

Пресс-релиз

21 февраля 2024 г.

Расширение возможностей ферроэлектрических материалов ведет к новой волне развития полупроводниковых технологий (Ультратонкие двумерные материалы позволяют создавать технологии хранения и интеграции данных с низким энергопотреблением на основе ферроэлектрических транзисторов)

Предвидя огромный потенциал двумерных материалов в области полупроводников, Гос. Комитет по науке и технологиям Тайваня (NSTC) активно продвигает проекты «Перспективные полупроводники поколения А» и "Разработка и производство передовых кристаллических материалов". В рамках этих проектов совместная исследовательская группа физического факультета Тайваньского государственного педагогического университета (National Taiwan Normal University) под руководством проф. Янь-Вэн Лан (Prof. Yann-Wen Lan) и проф. Тин-Хуа Лу (Prof. Ting-Hua Lu) разработала инновационный ферроэлектрический транзистор на основе двумерного материала бисульфида молибдена (ST-3R MoS₂ FeS-FETs). Этот огромный прорыв в области ферроэлектрических материалов решает проблемы уменьшения размеров и снижения энергопотребления традиционных ферроэлектрических транзисторов. Созданное ферроэлектрическое полупроводниковое устройство имеет толщину всего в два атомных слоя (1,3 нм) и работает в низком диапазоне напряжений. Он может найти применение в энергонезависимой памяти и электронных компонентах с низким энергопотреблением для вычислений в оперативной памяти, а также стать основной технологией в современных полупроводниковых приложениях, повышая международную конкурентоспособность Тайваня в полупроводниковой промышленности. Результаты исследования были официально опубликованы в престижном научном журнале «Nature Electronics» в конце ноября 2023 г.

Закон Мура говорит о том, что количество компонентов, которые можно разместить на интегральной схеме, со временем будет экспоненциально расти. Полупроводниковые технологии стремительно развиваются в соответствии с законом Мура, стимулируя технологические инновации, изменения в обществе и рост мировой экономики. Однако полупроводниковая промышленность постоянно уменьшает размеры компонентов в связи с растущим спросом на скорость вычислений в технологиях, приближаясь к физическим пределам кремниевых материалов. Такие проблемы, как снижение энергопотребления и тепловыделения, постепенно становятся все более актуальными. В настоящее время задача состоит в том, чтобы найти подходящие новые технологии для обеспечения эффективных вычислений на меньших площадях при одновременном использовании компонентов с меньшим энергопотреблением.

В ферроэлектрическом транзисторе используются ферроэлектрические материалы с обратимой электрической поляризацией. При приложении внешнего электрического поля направление внутренней электрической поляризации может быть изменено, что обеспечивает устройству функциональность блока памяти. Ферроэлектрические материалы обеспечивают чрезвычайно высокую скорость чтения и записи и могут сохранять состояние электрической поляризации даже в условиях отключения питания, что делает ферроэлектрические транзисторы оптимальным выбором для новых энергонезависимых запоминающих устройств. Однако разработка ферроэлектрических транзисторов сталкивается с многочисленными препятствиями и трудностями. Традиционные ферроэлектрические транзисторы, использующие перовскитные ферроэлектрические материалы, демонстрируют нестабильную поляризацию при уменьшении

размера транзистора, а процесс их производства очень сложен. В связи с этим исследователи переключили свое внимание на двумерные материалы, которые, как ожидается, будут обладать ферроэлектрическими свойствами, и начали обширные исследования. Хотя во многих исследованиях двумерные материалы успешно применяются в ферроэлектрических транзисторах, все еще требуются дальнейшие усилия для достижения более низкого энергопотребления, более низкого напряжения чтения/записи и технологических этапов, более соответствующих промышленным стандартам, чтобы соответствовать будущим требованиям рынка.

Исследовательская группа под руководством проф Янь-Вэнь Лан (Prof. Yan-Wen Lan), а также докторов Хун-Вэй Ян (Dr. Hong-Wei Yang) и Бо-Вэй Лян (Dr. Bo-Wei Liang) в качестве основных экспериментаторов, разработала ферроэлектрический транзистор с ромбоэдрической укладкой молибден-дисульфида (ST-3R MoS₂ FeS-FET) при поддержке финансирования Гос.Комитета науки и технологий и Тайваньского государственного педагогического университета. Двухслойный ST-3R MoS₂ с межфазным ферроэлектричеством выращен методом химического осаждения из паровой фазы (CVD). Явление скольжения между бислоями ST-3R MoS₂, возникающее благодаря подвижным доменным границам, созданным в процессе выращивания, демонстрирует обратимое переключение спонтанной электрической поляризации во внеплоскостном направлении. Этот новый ферроэлектрический транзистор демонстрирует удивительно низкое напряжение чтения/записи, высокую скорость работы и высокую стабильность. Более того, в процессе производства используются широко применяемые в промышленности технологии, демонстрирующие высокую совместимость с промышленными стандартами.

Кроме того, применение двумерных ферроэлектрических материалов в полупроводниковой части полевого транзистора (FeS-FET) позволяет решить проблему захвата заряда в традиционных ферроэлектрических транзисторах (Fe-FET), использующих ферроэлектрические материалы в качестве изоляторов, и улучшить подвижность носителей в устройстве за счет использования превосходных свойств двумерных материалов. Толщина канала атомного масштаба является значительным преимуществом в современном технологическом развитии. Она необходима для минимизации короткоканальных эффектов и достижения низкого тока утечки в выключенном состоянии, обеспечивая превосходное управление затвором для крупномасштабной интеграции и приложений хранения данных. Это открывает большой потенциал для ST-3R MoS₂ FeS-FET, чтобы стать стержнем на суб-3нм технологическом узле, обеспечивая идеальную среду для передовых полупроводниковых процессов.

Контакты для СМИ:

Dr. Ting-Yang Kuo

Program Manager/Assistant Research Fellow

Department of Natural Sciences and Sustainable Development

National Science and Technology Council

Tel: +886 (2)2737-7465

e-mail: tykuo@nstc.gov.tw