Роль гранных форм для получения бездислокационных кристаллов германия низкоградиентным методом Чохральского

Касимкин П.В.^{1,2}, Шлегель В.Н.³, Васильев Я.В.³, Курусь А.Ф.^{3,4}

¹ НГТУ, 630073, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

² ООО «СИЭМЭЛ», 630058, Новосибирск, ул. Русская, 43

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

⁴ ИГМ СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, 3

DOI 10.34077/Semicond2019-326

Германий – широко используемый материал для оптических и электронных приложений. Зачастую совершенство структуры кристалла является определяющим качеством конечного изделия. Так, для создания солнечных элементов с высоким КПД требуются бездислокационные подложки германия.

В работе [1] на примере галлий-гадолиниевого граната показана возможность блокировать прорастание дислокаций за счет ограничения кристалла и, таким образом, получения бездислокационной структуры. Подобный подход можно применить при использовании низкоградиентного метода Чохральского (Low Thermal Gradient Czochraski technique - LTG Cz).[2]. Данный метод успешно используется для выращивания оксидных кристаллов с рекордными характеристиками. В условиях низких градиентов температуры преобладающим становится слоевой механизм роста, причем фронт кристаллизации оказывается полностью ограниченным. Первые результаты по выращиванию этим методом монокристаллов германия были приведены в работе [3,4]. Тепловой узел в 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 при выращивании полупроводниковых материалов с весовым контролем величины поперечного сечения кристалла так называемая «аномальная» зависимость весового сигнала от времени приводит к неустойчивости системы, особенно при низких скоростях кристаллизации [5]. Для решения этой проблемы в работе [6] был предложен и успешно применен способ оценки величины поперечного сечения кристалла с использованием модуляции весового сигнала периодическими возвратно-поступательными перемещениями штока затравкодержателя.

Показано, что возмущения процесса роста в системе управления с периодической модуляцией весового сигнала не приводят к возникновению структурных дефектов в кристалле.

В настоящей работе представлены результаты серии процессов роста кристаллов германия по направлению $\langle 111 \rangle$ и $\langle 100 \rangle$, проведенных в условиях экстремально низких градиентов температуры и ограниченных начальной стадией. Прослежена эволюция дислокационной картины у кристаллов с полным и частичным ограничением фронта для направления $\langle 111 \rangle$. Показана возможность получить таким способом на начальной стадии роста бесдислокационные кристаллы германия или кристаллы, содержащие единичные дислокации. В отличие от этого у кристаллов, растущих по направлению $\langle 100 \rangle$ по нормальному механизму с округлым фронтом в тех же тепловых условиях плотность дислокаций не удается уменьшить ниже уровня $\sim 10^2\text{-}10^3\text{ см}^{-2}$.

[1] B. Cockayne et al., *J. Materials Science*, **8**, 601 (1973).

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

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

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

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

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