

Белорусский государственный университет
Физический факультет
Кафедра атомной физики и физической информатики

Электрофизические свойства водородосодержащих доноров в субмикронных слоях кремния

Магистерская диссертация

Выполнил – магистрант Гиро А.В.

Научный руководитель – канд. ф.-м. наук,
доцент Покотило Ю.М.



Содержание

1. Актуальность.
2. Поставленные цели.
3. Объекты и методика исследований.
4. Результаты.
5. Выводы.



Актуальность

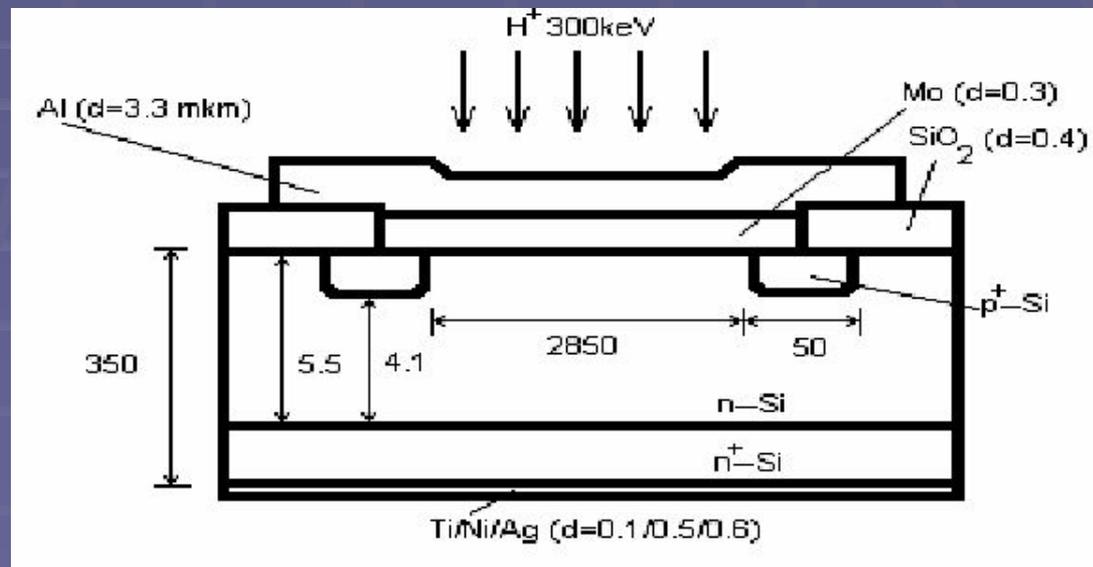
- Модифицирование полупроводниковых материалов пучками легких ионов, в частности протонов, является одним из наиболее перспективных и бурно развивающихся в последние годы физико-технологических методов.
- Интерес к протонам обусловлен широким контролируемым диапазоном обрабатываемых глубин материала (от 0,1 мкм до 1 мм) и отсутствием после протонного облучения сложных радиационных комплексов с высокой температурой отжига.
- Разработка и широкое использование радиационных технологий в электронной технике свидетельствуют о высокой эффективности данных методов и являются результатом глубоких исследований физико-химических процессов, лежащих в основе радиационных методов легирования.

Поставленные цели

- Идентификация дефектов, образующихся в кремнии после протонного облучения
- Исследования корреляции процессов формирования Н-доноров и радиационных дефектов в эпитаксиальном кремнии.
- Выявление причины образования аномального пика в DLTS-спектре кремния, облученного протонами.

Объекты исследований

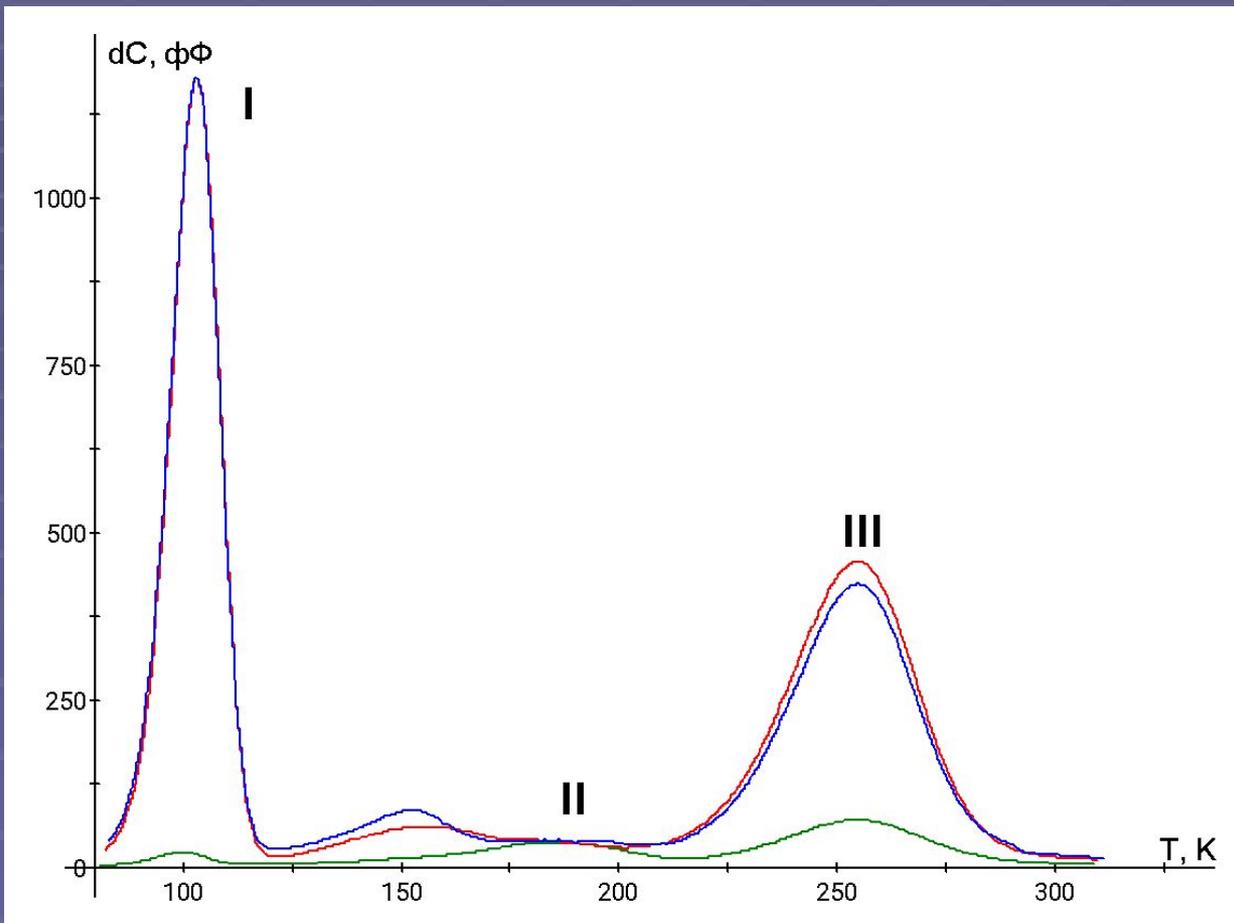
- Для экспериментов использовались промышленные Pd-Si диоды Шоттки, изготовленные на эпитаксиальном n-кремнии с удельным сопротивлением 1,2 Ом·см.
- Образцы облучались ионами H^+ с энергией 300 кэВ и дозой в интервале $\Phi = (1 \cdot 10^{13} - 3 \cdot 10^{15}) \text{ см}^{-2}$.



Методика исследований

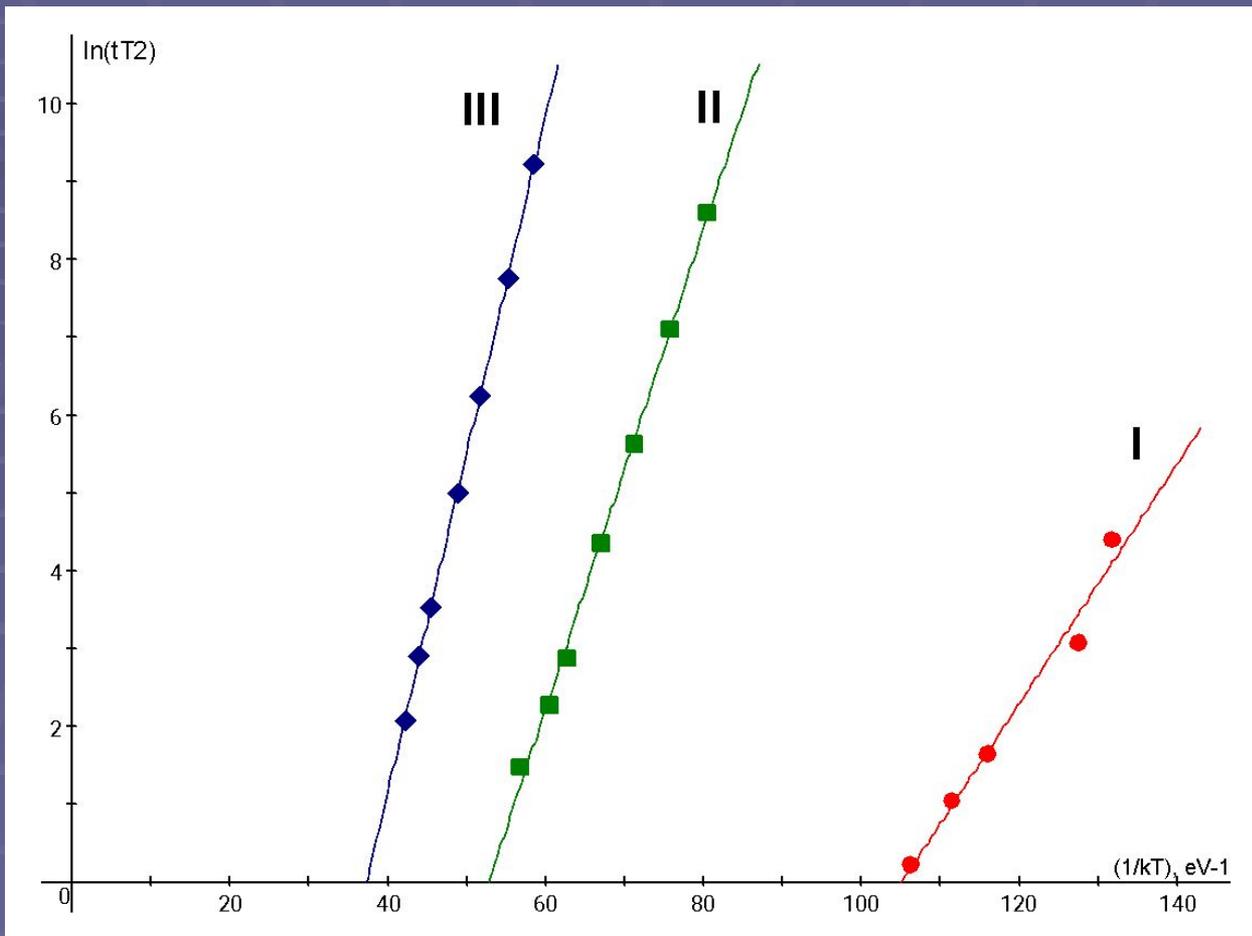
- Для нахождения параметров глубоких центров использовался метод **DLTS**. Отношение времен выборок составляло $t_2/t_1=5$, частота – 1 МГц. Напряжение смещения переключалось в диапазоне (0÷5) В, что соответствовало глубине сканирования базового слоя $X=(0,2÷2,1)$ мкм. Температурный диапазон сканирования – от 90К до 300К.
- Дополнительно применялся метод C-V-характеристик для нахождения высоты потенциального барьера в диоде Шоттки. Частота составляла 1,2 МГц.

Результаты (DLTS)



Спектры DLTS образцов, облученных протонами, γ -квантами и после комплексного облучения. На спектрах можно выделить 3 пика.

Результаты (кривые Аррениуса)

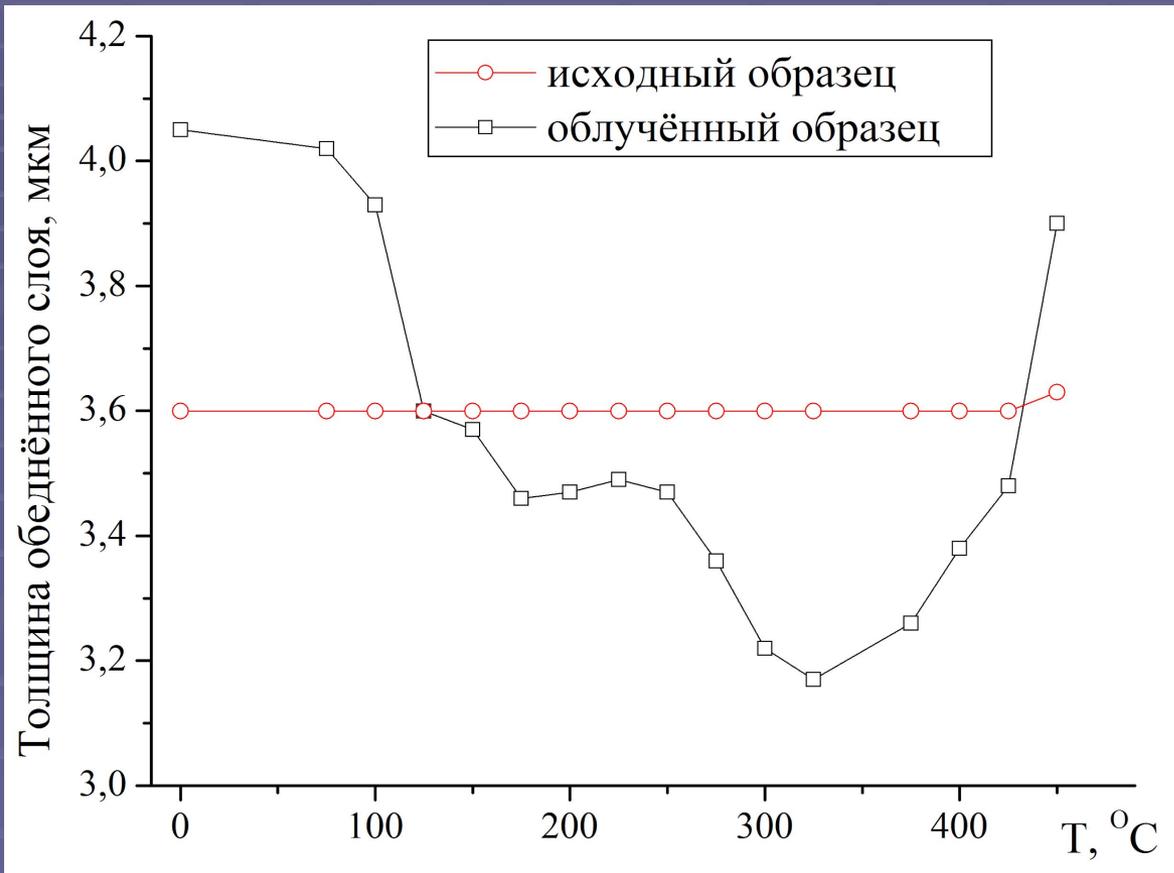


Благодаря кривым Аррениуса находим параметры дефектов для трёх пиков, что позволяет сделать предварительную идентификацию данных дефектов.

Результаты (параметры дефектов)

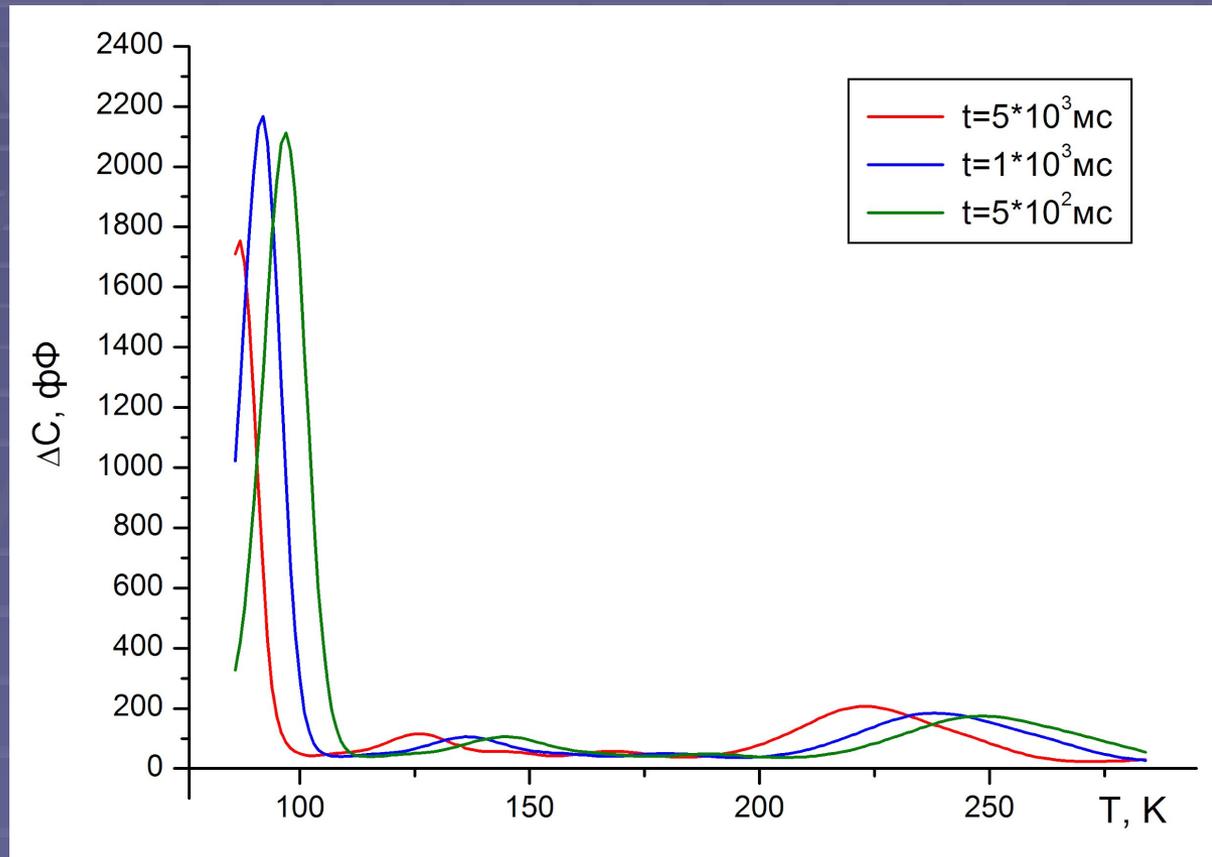
Номер пика	Энергия активации, эВ	Сечение захвата электронов, см ²	Температура отжига, °С	Предполагаемый тип центра
I	0,16	$1,6 \cdot 10^{-15}$	400	A-центр (V-O)
II	0,31	$1,7 \cdot 10^{-15}$	150-200	V-O-H центр
III	0,44	$1,7 \cdot 10^{-15}$	200	E-центр (V-P)

Результаты (обеднённый слой)



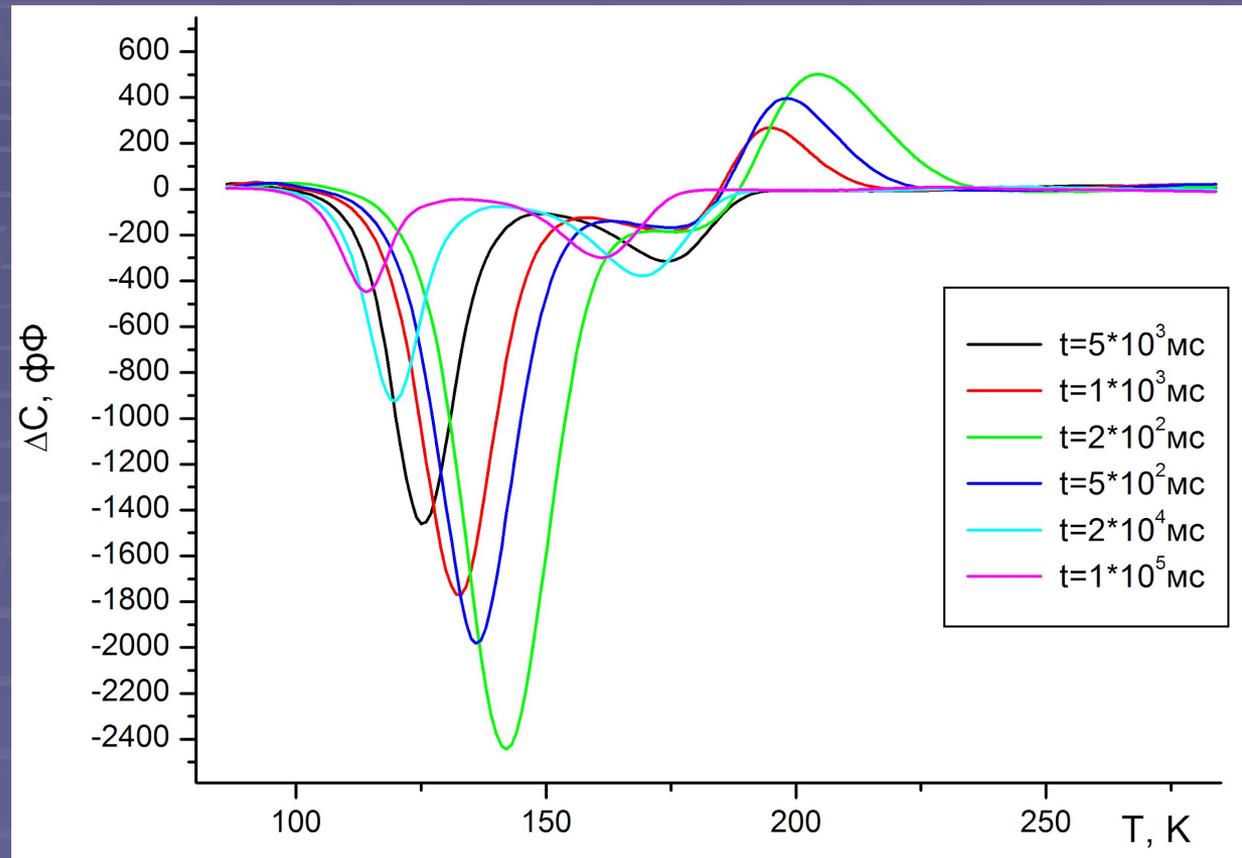
Зависимость толщины обеднённого слоя исходного образца и образца, подвергшегося облучению протонами с энергией 300 кэВ. Отжиг производился изохронно, 20 минут, шаг – 50 °С

Результаты (DLTS)



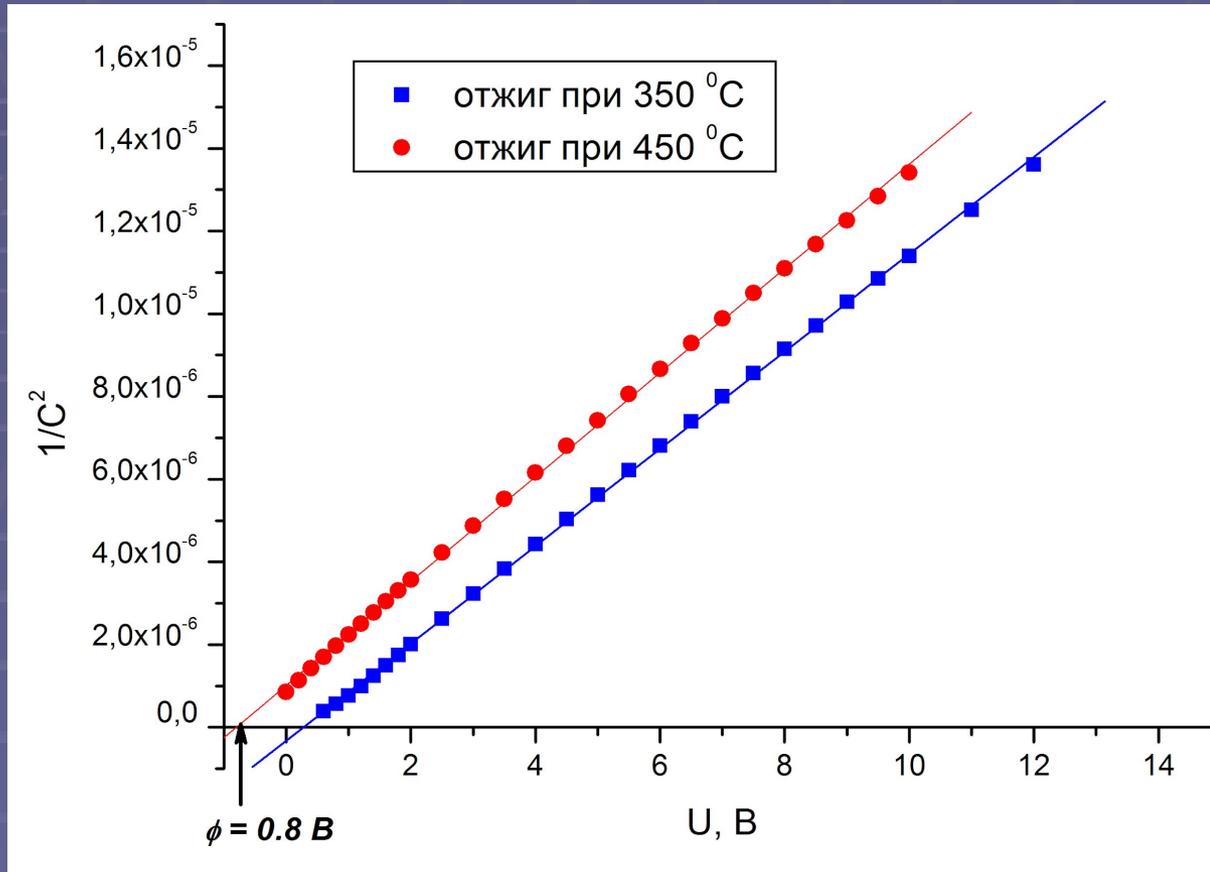
Спектры DLTS образца после отжига при $350 \text{ }^\circ\text{C}$ при разных временах съёмов.
Здесь мы наблюдаем положительный пик

Результаты (DLTS)



Спектры DLTS образца после отжига при 450°C при разных временах съёмов. Здесь мы наблюдаем отрицательный (аномальный) пик.

Результаты (C-V)



С помощью метода C-V-характеристик находим высоту потенциального барьера в диоде Шоттки.

Выводы

- Были идентифицированы дефекты в кремнии, возникающие при облучении протонами и γ -квантами.
- Было установлено влияние водорода на формирование данных дефектов: внедрённый водород не влияет на поведение E-центров, однако оказывает существенное влияние на A-центры и центры V-O-H.
- Была показана связь между формированием водородосодержащих доноров и радиационных дефектов при высоких температурах отжига.
- Была выявлена природа образования аномального пика, возникающего в результате отжига при $450\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Спасибо за внимание

