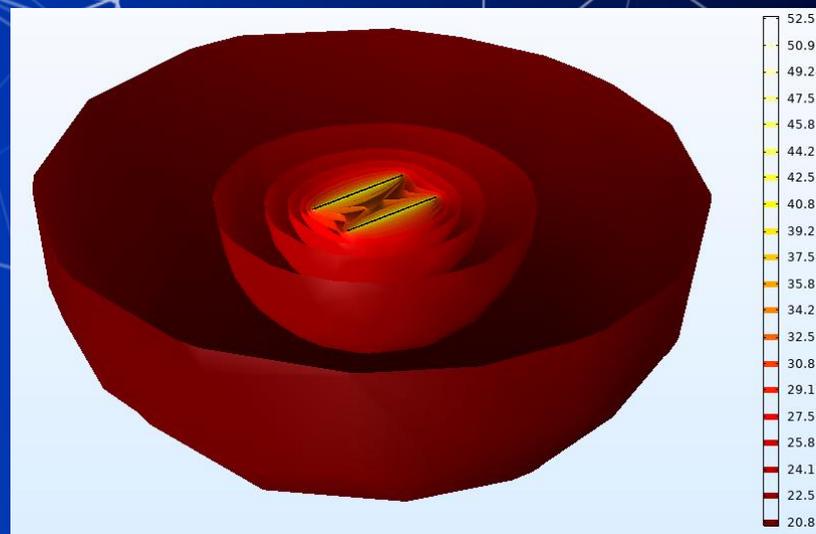
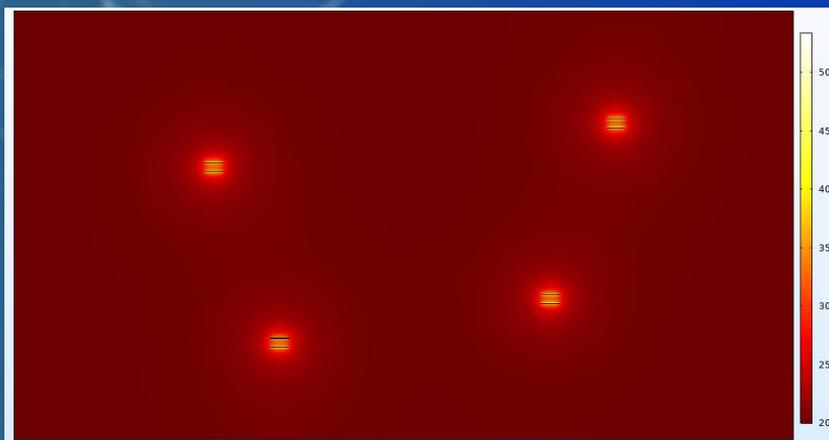
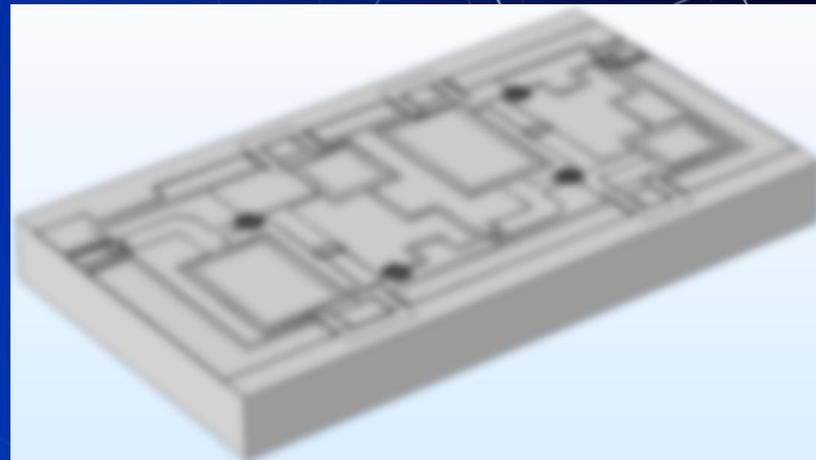
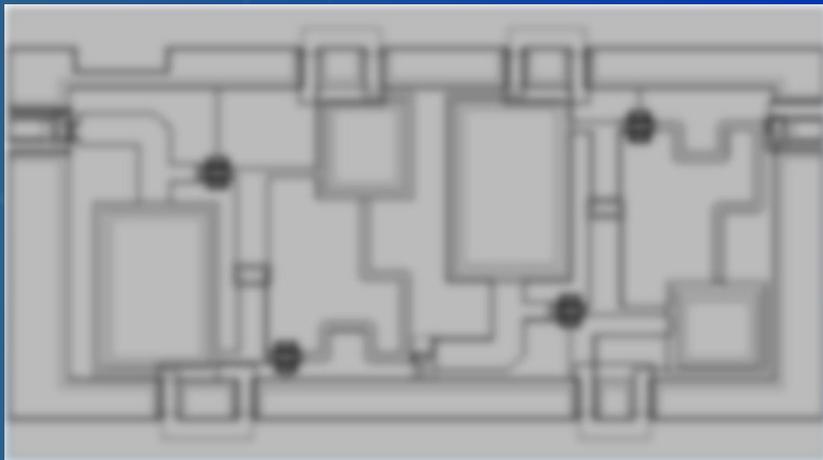


Максимальный нагрев активной области транзистора в зависимости от количества затворов (N) и расстояния между ними. Абсолютное тепловыделение 0.3 Вт

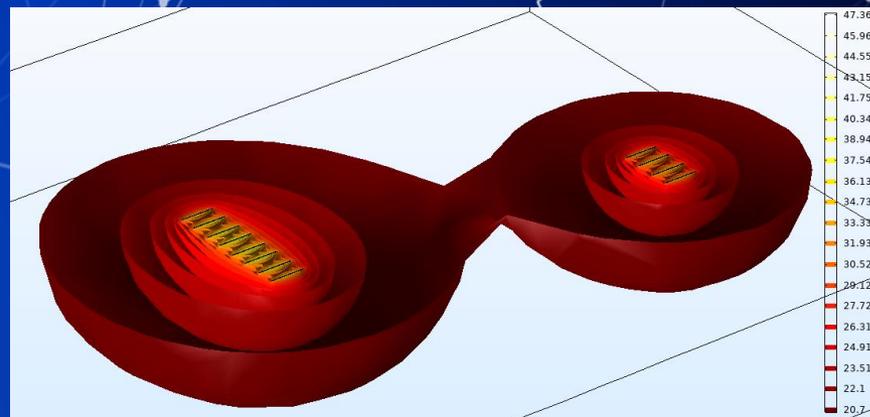
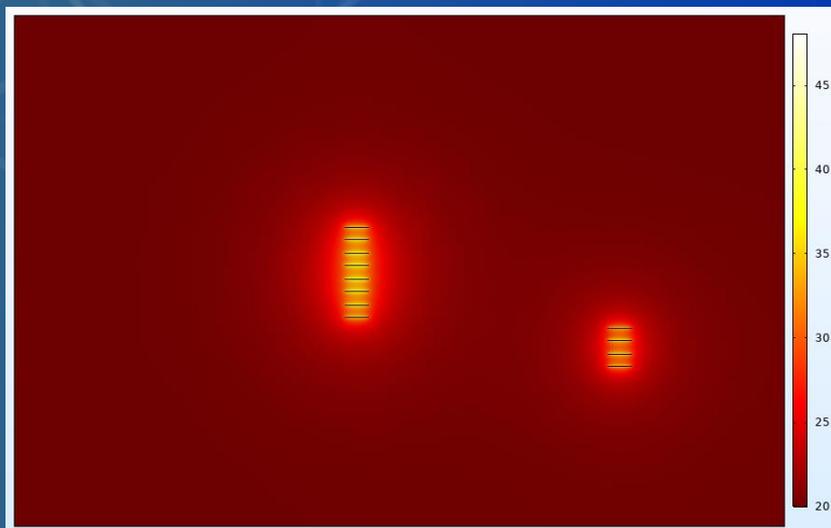
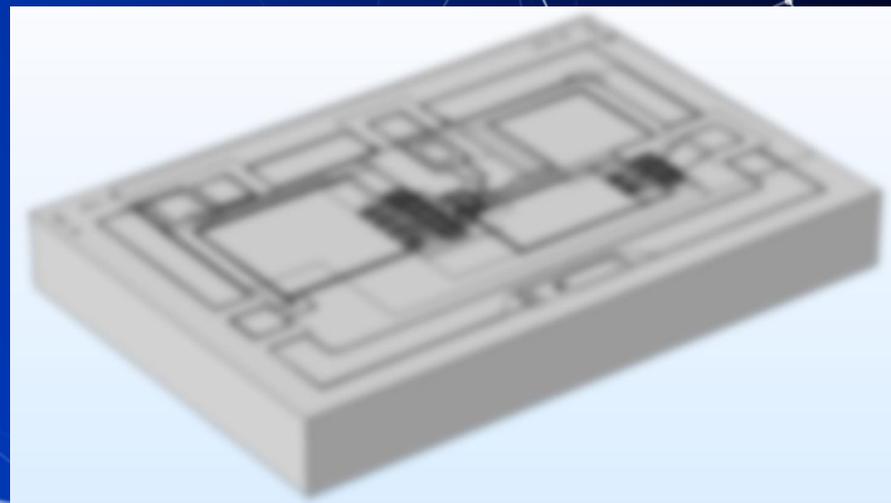
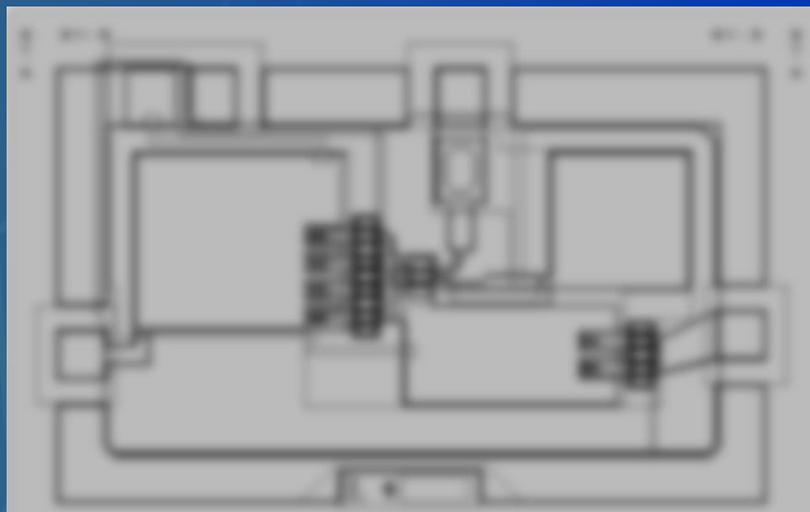


Максимальный нагрев активной области транзистора в зависимости от количества затворов (N) и расстояния между ними. Относительное тепловыделение 10^{10} Вт/м^2

Результаты моделирования. Моделирование актуальных топологий.



Результаты моделирования. Моделирование актуальных топологий.



Заключение

Разработанная методика моделирования позволяет оценивать риски перегрева и получать данные по распределению температуры внутри всего объема монокристаллической интегральной схемы и может применяться при проектировании любых устройств, в состав которых входят НЕМТ. В результате уже проведенных расчетов определено влияние топологии, параметров подложки и кристалла на максимальный нагрев активной области НЕМТ. Моделирование тепловых процессов активно применяется в ИСВЧПЭ РАН при разработке широкой номенклатуры устройств микро- и нанoeлектроники.

Спасибо за внимание!

