

СВЧ МДП транзистор с графеновым каналом

Тарендь М.В..

Белорусский национальный технический университет

В электронике долгие годы доминирует кремниевая технология, что обусловлено физическими свойствами кремния, его распространённостью и технологичностью. При этом прогресс обеспечивается в первую очередь уменьшением проектных норм элементов. В современных транзисторах массового производства длина канала может составлять 22 нм. Приближается предел масштабирования, что заставляет искать новые материалы с лучшими электронными свойствами.

В высокочастотной электронике помимо кремния используются арсенид галлия и фосфид индия - материалы, отличающиеся высокой подвижностью, но при этом требующие более сложной технологии. Частота отсечки транзистора на основе GaAs может достигать 660 ГГц при длине канала 20 нм. В 2004 г. был впервые получен графен - монокристаллический слой углерода, который сразу стал рассматриваться как перспективный материал для полевых транзисторов - базовых элементов современной микроэлектроники. В графене наблюдается очень высокая подвижность носителей заряда ($10\,000\text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$), что делает материал перспективным для высокочастотных применений. В 2012 г. частота отсечки графеновых транзисторов достигла 427 ГГц. Ожидается, что дальнейшее совершенствование технологии и уменьшение длины канала даст возможность преодолеть рубеж в 1 ТГц.

Высокая подвижность в графене позволяет надеяться на завоевание ниши в аналоговой электронике, где невозможность блокирования тока не является принципиальным ограничивающим фактором. При этом положительную роль может сыграть еще одна особенность графеновых транзисторов - амбиполярный характер проводимости в канале (способность изменять тип проводимости в зависимости от смещения на затворе). Амбиполярность вместе с неразрывной и квадратичной в окрестности точки электронейтральности передаточной характеристикой расширяет возможности схемотехнического проектирования: изготовлены схемы умножения частоты, двухпозиционной фазовой манипуляции, смещения сигналов на основе одного графенового транзистора.

Высокочастотные графеновые транзисторы могут расширить возможности, к примеру, скоростных интерфейсов передачи данных, радаров, найти применение в медицинской визуализации, спектроскопии и множестве других областей.