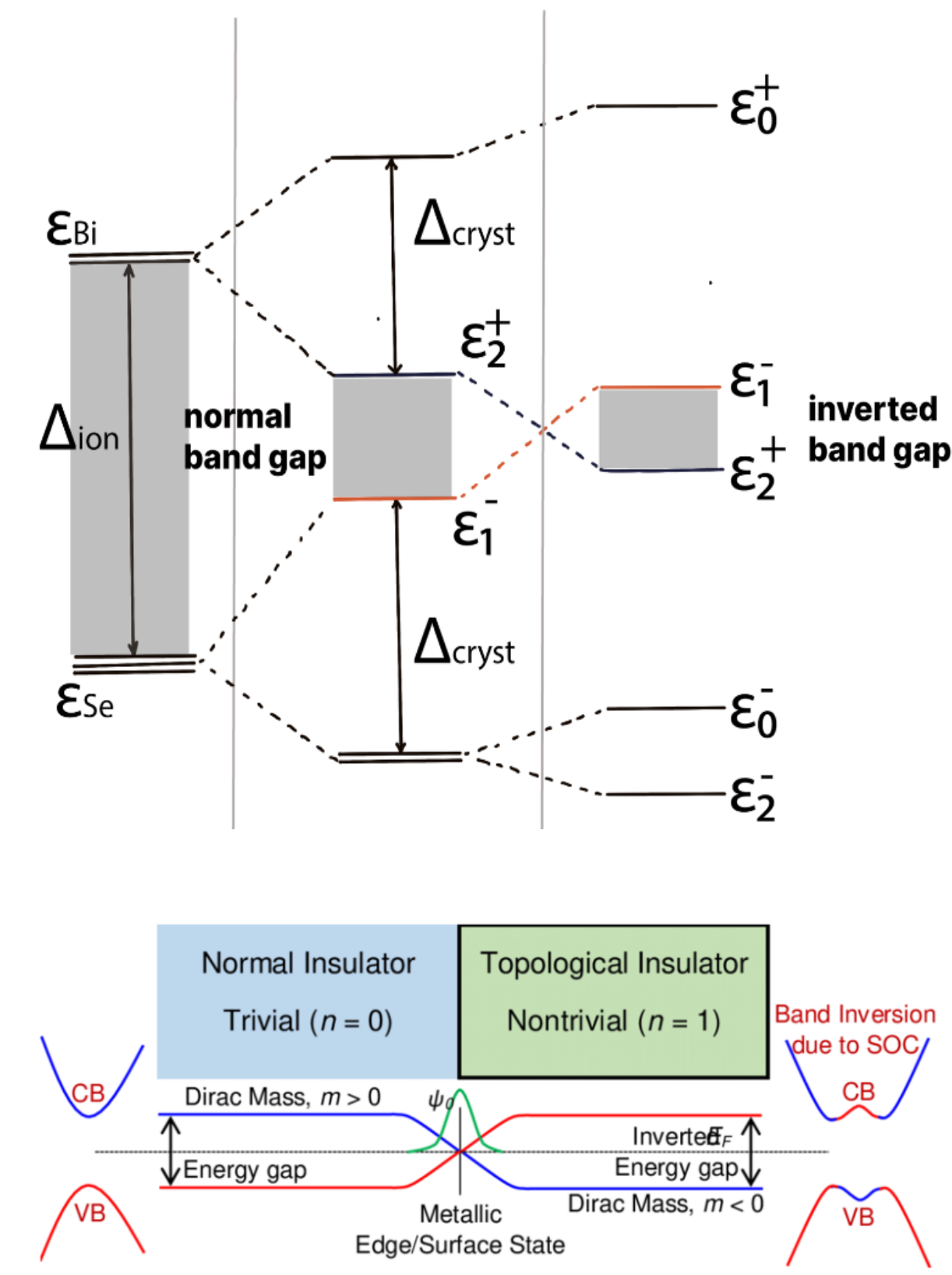


# Терагерцовые фотопроводящие антенны на основе метаматериалов

Ковалева П.М. МГУ им. Ломоносова, кафедра квантовой электроники

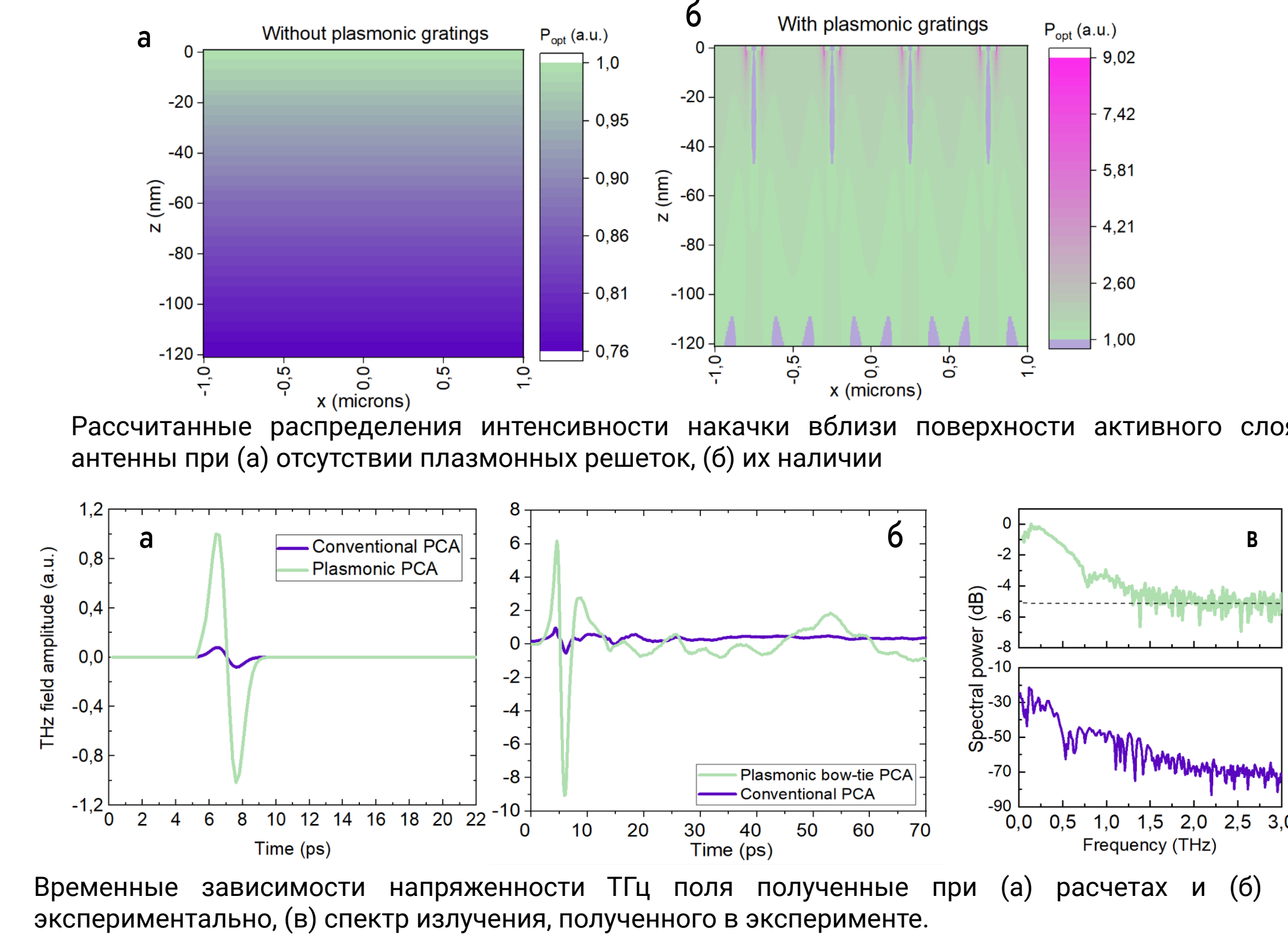
## Топологические изоляторы $Bi_{2-x}Sb_xSe_yTe_{3-y}$



Топологические изоляторы — это новый класс квантовых материалов, характеризующихся наличием топологически защищенных поверхностных состояний, дисперсионное соотношение для которых имеет форму дираковского конуса. Эффективная масса таких состояний равна нулю (в реальных ТИ близка к нулю), что существенно увеличивает подвижность носителей и, соответственно, мощность генерируемого ТГц излучения.

Для большего увеличения мощности ТГц поля в конструкции антенны использованы плазмонные решетки, параметры которых позволяют выполнить резонансные условия на длине волны накачки и, в следствие возбуждения поверхностных метаплазмонов, увеличить поглощение накачки вблизи границы раздела активного слоя антенны и плазмонной решетки.

## Результаты



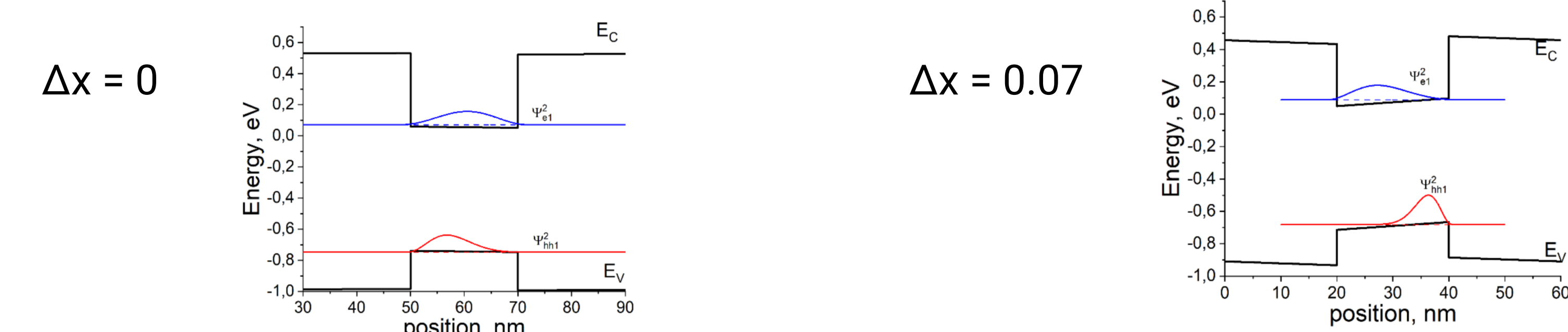
## Гетероструктуры на основе {InGaAs/InAlAs} с множественными квантовыми ямами

Рассчитанная зависимость встроенного электрического поля от мольной доли индия x в упруго-напряженном слое с ориентацией (111) на подложке InP: слой  $In_{0.53+\Delta x}Ga_{0.47-\Delta x}As$  (а), слой  $In_{0.52-\Delta x}Al_{0.48+\Delta x}As$  (б)

Структура образца на основе {InGaAs/InAlAs}

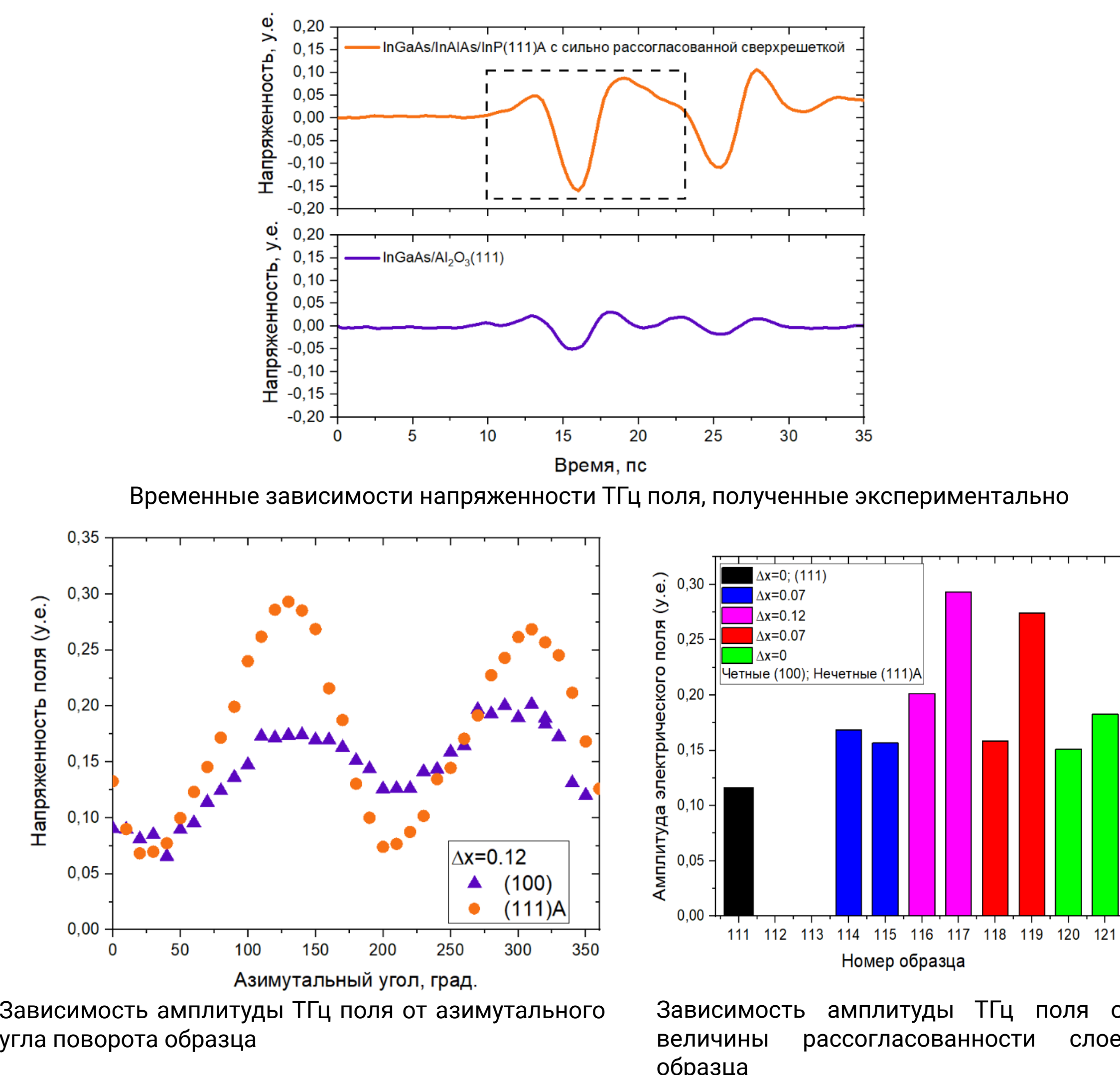
$In_{0.53+\Delta x}Ga_{0.47-\Delta x}As$	10 нм	Защитный слой
$In_{0.52-\Delta x}Al_{0.48+\Delta x}As$	20 нм	× 25
$In_{0.53+\Delta x}Ga_{0.47-\Delta x}As$	20 нм	
$In_{0.52-\Delta y}Al_{0.48+\Delta y}As$	300 нм	Буфер
InP	-	Подложка

В гетероструктурах на основе {InGaAs/InAlAs} с механическими напряжениями, создаваемыми за счет разной мольной концентрации индия в эпитаксиальных слоях, в следствие пьезоэффекта возникает вертикальная поляризация. Из-за разрыва поляризации на границе слоев формируются двумерные слои заряда, создающие встроенное электрическое поле, искривляющее прямоугольную зонную структуру гетероструктуру и увеличивающее выталкивание носителей заряда в слои с более высокой концентрацией ловушек, что уменьшает время жизни носителей и увеличивает мощность излучаемого ТГц поля.



Зонные диаграммы сверхрешеточных структур  $In_{0.53+\Delta x}Ga_{0.47-\Delta x}As/In_{0.52-\Delta x}Al_{0.48+\Delta x}As$  с ориентацией (111)

## Результаты



## Введение

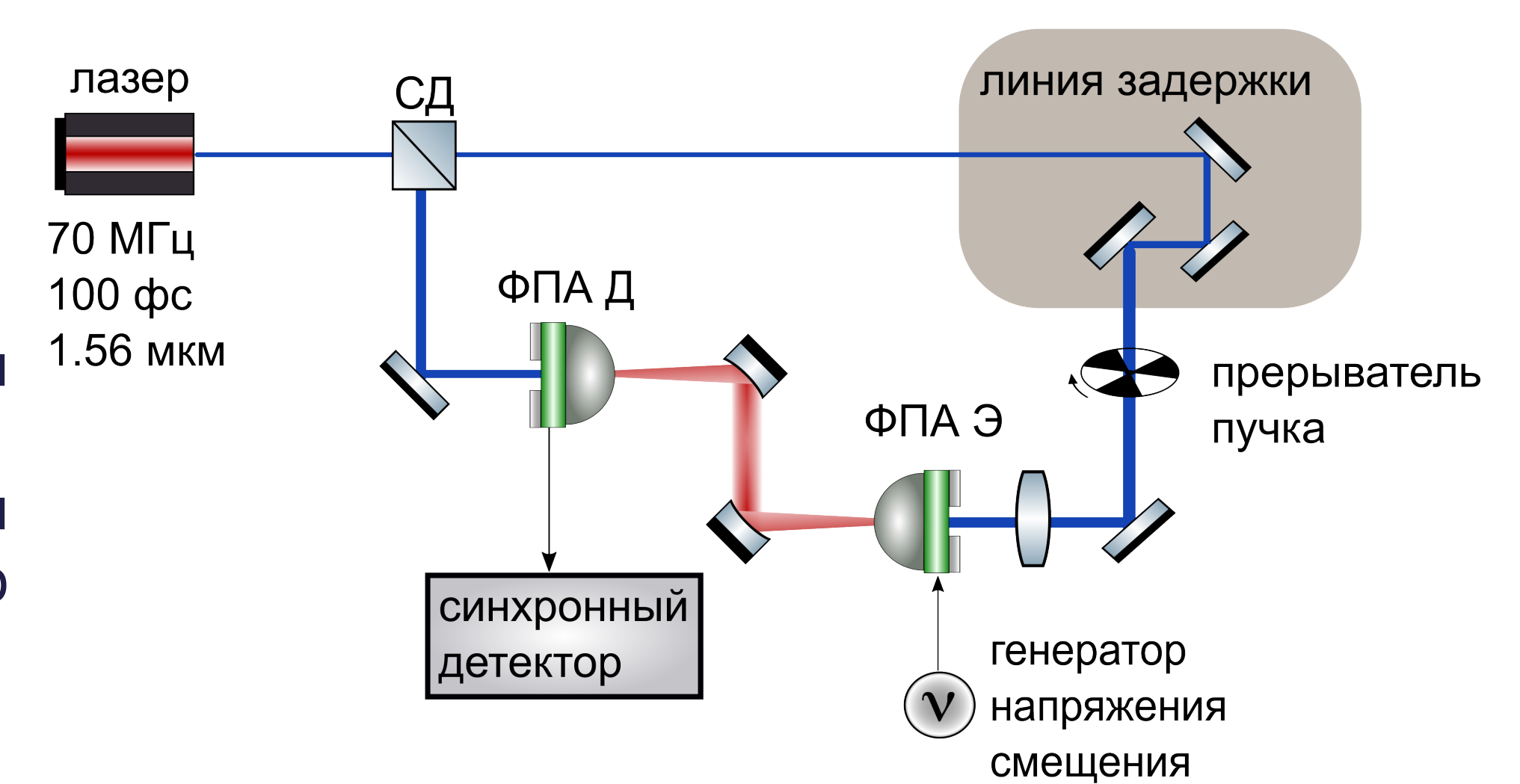
Терагерцовые фотопроводящие антенны (ФПА) — это компактный и эффективный источник терагерцового поля. Основной задачей исследователей, работающих с ФПА является поиск новых способов изменения и влияния на выходные характеристики генерируемого ТГц излучения, в числе которых подбор материалов для активного слоя с характерным временем релаксации носителей, лежащем в субпикосекундном диапазон, а также выбор необходимой формы электродов и добавление в их конструкцию плазмонных решеток, позволяющих увеличить коэффициент оптико-терагерцового преобразования.

## Принцип действия ТГц фотопроводящей антенны



## Экспериментальная установка

СД - светоделитель, ФПА Д - фотопроводящая антенна детектор, ФПА Э - фотопроводящая антенна эмиттер (генератор)



## Заключение

В работе сравнивалась генерация терагерцового излучения плазмонными фотопроводящими антеннами на основе топологических изоляторов (ТИ ФПА) и генерация ТГц поля в гетероструктурах на основе {InGaAs/InAlAs} с множественными квантовыми ямами. Продемонстрировано усиление в плазмонной фотопроводящей антенне на основе топологического изолятора BSTS по мощности в 50 раз по сравнению с традиционной. Показано усиление генерации ТГц излучения в гетероструктурах {InGaAs/InAlAs} по мощности в 7 раз за счет возникновения в них пьезоэффекта. Таким образом, можно говорить об эффективности использования новых метаматериалов, способствующих увеличению мощности ТГц поля, генерируемого фотопроводящими антеннами.