

07;11

Исследование фотоэмиссии нитрида галлия

© М.Р. Айнбунд, Е.Г. Вилькин, А.В. Пашук,
А.С. Петров, И.Н. Суриков

ОАО Центральный научно-исследовательский институт „Электрон“,
С.-Петербург
E-mail: eldy@mail.wplus.net

Поступило в Редакцию 8 декабря 2003 г.

Полупроводники GaN и GaAlN являются материалами для фотоэмиттеров с отрицательным электронным сродством, чувствительных в областях спектра $0.2 \div 0.35$ и $0.2 \div 0.3 \mu\text{m}$ соответственно [1,2].

В настоящей работе исследовалась возможность получения фоточувствительности фотокатода на основе структуры GaN, выращенной в ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН методом газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений на подложке сапфира (0001). Слой *p*-GaN был легирован Mg и имел концентрацию дырок $1-5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Толщина активного слоя GaN была около $0.5 \mu\text{m}$.

Исследование фотоэмиссии GaN производилось в вакуумной камере, имеющей предельное давление $2 \cdot 10^{-9} \text{ mm Hg}$. Образец закреплялся на танталовую подложку при помощи двух пружинных держателей, которые создавали электрический контакт к поверхности GaN. Сопротивление каждого контакта было порядка $1 \text{ k}\Omega$. Образец подвергался очистке в вакууме прогревом с тыльной стороны до температуры $700-900^\circ\text{C}$, после чего производилась активировка цезием. Измерение фотоэмиссии осуществлялось при фронтальном освещении образца. Образец освещался при помощи оптической системы, созданной на основе дейтериево-аргоновой лампы ДНМ-100. Оптическая система позволяла производить освещение фотокатода в вакуумной камере излучением с длинами волн от 200 nm . Для этого камера была оснащена сапфировым окном. Абсолютные измерения чувствительности фотокатода производились на длине волны $275 \pm 15 \text{ nm}$ посредством интерференционного УФ-фильтра, изготовленного в ЦНИИ „Электрон“ [3]. Калибровочные измерения мощности излучения на выходе оптической

системы и фильтра сделаны при помощи фотодиода КДФ105А и двух фотоэлементов с Cs_2Te фотокатодами с известными спектральными характеристиками.

В результате исследований установлено, что рост фототока происходил только при активировке цезием. Использование кислорода приводило к уменьшению чувствительности фотокатода. Прогрев и активировка образца проводились многократно, при этом чувствительность фотокатода увеличивалась от прогрева к прогреву семь раз подряд. Максимально достигнутая спектральная чувствительность $S(\lambda)$ на $\lambda = 275 \text{ nm}$ составила $S(275) = 25 \text{ mA/W}$, что соответствует квантовому выходу $Y(275) = 11\%$. Достигнутые значения чувствительности, безусловно, не являются предельно возможными для фотокатодов на основе GaN. По нашему мнению, снижение предельного давления в вакуумной камере до $10^{-10} - 10^{-11} \text{ mm Hg}$ позволит увеличить квантовый выход до 50% и более.

Как было упомянуто ранее, край полосы поглощения полупроводника GaN находится приблизительно на $\lambda = 350 \text{ nm}$ и, следовательно, фотокатод GaN имеет существенный спад чувствительности при больших длинах волн. Для исследования его чувствительности в областях $\lambda > E_g$, где E_g — ширина запрещенной зоны полупроводника, был использован светодиод с $\lambda = 591 \pm 15 \text{ nm}$. Измерения показали, что спектральная чувствительность GaN фотокатода $S(591) = 1 \cdot 10^{-5} \text{ mA/W}$.

Для сравнения чувствительности двух фотоэлементов с Cs_2Te фотокатодами на этой длине волны составили $S(591) = 3 \cdot 10^{-6} \text{ mA/W}$ и $S(591) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mA/W}$. Возможно, наличие у GaN фотокатода чувствительности на $\lambda = 591 \text{ nm}$ вызвано примесной фотоэмиссией. Получение слоев GaN с меньшей концентрацией остаточных примесей, по видимому, позволит увеличить отношение чувствительности на длинах волн 270 и 591 nm.

Авторы благодарны сотрудникам ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН В.В. Лундину и А.Ф. Цацульникову за предоставленные образцы эпитаксиальных структур.

Список литературы

- [1] *Ma J., Garni B., Perkins N. et al. // Appl. Phys. Lett. 1996. V. 69. P. 3351–3353.*
- [2] *Wu C.I., Kahn A. // Appl. Surf. Sci. 2000. V. 250. P. 162–163.*
- [3] *Дворкина З.М., Лапушкина Л.В., Суриков И.Н. и др. // Тез. докл. двенадцатой научно-технической конференции „Пути развития телевизионных фотоэлектронных приборов и устройств на их основе“. С.-Петербург, 27–29 мая 2001 г. С. 195–196.*