Концептуальная конгруэнтность фотоприемников на основе многослойных структур с квантовыми ямами и сверхрешеток

Козлов А.И.

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

DOI 10.34077/Semicond2019-445

Аналитические значения эквивалентной шуму разности температур (*NETD*) инфракрасного фотоприемника (ИК ФП) оценивается как отношение напряжения шума системы, включающей ИК фоточувствительный элемент (ФЧЭ) и канал считывания мультиплексора, к температурной чувствительности ИК ФЧЭ при данной квантовой эффективности η :

$$NETD = \frac{U_n}{\frac{\partial U_{sig}}{\partial Q} \frac{\partial Q}{\partial T}} \approx \frac{U_n \Delta T}{\Delta U_{sig}}, \text{ где } U_n - \text{напряжение шума}$$

анализируемой системы; $\partial U_{sig}/\partial Q$ - вольтовая чувствительность ФЧЭ; Q - входной поток фотонов; $\partial Q/\partial T$ - температурный градиент; ΔT - разность температур на входе оптической системы; and ΔU_{sig} - разность сигнального напряжения для данной разности ΔT [1-4].

Полученные значения *NETD* для многослойных структур с квантовыми ямами (МСКЯ) на *GaAs/AlGaAs* (1-4) и сверхрешеток (СР) на *InAs/GaInSb* (5,6) иллюстрируют Рис.1-Рис.4 [3, 4, 5]. ИК ФП на основе МСКЯ с длиной волны максимума спектральной чувствительности $\lambda_{max} \approx 9 \mu\text{m}$ начинает обеспечивать близкое к режиму ограничения фоном, практически предельное разрешение по температуре, лучшее, чем ИК ФП на СР при параметре R_0A более 500 Ом см^2 и $\eta \geq 0.1$ (Рис. 1) [3, 4, 5]. С уменьшением R_0A параметра МСКЯ и СР фотодетекторов *NETD* ИК ФП ухудшается. По мере уменьшения линейного размера ФЧЭ ($l_{ФЧЭ}$) *NETD* ФП на основе МСКЯ монотонно увеличивается; но при $\eta \geq 0.1$ СР ФП проигрывают МСКЯ ФП в отношении *NETD* (Рис. 2) [3, 4]. При $\eta \approx 0.05$ не требуется зарядовой емкости интегратора мультиплексора Q_{ROIC} более 8 пКл, а при η порядка 0.1 требуется Q_{ROIC} не более 14 пКл (Рис. 3) [4]. $Q_{ROIC} = C_{int} E_P$, где C_{int} - емкость накопления; E_P - рабочее напряжение технологии мультиплексоров. МСКЯ ФП обеспечивает лучшие значения *NETD* в сравнении с СР ФП практически во всем диапазоне Q_{ROIC} при $\eta \geq 0.1$ (см. Рис. 3) [4]. В диапазоне $\lambda_{max} \approx 8.5-9.5 \mu\text{m}$ МСКЯ ФП предоставляет хорошее (6-7) mK температурное разрешение, практически независимо от η , *NETD* определяется шумом фонового излучения [4]. *NETD* МСКЯ ФП при $\eta = 0.05 \div 0.2$ в диапазоне $\lambda_{max} < 10 \div 11 \mu\text{m}$ меньше, чем *NETD* СР ФП. При дальнейшем увеличении λ_{max} наблюдается рост *NETD* с существенным преимуществом для больших значений η фотодетекторов (Рис. 4) [3, 4].

Рис.1. *NETD* ИК ФП от R_0A .

Рис.2. *NETD* ИК ФП от $l_{ФЧЭ}$.

Рис.3. *NETD* ИК ФП от Q_{ROIC}

[1] А.И.Козлов, *Оптический журнал*, **77**, 7, 421-428 (2010).

[2] А.И.Козлов, В.В.Васильев, И.В.Марчишин, et al., *Оптический журнал*, **81**, 7, 39-45 (2014).

[3] А.И.Козлов, М.А.Демьяненко, В.Н.Овсяк, *Оптический журнал*, **83**, 9, 64-71 (2016).

[4] А.И.Козлов, М.А.Демьяненко, В.Н.Овсяк, *Оптический журнал*, **84**, 9, 59-65 (2017).

[5] A. Rogalski, *Progress in Quantum Electronics*, **36**, 342-473 (2012).