

Токтогонов С.А., Мурзакулова И.Ч., Осмоналиева А.А.

КРЕМНИЙ ПЛАСТИНАЛАРЫНА ЛАЗЕРДИК-ЭЛЕКТРРАЗРЯДТЫК АРАКЕТ ЭТҮҮ

Токтогонов С.А., Мурзакулова И.Ч., Осмоналиева А.А.

ЛАЗЕРНО-ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЕ ДЕЙСТВИЕ НА КРЕМНИЕВЫЕ ПЛАСТИНЫ

S.A. Toktogonov, I.Sh.Murzakulova, A.A. Osmonalieva

LASER-ELECTRIC DISCHARGE INFLUENCE ON SILICON WAFERS

УДК: 538.971, 537.52

Кремний пластинасынын кучтүү электр талаасынын жана узгүлтүксүз лазер нурунун электрдик каршылыгына чогуу таасири изилденди. Лазер нуру менен иштетип жатканда, иштетилген кремний пластинасындагы каршылыгын өлчөгөндө электр талаасынын чыңалуусунун жогорулоосу менен каршылыктын азайышын көрсөткөн.

Негизги сөздөр: лазердик нурдануу, кучтүү электр талаасы, кремний пластиналары, электр каршылыгы, термочыңалуу.

Было исследовано совместное влияние сильного электрического поля и непрерывного лазерного излучения на удельное электрическое сопротивление (УЭС) кремниевых пластин. Измерение УЭС обрабатываемых кремниевых пластин показало, что по мере увеличения напряжения ЭП, при совместной его обработке с лазерным излучением, наблюдается уменьшение УЭС.

Ключевые слова: лазерное излучение, сильное электрическое поле, кремниевые пластины, удельное электрическое сопротивление, термонапряжения.

The joint influence of a strong electric field and continuous laser radiation on the specific electric resistance of silicon wafers was investigated. The Resistivity measurement of the processed silicon wafers showed that as the voltage of the Electric Field with combined laser radiation processing increases, a decrease in the resistivity is observed.

Key words: laser radiation, a strong electric field, a silicon wafer, resistivity, thermonatrite.

Одной из актуальных задач электроники является улучшение параметров и получение требуемых свойств полупроводниковых материалов. Для достижения этого пользуются методами активного воздействия внешними источниками энергии, в частности, лазерным излучением. При этом снижается плотность дислокаций, что приводит к повышению прочности, понижению удельного электрического сопротивления и т.д. [1-3]. Так как в процессах взаимодействия лазерного излучения с полупроводниковыми материалами важную роль играют перераспределение зарядов, то представляет интерес исследование влияние внешнего электрического поля на процесс взаимодействия лазерного излучения на полупроводники [4 - 6].

В данной работе исследовалось совместное воздействие непрерывного лазерного излучения и сильного электрического поля на кремниевые пластины.

Схема экспериментального стенда по исследованию влияния сильного электрического поля на процессы взаимодействия ЛИ с кремниевыми образцами приведена на рис. 1. Сфокусированное линзой из КСИ излучение (2) непрерывного ЛИ СО₂-лазера (1) проходит через отверстия на верхней стороне камеры (4) и на верхней пластине (5), падает на образец, расположенный на нижней пластине (6).

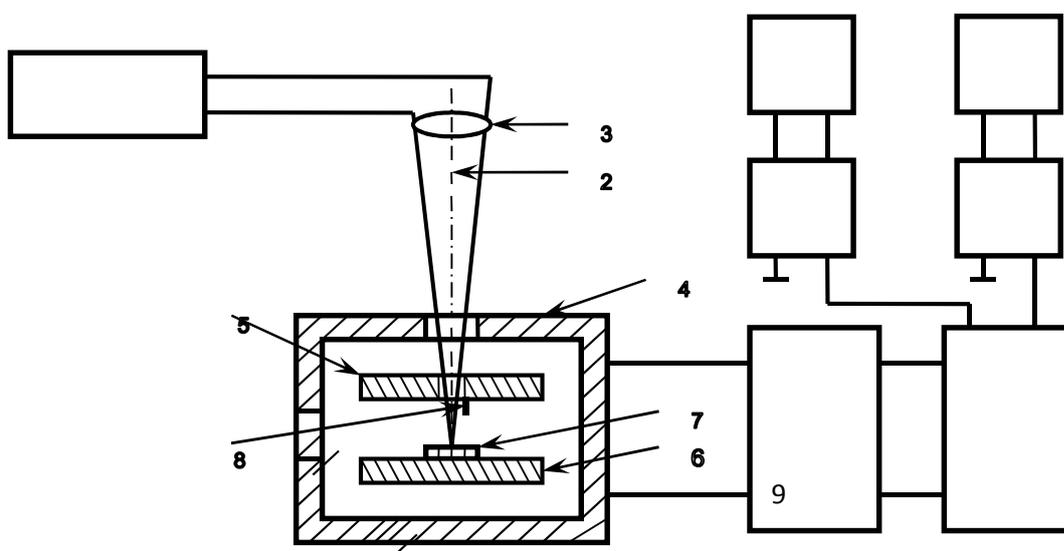


Рис. 1. Схема экспериментального стенда по совместному воздействию непрерывного ЛИ и сильного электрического поля на материалы.

Напряжение на пластины подаются с высоковольтного выпрямителя УВ-160-2,5 (9) управление которым осуществляется с пульта (10). Для регис-

трации тока I и напряжения U в цепи между пластинами сигнал со схем измерения тока и напряжения в пульт управления подается на самописцы типа Н307 (13,14) через сглаживающие фильтры (11,12).

Эксперименты проводились продольным наложением, относительно направление лазерного излучения, сильного электрического поля на облучаемый образец.

При лазерном и лазерно-электроразрядном воздействии на кремниевые пластины обнаружено, что при наличии сильного градиента температуры на их поверхности, за счет локального действия мощного непрерывного лазерного излучения, пластины раскалываются. Для уменьшения градиента температуры необходимо было увеличить диаметр потока ЛИ и уменьшить его мощность. Эффективная обработка возможна при условии, когда размеры потока лазерного излучения и размеры пластины приблизительно равны.

Определение времени облучения кремниевых пластин производилась экспериментально. При облучении кремниевых пластин лазерным излучением мощностью 30 Вт, пластины разрушались (трескались на мелкие кусочки) за очень короткий промежуток времени, вероятно, из-за термонапряжения. С целью увеличить время экспозиции, посредством разбюстировки, уменьшили мощность лазерного излучения до 20 Вт. Эксперименты показали что при мощности лазера равной 20 Вт пластины не разрушаются в течении 2-2,5 секунд. Увеличение времени экспозиции выше 2,5 секунд при мощности лазерного излучения 20 Вт, также, приводят к разрушению пластины.

Исходя из вышеуказанных доводов, время экспозиции облучения кремниевых пластин установили равным 2 секундам. Но при времени экспозиции 2 сек. Изменение УЭС не наблюдается. Поэтому чтобы увеличить время экспозиции уменьшили площадь пластины до диаметра пятна, это позволило увеличить время экспозиции до 1-2 мин.

Для измерения удельного сопротивления исследуемых образцов использовался четырехзондовый метод. Процесс измерения производился многократно. Измеренные удельные электрические сопротивления (УЭС) пластин, имели относительную погрешность $\sigma = 11,2 \%$. Так как удельное электрическое сопротивление неравномерно по всей поверхности

пластин зоны измерения были отмечены маркером. Затем образцы были облучены лазерным излучением со следующими параметрами: длина волны излучения 10,6 мкм. Мощность излучения 20 Вт, диаметр пятна 0,8 см, время экспозиции 10 сек. Чтобы луч лазера попадал в отмеченные зоны, был использован специальный «маркер указатель», который указывает место попадания луча, установленный на лазере. После облучения образцов снова измеряли удельное электрическое сопротивление пластины в отмеченных зонах.

При совместном лазерно-электроразрядном воздействии кремниевые образцы с измеренным УЭС помещались на нижнюю пластину и закреплялись проволокой. В противном случае из-за поляризации кремниевых пластин сильным электрическим полем, пластины поднимались и вставали под углом или перемещались из зоны воздействия.

При облучении, уже через несколько секунд наблюдалось покраснение поверхности пластины, что говорило о значительном повышении температуры пластины.

Облучение лазером тонких кремниевых пластин проводилась двумя способами:

1. Последовательно на поверхности пластины марки КЭФ в одну и ту же зону действовали импульсом с длительностью 10 секунд. Изменение УЭС сопротивления, для этого случая приведены на (рис.2). Откуда, видно с увеличением количества импульсов УЭС пластины уменьшается.

2. Далее облучение кремниевых пластин производилась путем увеличения экспозиции до 50 сек. (рис.3)

Как видно у этих зависимостей в обоих случаях происходит уменьшение УЭС кремниевых пластин. Уменьшение УЭС вероятно происходит из-за изменения количество дислокаций и других дефектов, так как при воздействии лазера от повышения температуры дислокации начинают перемещаться в сторону противоположную наибольшему напряжению.

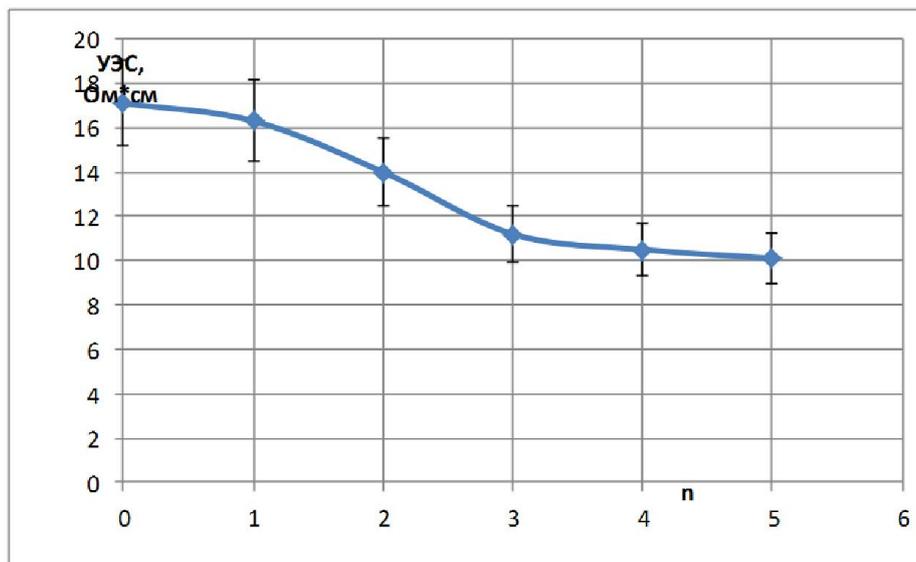


Рис. 2. Зависимость УЭС Si пластин от количества импульсов n ЛИ.

Для изучения влияния электрического поля на изменения УЭС была экспериментально получена зависимость ρ от напряжения и электрического поля. Напряжение подавалось между пластиной на которой располагалась кремниевая пластина, и вертикально расположенной над ней на расстоянии $l=1,5$ см,

иглой. В ходе проведения экспериментов по мере увеличения напряжения ЭП между иглой и поверхностью пластины образуются различные виды коронного разряда: сначала униполярная корона на кончике острия проволоки, затем, пробивные каналы (импульсы Тричеля), интенсивность которых с увеличением напряжения усиливаются [5, 6].

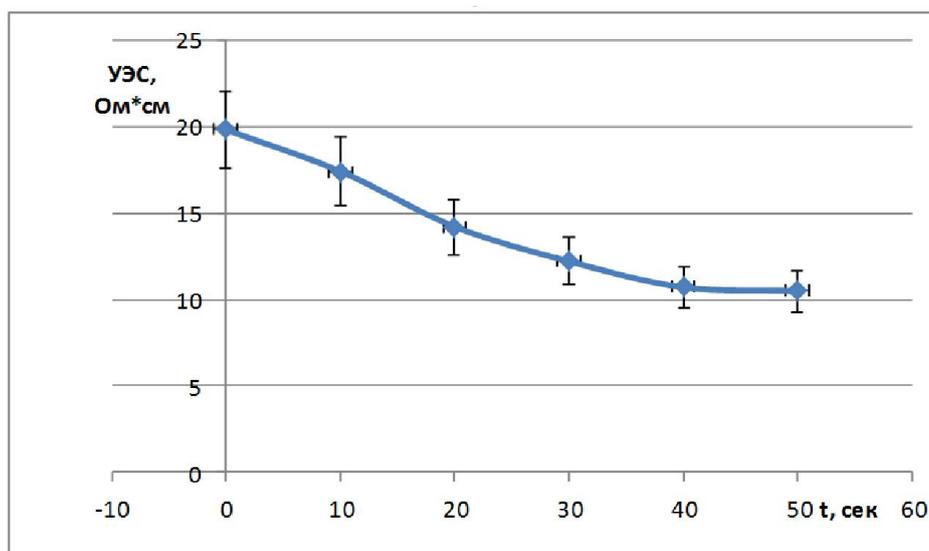


Рис. 3. Зависимость УЭС Si пластин от времени экспозиции ЛИ.

Дальнейшее усиление ЭП приводило к образованию тлеющего коронного разряда, вместо пробойных каналов, в виде диффузионного свечения между иглой и поверхностью пластины. Время экспозиции было выбрано 60 сек.

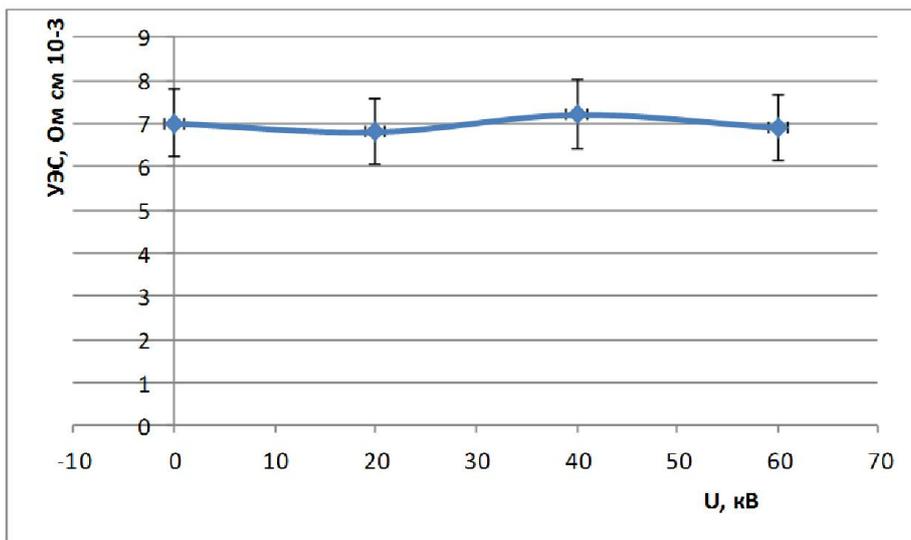


Рис. 4. График зависимости УЭС кремниевых пластин от напряжения ЭП.

Полученные результаты приведены на рис. 5, как видно отсюда собственно увеличение напряжения электрического поля не приводит к изменению УЭС кремниевых пластин, в пределах ошибки измерения она остается постоянной. Таким образом, можно констатировать что, электрическое поле и инициированный им коронный разряд не влияет на УЭС кремниевых пластин.

Далее было исследовано совместное влияние ЭП и непрерывного ЛИ на УЭС кремниевых пластин. При этом мощность ЛИ равнялась 20 Вт, расстояние

между иглой и поверхностью кремниевой пластины равнялось 1,5 см. Подаваемое напряжение варьировалось $u=0\div 30$ кВ, причем на пластину подавался положительный потенциал. Экспозиция равнялась 60 сек. В ходе проведения эксперимента было замечено, что с момента включения ЛИ, в зоне его воздействия образуется светящееся пятно. С конца проволоки образуется коронный разряд и при сильных полях образовывались пробойные каналы.

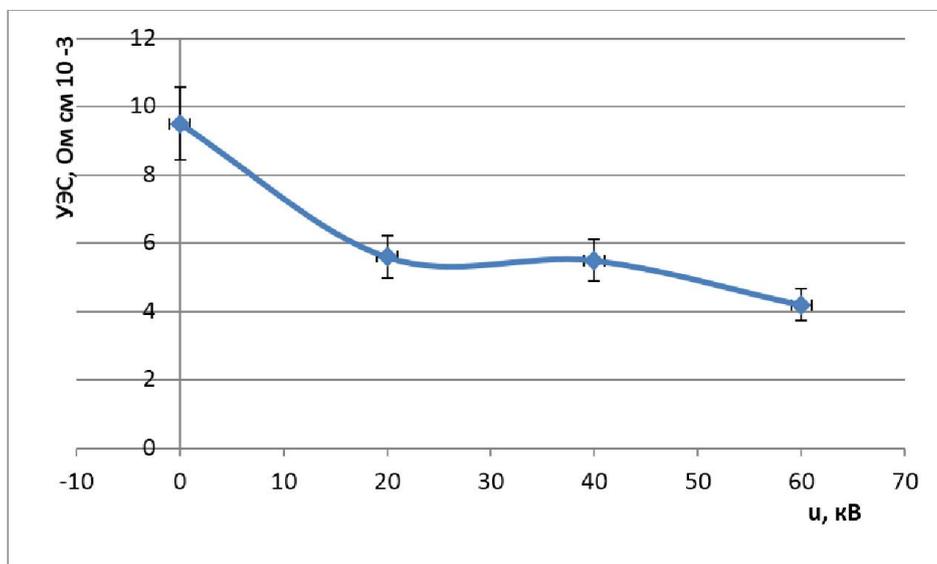


Рис. 5. График зависимости УЭС кремниевых пластин от напряжением ЭП при совместном воздействии ЛИ и сильного ЭП.

После обработки и остывания пластин видимых следов в зоне воздействия пластин не оставалось. Измерение УЭС пластин показало, что по мере увеличения напряжения ЭП при совместном его с лазерным излучением, наблюдается уменьшение УЭС (рис.6).

Объяснить такое положение можно увеличением температуры при лазерном облучении и

изменением подвижности частиц за счет увеличения величины ЭП, что приводило к перераспределению зарядов, и как следствие, к изменению УЭС пластины. Другой причиной может быть отжиг дефектов в зоне облучения при совместном воздействии непрерывного и сильного ЭП.

Список литературы:

1. Н.Б. Делоне. "Взаимодействие лазерного излучения с веществом." М: НАУКА 1989.
2. Р.В. Арутюнян, В.Ю.Баранов, Д.Д.Большов. "Воздействие лазерного излучения на материал" М: НАУКА 1989.
3. А.И. Курносов, В.В. Юдин. "Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем" М: Высшая школа, 1986.
4. Ветлугин А.И, Токтогонов С.А. Комбинированное воздействие непрерывного лазерного излучения и сильного электрического поля на металлы. Юбилейная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященной 70-летию высшей школы Кыргызстана – КНУ, Бишкек-2002.
5. Токтогонов С.А. , Осмонкулова Н.А., Утемисов К., Мамытова Д.К. Лазерно-электроразрядное действие на различные материалы. Вестник КНУ им. Ж. Баласагына. Сер.3. Физика и физическое образование: достижения и перспективы развития.- Вып. 3.: - Б.: 2007. 194-198 стр.
6. Токтогонов С.А., Кожоева С.Т., Токторбаев Э.М. Лазерное испарение графитовых образцов в сильном электрическом поле. Известия НАН КР, №2, 2011. Бишкек, с.130-132.

Рецензент: к.ф.-м.н. Бейшекеева Г.Дж.
