**Суть технологии low-k диэлектриков. Используемые материалы и причины возникновения.**

Диэлектрики с диэлектрической проницаемостью ниже диэлектрической проницаемости термического оксида кремния называются диэлектриками с низкой диэлектрической проницаемостью. Low-k диэлектрики — это материалы с низкой диэлектрической проницаемостью (k), которые используются в качестве изоляторов между проводниками в микроэлектронных схемах. Чем ниже значение k, тем меньше паразитные ёмкости, что приводит к уменьшению задержек сигнала и снижению энергопотребления.

Технология low-k диэлектриков возникла как ответ на необходимость решения проблем, связанных с развитием микроэлектроники и уменьшением размеров интегральных схем. При создании современных микросхем ключевую роль играет уменьшение расстояний между элементами, что приводит к увеличению паразитной ёмкости между металлическими проводниками. Это явление вызывает замедление сигнала, увеличение энергопотребления и ухудшение тепловых характеристик.

Решаемые задачи:

1. Уменьшение задержки сигнала. При уменьшении размера компонентов растёт ёмкость между проводниками. Использование low-k материалов позволяет снизить эти ёмкости и, следовательно, уменьшить задержки сигнала.

2. Снижение энергопотребления. Паразитные ёмкости способствуют увеличению потребляемой энергии схемой. Low-k диэлектрики уменьшают потери энергии, что особенно важно для мобильных устройств.

3. Снижение тепловыделения. За счёт уменьшения паразитных эффектов снижается нагрев компонентов, что улучшает тепловые характеристики устройства.

Для создания low-k диэлектриков применяются различные классы материалов, которые делятся на:

1. Органические материалы. К ним относятся полимеры и органические соединения, такие как полимид и полиарилен эфиры. Эти материалы характеризуются низкой плотностью и хорошей теплопроводностью.

2. Неорганические материалы. Наиболее часто используются кремнийорганические соединения (например, SiOCH), которые сочетают в себе низкую диэлектрическую проницаемость и высокую механическую прочность.

3. Пористые материалы. Для дальнейшего снижения k применяют пористые материалы, где воздух в порах снижает среднюю диэлектрическую проницаемость структуры, поскольку у воздуха k ≈ 1.

Основная причина использования low-k диэлектриков — необходимость в уменьшении паразитных ёмкостей и улучшении работы интегральных схем в условиях их дальнейшего уменьшения. Технологические вызовы роста производительности и увеличения плотности упаковки компонентов привели к необходимости разработки новых материалов с низкими диэлектрическими свойствами.