



РОССИЙСКИЙ ФОРУМ
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА
10 ЛЕТ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ
ТЕРРИТОРИЯ
«СИРИУС»

24-27
сентября 2024

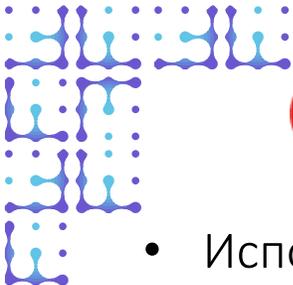
10 лет
вместе!

Определение потерь в планарных оптических слоях различной контрастности при производстве фотонных интегральных схем

Левин Д.Д.

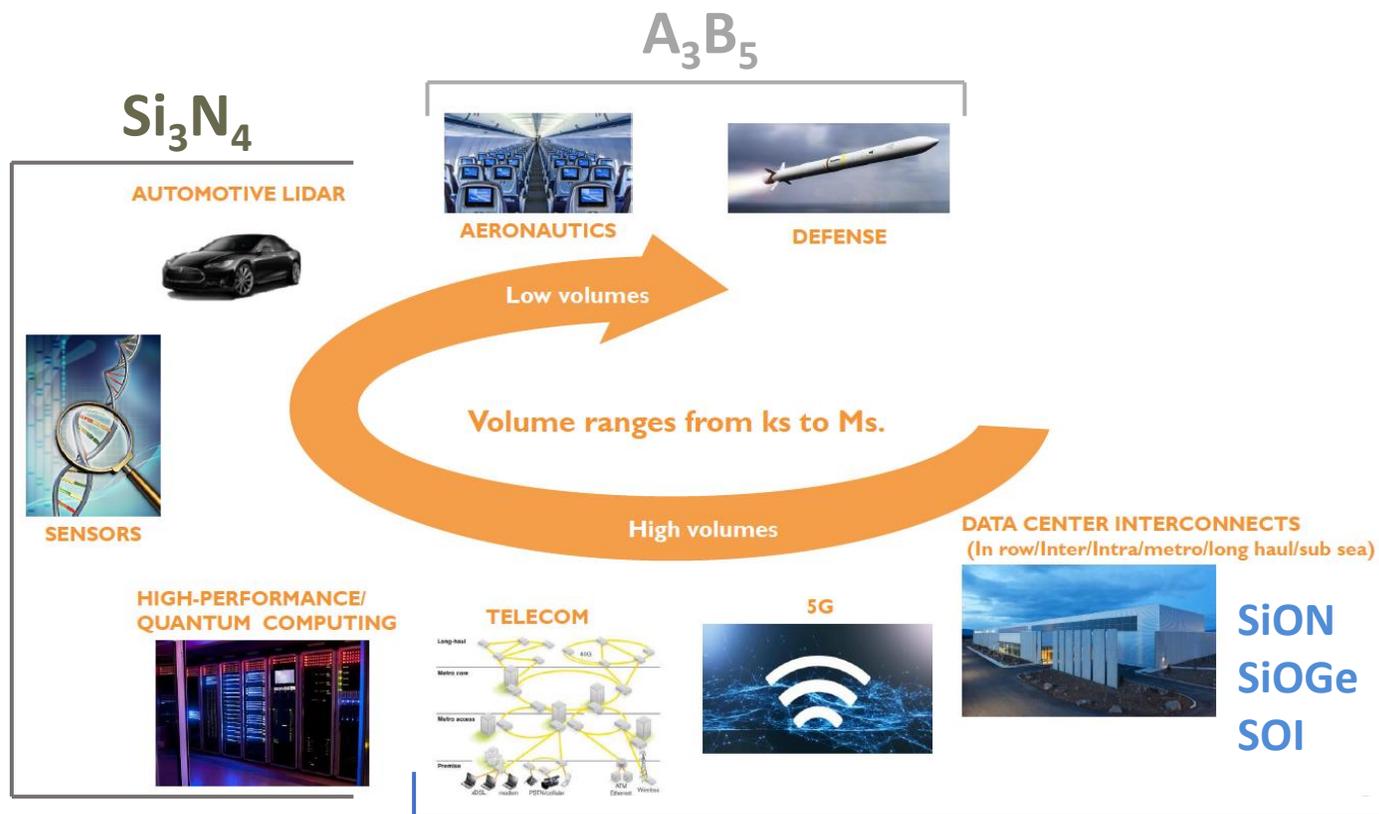
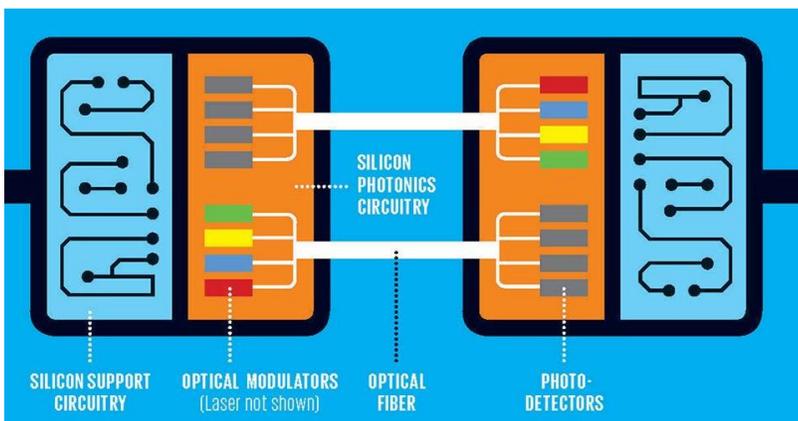
АО «ЗНТЦ», Москва, Зеленоград, 124527, ул. Солнечная аллея, д. 6

levin.denis@aozntc.ru



Особенности кремниевой фотоники

- Использование стандартного оборудования и материалов для КМОП технологии.
- Возможность использовать широкий диапазон контрастностей волноводов.
- Возможность использовать литографию с разными нормами.
- Возможность интеграции волноводной и электронной структур на одной подложке.
- Возможность интеграции пассивной волноводной структуры с активными A_3B_5 элементами.

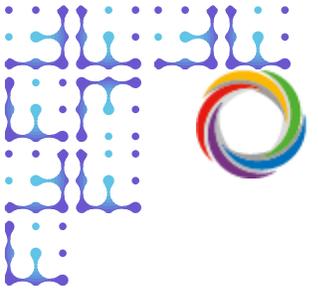


Академические партнеры:

Skoltech

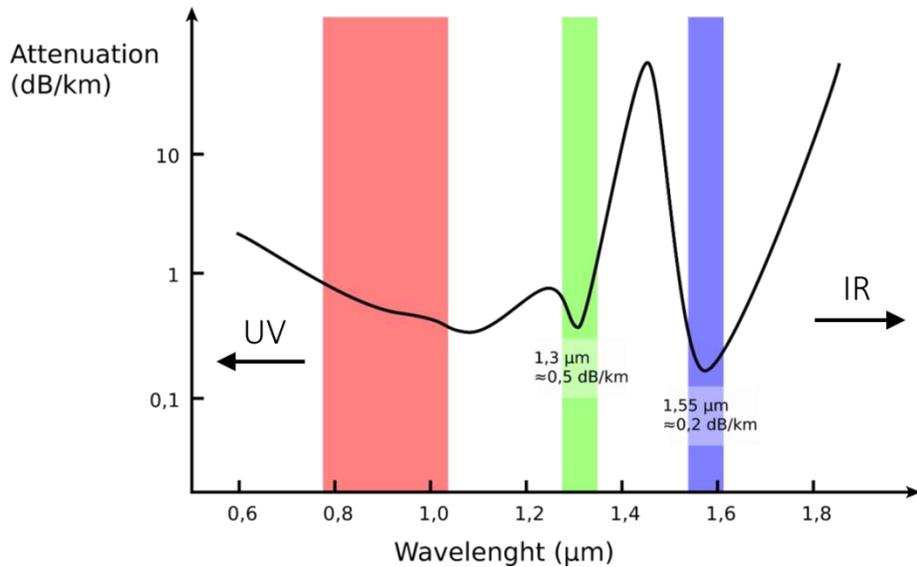


МГТУ им. Н.Э. Баумана



Материальные потери

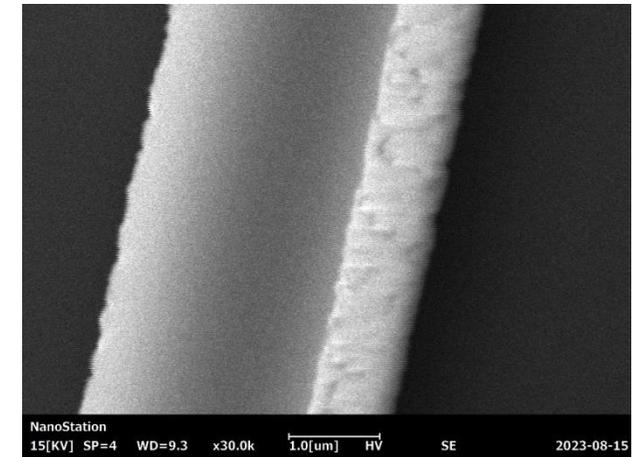
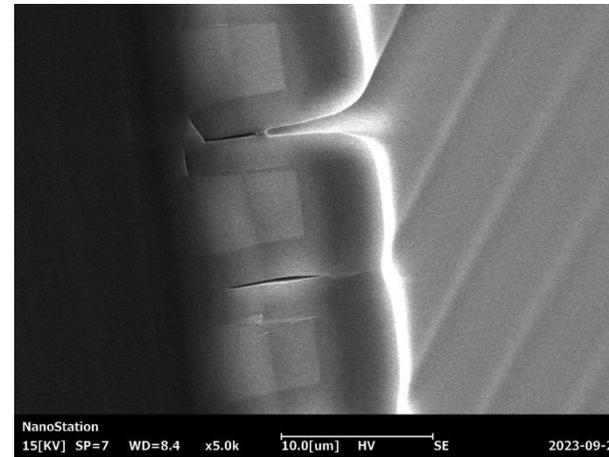
(поглощение в материале волновода)



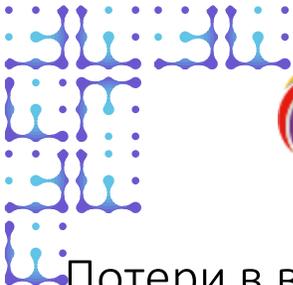
- Поглощение на примесях
- Наличие «водяного» пика (OH^-)

Излучательные потери

- Шероховатость стенок волнопроводов
- Неоднородность структуры



Дефекты типа мышинные норы и расслаивание



Потери в волноводах фотонных интегральных схем зависят от качества оптических слоев на чипе



Разброс параметров оптических слоев по пластине



Необходимость контроля параметров в оптических слоях в процессе их формирования

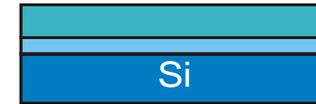


Отсутствие сертифицированных методик неразрушающего контроля потерь в оптических слоях

Основные технологические этапы формирования волноводной структуры



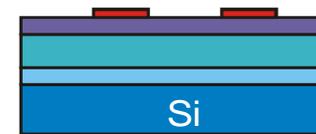
термооксидирование



создание нижнего
клардинга (PECVD SiO₂)



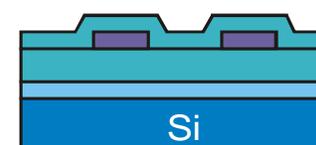
нанесение
волноводного слоя
(PECVD SiON; SiO₂:GeO₂)



нанесение маски



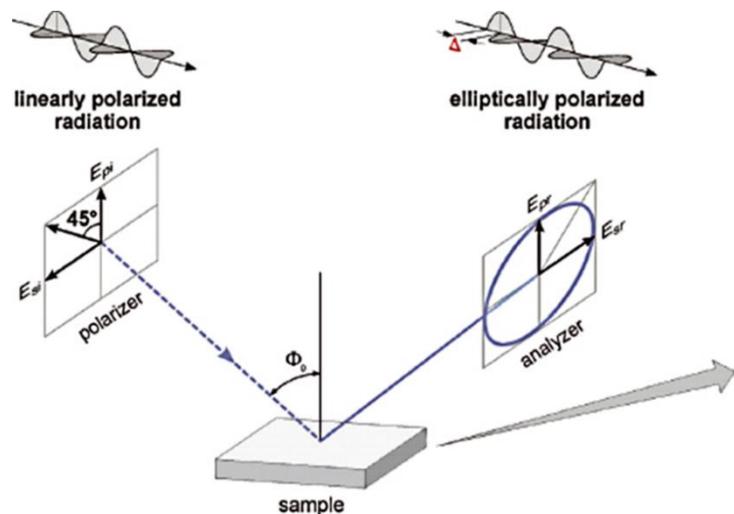
создание волноводной
структуры (травление RIE)



создание верхнего
клардинга (SiO₂ БФСС)

Эллипсометрический контроль коэффициента преломления и толщины оптических слоев SiOx

- Измерение показателя преломления и его дисперсии в диапазоне длин волн 400...1700 нм:
 - низкая контрастность SiO₂/SiON (менее 2 %);
 - высокая контрастность SiO₂/SiON (более 2 %).
- Измерение толщины планарных структур (толщины до 20 мкм).
- Построение карты распределения параметров по пластине.
- Возможность многоугловых измерений (50-75°).
- Отбраковка пластин в партии на этапе формирования слоя.

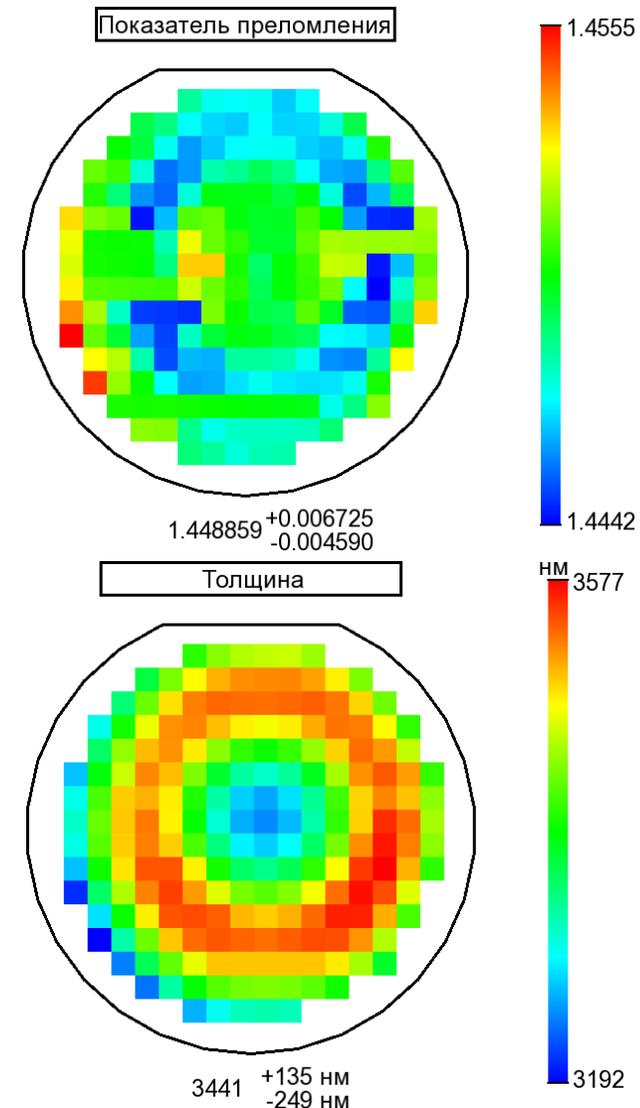
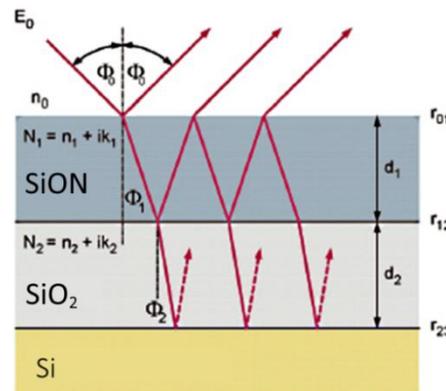


$$n^2(\lambda) = 1 + \sum_i \frac{B_i \lambda^2}{\lambda^2 - C_i}$$

Модель Селлмейера

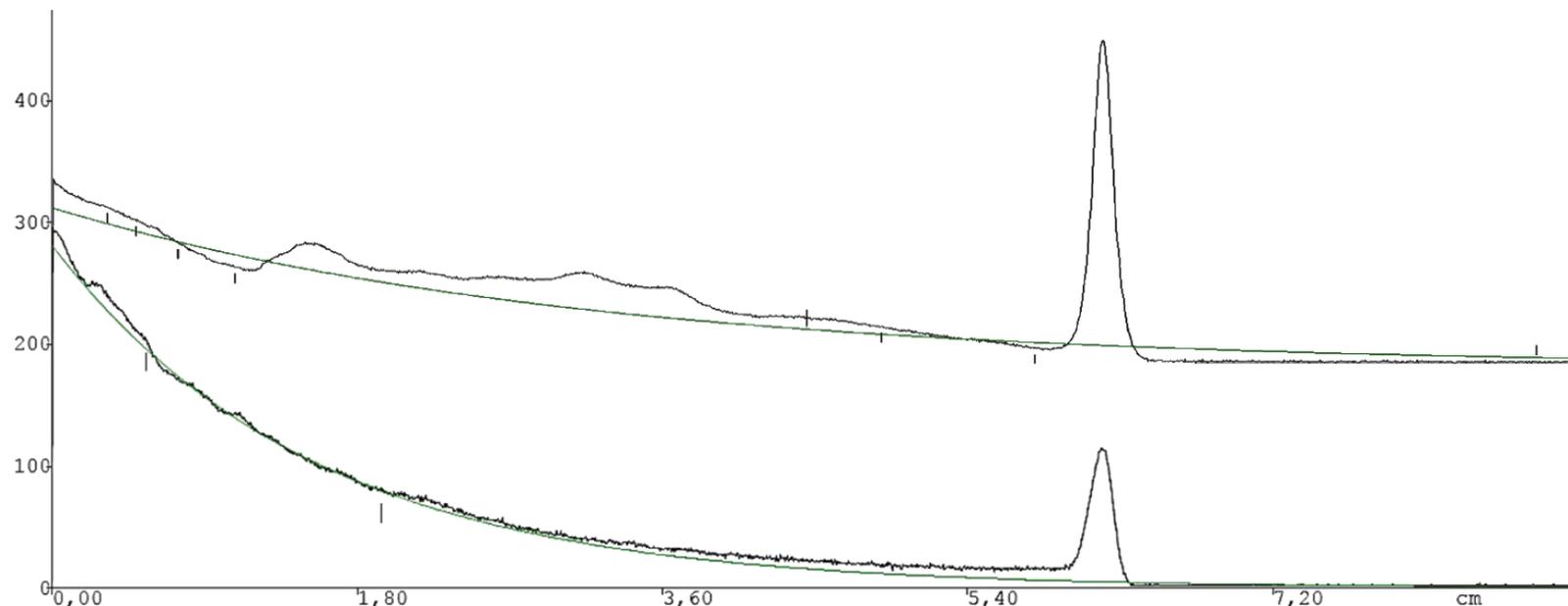
$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$$

Модель Коши



Контроль оптических потерь планарных волноводов методом призмного возбуждения волноводных мод

1. Измерение показателя преломления планарного слоя на фиксированных длинах волн (635 нм, 1550 нм);
2. Измерение толщины планарного слоя;
3. Измерение потерь волноводной моды в планарном слое;
4. Качественное определение дефектности планарного слоя.



ID=
Prism= 6740,1
Wavelength=1544,8 Prism N= 2,1113
Верх
Fit: $\ln(I) = 5,859 - 0,374 * X$ ChiSq= 0,47
X: -256 to -285; -327 to -385; -1036 to -1191 (4,75 cm)

Loss= 1,62 dB/cm at table location -1184 (1,4467)

Низ
Fit: $\ln(I) = 5,639 - 0,648 * X$ ChiSq= 0,02
X: -109 to -383 (1,40 cm)

Loss= 2,82 dB/cm at table location -1296 (1,4487)

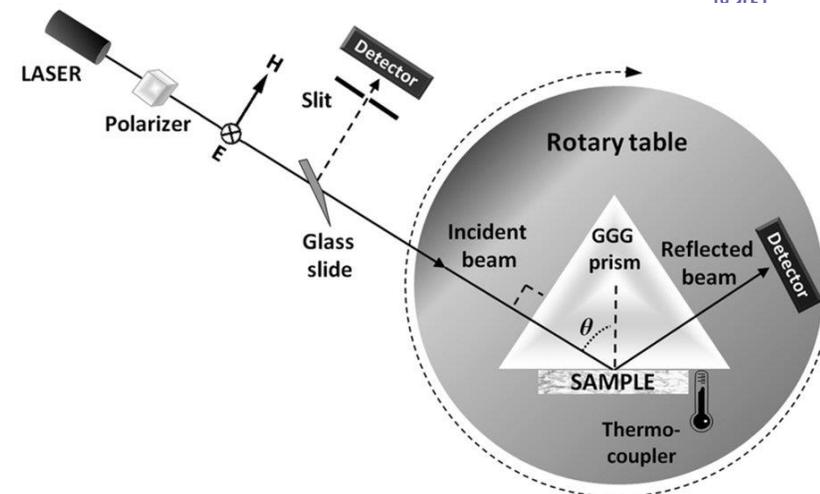


Схема призмного возбуждения волновода

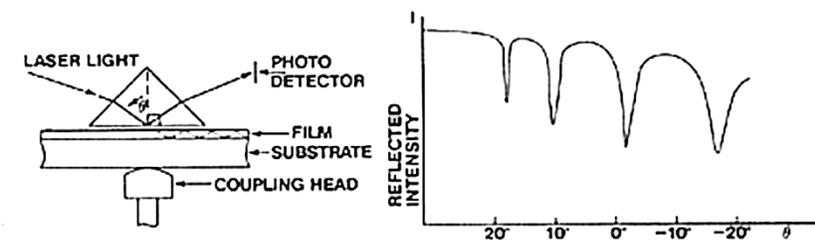


FIG. 1. MEASUREMENT PRINCIPLE FOR THIN FILM

Контроль оптических параметров планарного волноводного слоя в процессе серийного производства ФИС

Совмещение методов для построения карт распределения оптических параметров планарного волноводного слоя → отбраковка пластин в партии

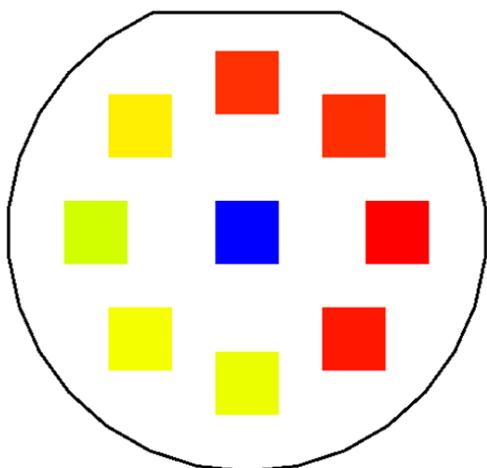


Спектроскопический эллипсометр SER 850 SENTECH



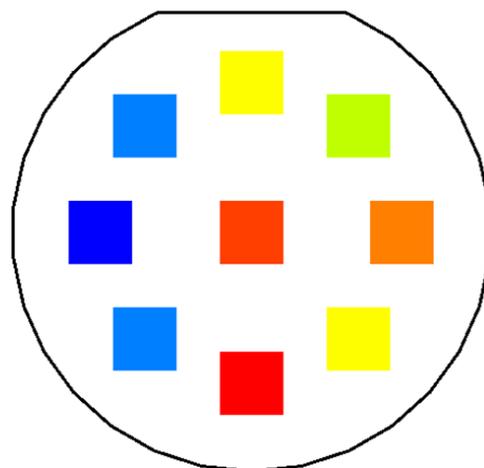
Metricon 2010/m prism coupler

Толщина



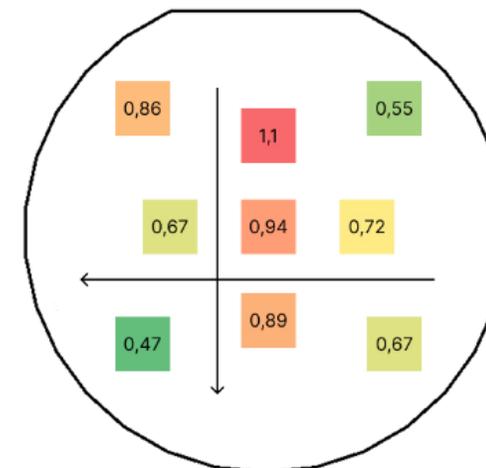
3437 $\begin{matrix} +27 \\ -86 \end{matrix}$

Показатель преломления



1.464533 $\begin{matrix} +0.000667 \\ -0.000933 \end{matrix}$

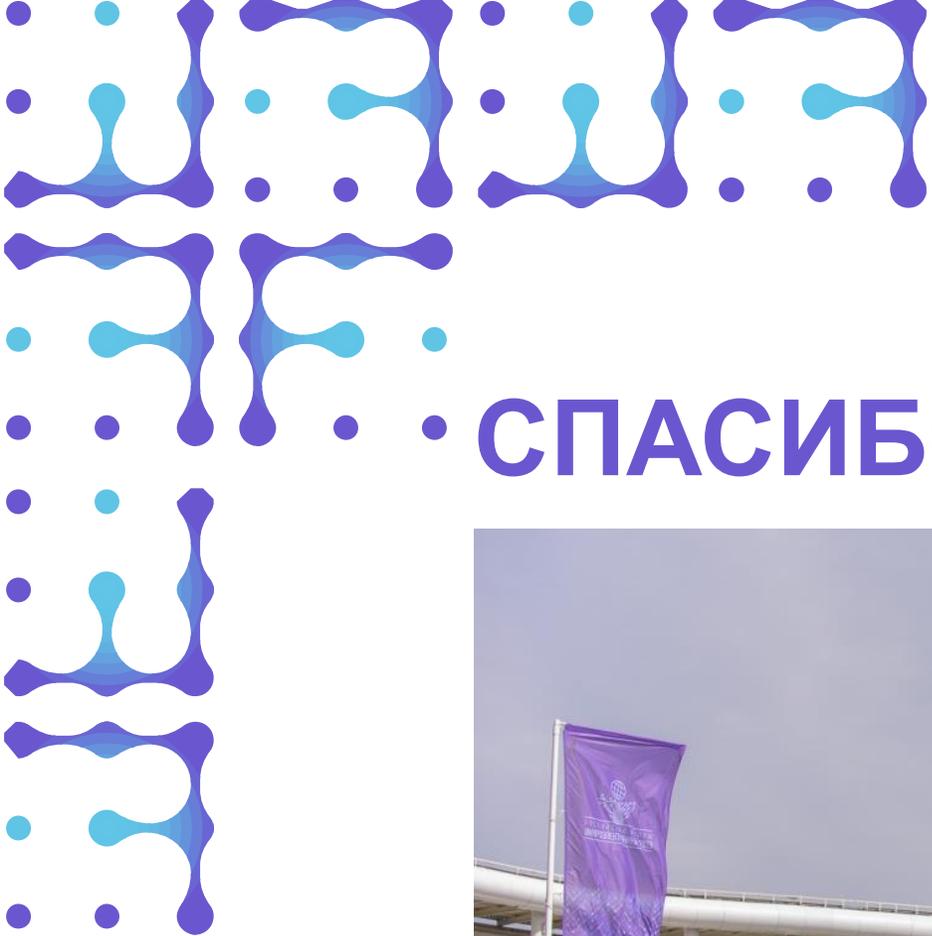
Потери



0.76 $\begin{matrix} +0.34 \text{ дБ/см} \\ -0.29 \text{ дБ/см} \end{matrix}$

Выводы

1. Предложенная методика картирования позволяет эффективно отбраковывать пластины при в процессе операционного контроля при серийном производстве ФИС.
2. Методика является не разрушающей, контроль возможен на рабочих пластинах.
3. Скорость получения результата зависит от масштаба сетки картирования.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



РОССИЙСКИЙ ФОРУМ
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА
10 ЛЕТ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ
ТЕРРИТОРИЯ
«СИРИУС»



23-28
сентября 2024



microelectronica.pro



Подписывайтесь на нас
в телеграм-канале
и будьте в курсе всех
последних новостей!