

05:06

О возможности понижения температур отжига радиационных дефектов в имплантированном ионами карбиде кремния

© *З.В. Джибути, Н.Д. Долидзе, Г.Ш. Нарсия, Г.Л. Эристави*

Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили

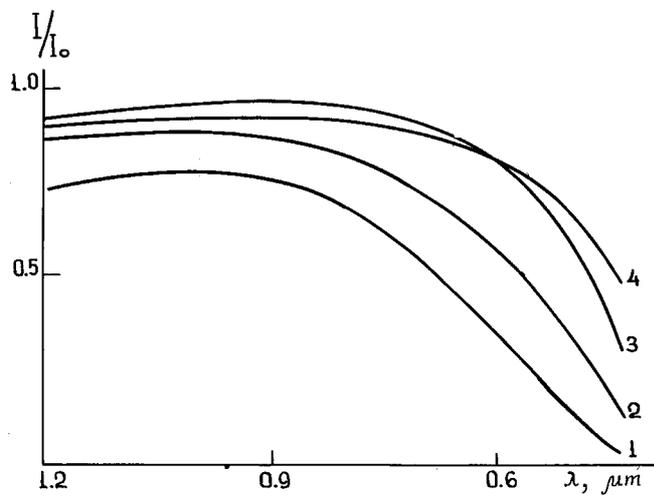
Поступило в Редакцию 8 апреля 1997 г.

Показана возможность уменьшения температур послеимплантационного отжига радиационных дефектов в карбиде кремния с помощью импульсной фотонной обработки.

При правильном выборе спектрального состава и энергии излучения импульсная фотонная обработка является эффективным для отжига радиационных дефектов за счет селективного поглощения квантов на соответствующих уровнях. Предполагается, что механизм отжига является ионизационным (только термическим механизмом невозможно объяснить отжиг в условиях проведения эксперимента).

В последнее время наблюдается заметный интерес к карбиду кремния как широко используемому материалу для изготовления высокотемпературных полупроводниковых приборов и приборов оптоэлектроники. При этом существует определенная сложность изготовления приборов на его основе, обусловленная необходимостью проведения диффузионных технологических процессов при высоких температурах [1]. Использование ионной имплантации как метода легирования в карбиде кремния не снимает необходимости высокотемпературной термообработки, в данном случае для отжига радиационных дефектов и активации внедренной примеси ($T > 1600$ К) [1].

В настоящей работе исследуется возможность снижения температур послеимплантационного нагрева образцов карбида кремния. Образцы 6H-SiC ($n = 2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) имплантировались ионами B^+ с энергией $E = 50 \text{ keV}$, дозой $\Phi = 6 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-2}$. Послеимплантационный отжиг радиационных дефектов проводился с помощью импульсной фотонной обработки (ИФО). Источником фотонов служили галогенные лампы



Спектральная зависимость относительного пропускания 6H-SiC имплантированного B^+ ($E = 50 \text{ keV}$, $\Phi = 6 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-2}$) и подвергнутого импульсной фотонной обработке: 1 — после ионной имплантации, 2 — импульсная фотонная обработка ксеноновой лампой ($E = 50 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$, $\tau = 10^{-2} \text{ s}$), 3 — импульсная фотонная обработка галогенными лампами ($P = 90 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$, $\tau = 10 \text{ s}$) и ксеноновой лампой ($E = 50 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$, $\tau = 10 \text{ s}$), 4 — импульсная фотонная обработка галогенными лампами ($P = 300 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$, $\tau = 10 \text{ s}$).

с вольфрамовой нитью накала или импульсные ксеноновые лампы с длительностью импульса $\tau = 10^{-2} \text{ s}$. При отжиге галогенными лампами длительности импульсов позволяли замерять максимальную температуру образцов с помощью термопары хромель-алюмель (толщина 0.1 mm) [2].

Исследования проводились методом измерения спектров оптического пропускания, исходя из того, что в облученных кристаллах изменение оптического пропускания обусловлено в основном поглощением на радиационных дефектах, вводимых ионной имплантацией [3]. Действительно, как видно из эксперимента, после ионной имплантации в образцах SiC значительно уменьшается оптическое пропускание в исследуемой области спектра (см. рисунок, кривая 1). Облучение одним импульсом ксенонового излучения ($50 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$) приводит к увеличению

пропускания во всем спектральном диапазоне (кривая 2), однако дальнейшее увеличение количества импульсов до 20 заметных изменений не вносит. Другая картина наблюдается при воздействии одним или несколькими импульсами галогенных ламп мощностью $90 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$ и длительностью 10 s, которая не приводит к заметному изменению спектра пропускания, однако достаточно последующего воздействия одним импульсом ксенонового излучения, чтобы оптическое пропускание увеличилось значительно больше, особенно в коротковолновой области спектра, чем в первом случае (кривая 3). К таким же результатам может привести воздействие одного импульса галогенных ламп с большей мощностью ($P = 300 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$, $\tau = 10$), при этом температура образца не превышает 1100 К. Последующие импульсы ксенонового излучения уже ничего не меняют (кривая 4).

Полученные результаты невозможно объяснить только термическим механизмом, который считают основным большинство исследователей при рассмотрении аналогичных экспериментов на других полупроводниковых материалах [4]. Однако их нетрудно объяснить механизмом, основанным на учете изменения, при наличии фотонного облучения, квантового состояния электронной подсистемы кристалла [5–8]. Как видно из эксперимента, наряду с мощностью немаловажную роль играет спектральный состав излучения, что также говорит в пользу ионизационного механизма, когда использование источников с широким спектром энергии квантов (в отличие от лазеров) может обеспечить возможность селективного воздействия на дефекты с различной энергией активации, вызывая их перестройку или отжиг при более низких температурах [9,10].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать заключение, что при оптимизации спектрального состава и мощности излучения применение ИФО для послеимплантационного нагрева SiC может привести к значительному уменьшению температур обработки.

Список литературы

- [1] Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. // Справочник по электротехническим материалам / Под ред. Ю.В. Корицкого, В.В. Пасынкова, Б.М. Тареева. Л.: Энергоатомиздат, 1988. Т. 3. С. 446–472.
- [2] Гусаков В.В., Коварский А.П., Попов В.В., Саморуков Б.Е. // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Технология производства и оборудование. 1986. В. 1. С. 45–53.

- [3] Болотов В.В., Придачин Н.Б., Смирнов Л.С. // ФТП. 1976. Т. 10. В. 3. С. 566–567.
- [4] Двуреченский А.В., Качурин Г.А., Нудаев Е.В., Смирнов Л.С. Импульсный отжиг полупроводниковых материалов. М.: Наука, 1982. 208 с.
- [5] Капаев В.В., Капаев Ю.В., Молотков С.Н. // Микроэлектроника. 1983. Т. 12. В. 6. С. 499–511.
- [6] Гвердцители И.Г., Герасимов А.Б., Джибути З.В., Пхакадзе М.Г. // Поверхность. 1985. В. 11. С. 132–133.
- [7] Итальянцев А.Г., Мордкович В.Н., Темпер Э.М. // ФТП. 1984. Т. 18. В. 5. С. 928–930.
- [8] Герасимов А.Б., Джибути З.В., Куправа М.А., Пхакадзе М.Г. // Сообщения АН Грузии. 1992. Т. 145. № 1. С. 67–70.
- [9] Джибути З.В., Дolidze Н.Д. // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 5. С. 41–44.
- [10] Gerasimov A.B., Dolidze N.D., Donina R.M., Konovalenko V.M., Ofengeim G.L., Tsertsvadze A.A. // Phys. Stat. Sol. (a). 1982. V. 70. P. 23–28.