

## Самокомпрессия электронно-дырочной плазмы в кремнии

В спектрах электролюминесценции туннельных кремниевых диодов металл-окисел-полупроводник в условиях туннельной инжекции неравновесных носителей наблюдается линия рекомбинационного излучения электронно-дырочной плазмы при температуре диодов  $T \approx (300 \div 350) \text{ K}$  [1,2]. Спектральное положение линии излучения показывает, что при слабом нагреве диодов реализуется аномально сильное уменьшение ширины запрещенной зоны полупроводника внутри плазмы. Неожиданно высокий квантовый выход люминесценции ( $10^{-3} \div 10^{-2}$ ) и необычные спектральные особенности линии излучения можно интерпретировать как результат конденсации инжектированной электронно-дырочной плазмы в плотное состояние. В кремнии, легированном бором, в сильном электрическом поле обнаружена конденсация электронно-дырочной плазмы в плотный плазменный шнур или плотные плазменные шнуры, которая сопровождается появлением отрицательного дифференциального сопротивления диодов [1,2]. При изменении тока диодов обнаружен пороговый оптический гистерезис в зависимости интенсивности излучения от тока диодов. Для некоторых диодов в кремнии, легированном бором, наблюдается бистабильная вольт-амперная характеристика и бистабильная зависимость интенсивности излучения от тока диодов. Этот результат можно объяснить бистабильностью состояния плотной плазмы и условий ее зарождения. В кремнии, легированном фосфором, обнаружена конденсация электронно-дырочной плазмы в плотные поверхностные плазменные капли. Отрицательное дифференциальное сопротивление диодов в этом случае не возникает.

Конденсация электронно-дырочной плазмы в кремнии объясняется тепловым уменьшением ширины запрещенной зоны полупроводника при локальном перегреве решетки внутри плотной плазмы. Локальный перегрев решетки, создаваемый плазмой, обусловлен генерацией фононов при рекомбинации электронов и дырок и джоулевым теплом. Отрицательная теплоемкость электронно-дырочной плазмы, возникающая в кремнии при температуре  $T \approx 320 \text{ K}$ , концентрация входной мощности диода в электронно-дырочной плазме и слабая диффузия фононов в кремнии при высоких температурах представляют собой основные причины и условия конденсации плазмы [2]. Поскольку скорость генерации фононов и температура решетки в плазме возрастают при увеличении плотности плазмы, средняя энергия электронно-дырочных пар при отрицательной теплоемкости плазмы уменьшается с ростом плотности пар вплоть до плотности, при которой начинается вырождение плазмы. Высокотемпературная конденсация электронно-дырочной плазмы в кремнии интерпретируется как явление самокомпрессии. Обнаружение самокомпрессии электронно-дырочной плазмы в кремнии открывает реальные возможности для создания кремниевой оптоэлектроники.

Тезисы докладов VI Российской конференции по физике полупроводников, Санкт-Петербург, 2003, с. 52-53.

- 
- [1] P. D. Altukhov, E. G. Kuzminov, *Solid State Communications* **111**, 379 (1999).  
[2] P. D. Altukhov, E. G. Kuzminov, *Physica Status Solidi (b)*, **232**, 364 (2002)