Электрофизические параметры и дефекты структуры Ge, полученного низкоградиентным методом Чохральского

Фрицлер К.Б.¹, Труханов Е.М.¹, Касимкин П.В.^{2,3}, Шлегель В.Н.⁴, Васильев Я.В.⁴

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² НГТУ, 630073, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

³ ООО «СИЭМЭЛ», 630058, ул. Русская, 43

⁴ ИНХ СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 3

DOI 10.34077/Semicond2019-339

В настоящее время монокристаллический германий широко используется в различных областях микро- наноэлектроники и фотоники. Одним из перспективных методов получения высококачественных бездислокационных монокристаллов Ge является низкоградиентный метод Чохральского (Low Thermal Gradient Czochralski technique– LTG Cz). Данный метод успешно использовался для получения оксидных кристаллов с рекордными характеристиками [1], возможность его применения для роста Ge показана в работах [2,3]. Реализованные в LTG Cz технологические решения позволяют существенно снизить градиент температур в расплаве и растущем монокристалле (до ~1К/см) и уменьшить уровень термических напряжений.

В настоящей работе представлены результаты исследования структурного состояния и распределения электрофизических параметров в кристаллах Ge, полученных методом LTG Cz в условиях низких градиентов температур. Измерения удельного электрического сопротивления ρ проводились четырехзондовым методом. Распределение времени жизни неравновесных носителей заряда в кристаллах τ исследовалось с помощью бесконтактного СВЧ метода. Дефектная структура образцов изучалась с использованием селективного травления.

Тепловой узел в методе LTG Cz не имеет окон для наблюдения, поскольку они искажали бы тепловое поле. Информацию для работы системы регулирования можно получать только из показаний весового датчика. Как известно для германия, в особенности в случае низких скоростей кристаллизации, имеет место так называемая «аномальная» зависимость весового сигнала от времени, приводящая к появлению положительной обратной связи в ходе процесса роста [4,5].

Авторами [6] разработана методика оценки диаметра кристалла на основе модуляции весового сигнала при помощи периодических возвратно-поступательных движений штока держателя затравки. Это позволило повысить устойчивость системы управления, применяя типовые алгоритмы регулирования. Показано, что используемый метод весового контроля позволяет успешно управлять процессом роста германия из-под флюса B_2O_3 , что перспективно для получения бездислокационных кристаллов германия [7]. Исследованы электрофизические характеристики и дефектная структура монокристаллов Ge, выращенных методом LTG Cz из-под флюса. Изучено влияние периодических возмущений процесса роста на однородность распределения электрофизических параметров в монокристаллах. Представлены результаты исследования распределения ρ и τ в легированных сурьмой кристаллах Ge при различных режимах модуляции весового сигнала. Продемонстрировано, что используемая техника весового контроля позволяет обеспечить высокую однородность распределения электрофизических параметров.

[1] Я.В. Васильев и др. *Сцинтилляционные материалы. Инженерия, устройства, применение*. Харьков: ИСМА, (2011).

[2] V.A. Moskovskih et al., *J. Cryst. Growth*, **401**, 767-771 (2014).

[3] В. А Московских и др., *Кристаллография*, **59(2)**, 332-332(2014).

[4] W. Bardsley et al., *J. Cryst. Growth*, **16**, 277-279 (1972).

[5] W. Bardsley et al., *J. Cryst. Growth* **24/25**, 369-373 (1974).

[6] P.V. Kasimkin et al., *J. Cryst. Growth*, **390**, 67-70 (2014).

[7] T. Taishi et al., *J. Cryst. Growth*, **360**, 47-51(2012).