

Оптическая диагностика инжекционных свойств МДП-структур с тонкими диэлектрическими слоями CaF_2 и $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ на кремнии

Ю.Ю. Илларионов^{1,2,3}, М.И. Векслер¹, В.В. Федоров¹, Д.В. Исаков³, И.В. Грехов¹
¹ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, Политехническая 26, Санкт-Петербург, 194021, Россия
²TU Vienna, Institute for Microelectronics, 27-29 Gusshausstr., 1040 Vienna, Austria
³Singapore Institute of Manufacturing Technology, 638075 Nanyang Dr. 71, Singapore
 тел: +43 1 58801-36035, эл. почта: ill-88@mail.ru

В работе изучена возможность привлечения данных по электролюминесценции кремниевых структур металл – диэлектрик – полупроводник (МДП) для анализа процесса инжекции электронов в таких структурах. В качестве тестовых образцов были изготовлены диоды $\text{Au}/\text{CaF}_2(1-2 \text{ нм})/\text{pSi}$ и $\text{TiN}/\text{HfO}_2(\sim 3 \text{ нм})/\text{SiO}_2(\sim 1.5 \text{ нм})/\text{pSi}$. Используемые в них пленки находят практическое применение: оксид гафния служит подзатворным изолятором, а фторид — барьерным слоем ряда резонансно-туннельных приборов. Эмиссия фотонов при переносе горячих электронов из металла в Si ранее наблюдалась [1] в МДП-диодах только с одним диэлектриком – SiO_2 .

На рис. 1 приведены интенсивности излучения вблизи выбранных длин волн λ . Для структур с CaF_2 (1а) хорошо видны пороги активации рекомбинационных (RR) и внутризонных (IB) оптических переходов в Si. На $\lambda = 750 \text{ нм}$ (энергия фотона $\hbar\omega = 1.65 \text{ эВ}$) RR появляется при напряжении $V_{RR} \approx 1.5 \text{ В}$, а IB-свечение при $V_{IB} \approx 2.6 \text{ В}$ (непрямые) и $V_{IB-d} \approx 2.94 \text{ В}$ (прямые переходы). С энергией фотона $\hbar\omega = 0.92 \text{ эВ}$ (1350 нм), меньшей, чем ширина зоны кремния E_g , происходят лишь IB-переходы, а $V_{IB} \approx 1.85 \text{ В}$ и $V_{IB-d} \approx 1.95 \text{ В}$. Все эти значения близки к

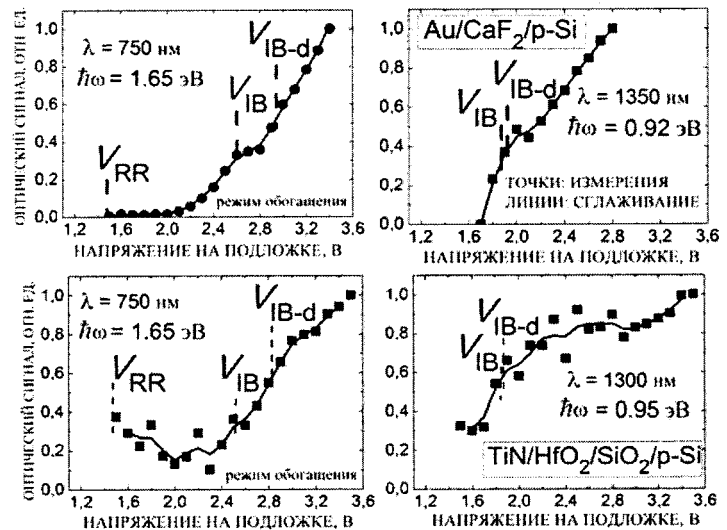


Рис. 1. Интенсивность люминесценции МДП-структур.

расчетным положениям порогов, помеченным пунктиром. Для структур с HfO_2 (1б) пороги также угадываются около оценочных величин, но менее отчетливы. Слабость свечения не позволила надежно записать спектры, однако наряду с тривиальным пиком вблизи $\hbar\omega = E_g$ отмечались и видимое излучение, и сдвиг синего края с ростом V .

Опорные спектры излучения и кривые интенсивность – напряжение могут быть получены теоретически [1]. Соответствие измеренных оптических характеристик опорным свидетельствует о высоком качестве слоя диэлектрика — так же, как об этом свидетельствовало бы совпадение вольтамперных кривых с модельными, — причем люминесцентный метод не требует точного знания параметров барьера. В данной работе «правильные» положения порогов говорят об упругом характере туннелирования; при пробое они смещались в сторону больших напряжений из-за появления потерь при транспорте, а затем свечение прекращалось.

Литература

- [1] P.D. Yoder, M.I. Vexler, A.F. Shuleikin et al, *J. Appl. Phys.*, **98**, 083511 (2005).