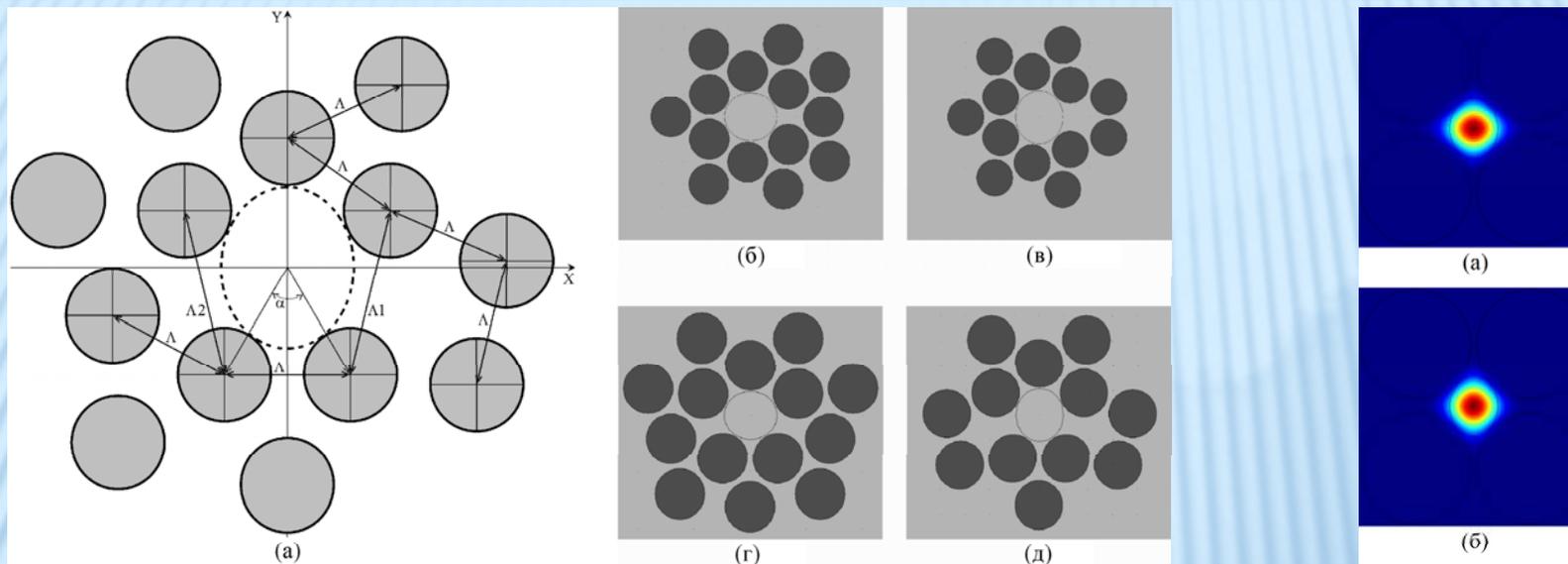


АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛЬНЫХ СТРУКТУР ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЯЮЩИХ МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ

Денисов А.Н., Левченко А.Е., Семенов С.Л., Дианов Е.М.

Научный центр волоконной оптики РАН, г. Москва

Новый дизайн двулучепреломляющих микроструктурированных волоконных световодов (ДМС)



- (а) ДМС **5235ес.** $d/\Lambda = 0.75$; $\Lambda_1/\Lambda = 1.33$; $\Lambda_2/\Lambda = 1.33$; $e \approx 0.83$.
 (б) ДМС **6117ес.** $d/\Lambda = 0.9$; $e = 1.1$. (в) ДМС **6125ес.** $d/\Lambda = 0.9$; $e = 0.9$.
 (г) ДМС **5227ес.** $d/\Lambda = 0.9$; $e = 1.1$. (д) ДМС **5243ес.** $d/\Lambda = 0.9$; $e = 0.9$.

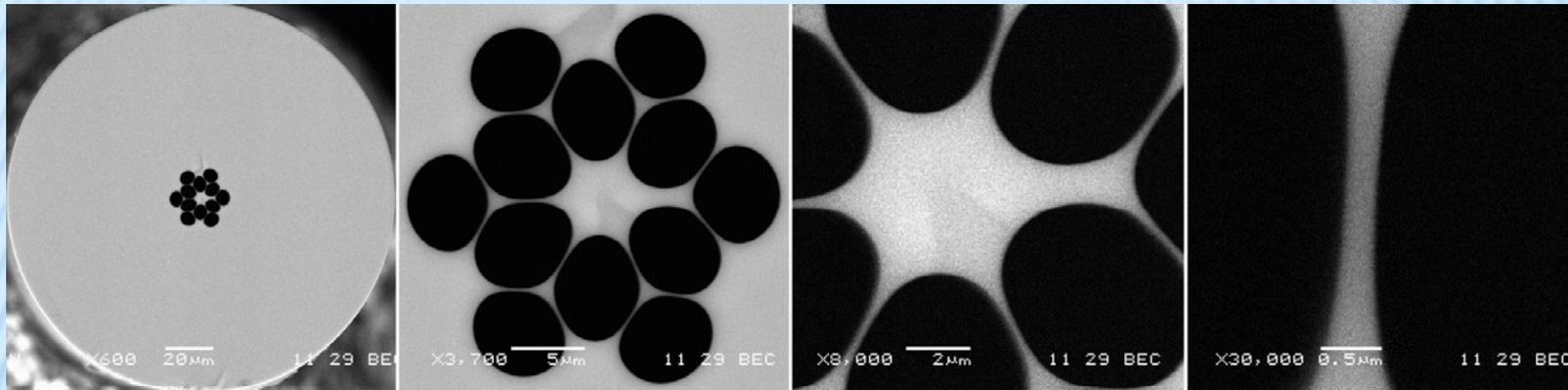
Профили интенсивностей x - (а) and y -поляризации (б) LP_{01} моды для ДМС **4240ес.** $e = 0.8$; $\alpha = 85.8^\circ$.

Предложенный дизайн ДМС позволяет получить большое двулучепреломление ($\sim 7.2 \times 10^{-3}$), а при определенной эллиптичности сердцевины и величине зазоров возможна реализация ДМС с полем моды, имеющим равные размеры по двум ортогональным координатам при незначительном уменьшении двулучепреломления ($\sim 2.3 \times 10^{-3}$).

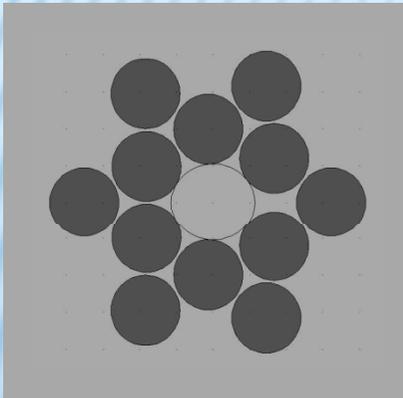
A.N. Denisov, A.E. Levchenko, S.L. Semjonov, E.M. Dianov, "Microstructured fiber with high birefringence and low mode field non-circularity", Proc. SPIE **7914**, 79142G (2011).

А.Н. Денисов, А.Е. Левченко, С.Л. Семенов, Е.М. Дианов, "Микроструктурированные волоконные световоды с большим двулучепреломлением и малой асимметрией поля моды", Квант. электроника **41**, 243 (2011).

Изготовленный вариант ДМС



Фотографии поперечного сечения ДМС при разном увеличении электронного микроскопа.



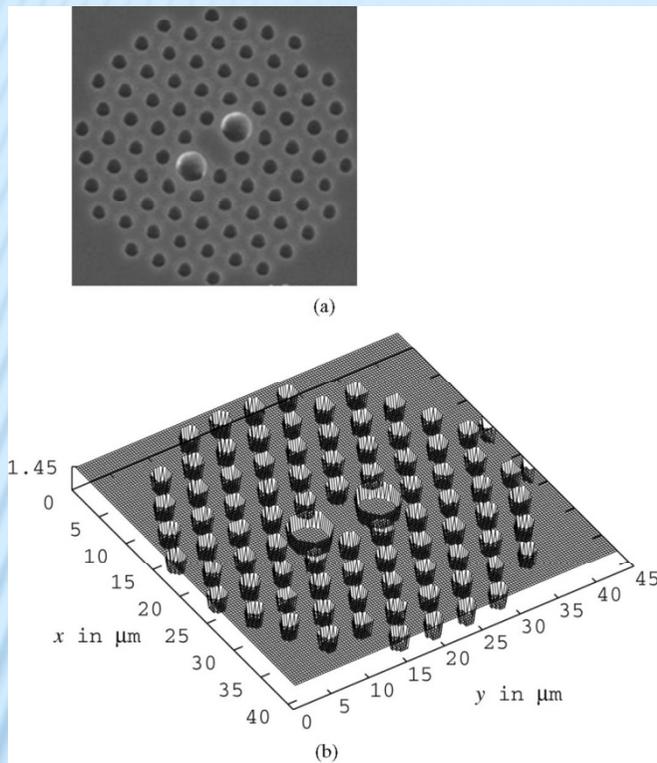
Моделирование сердцевины изготовленного световода структурой **6115с**. Для образца с $D_{fiber} = 130$ мкм $D_y = 4.02$ мкм; $e = 1.09$; $d/\Lambda = 0.96$ (Перемычки 220 нм); $\alpha = 56.8^\circ$ (Зазор 980 нм).

Рассчитанное значение группового двулучепреломления для этого образца $G_c = 4.2 \times 10^{-4}$ ($\lambda = 1.53$ мкм).

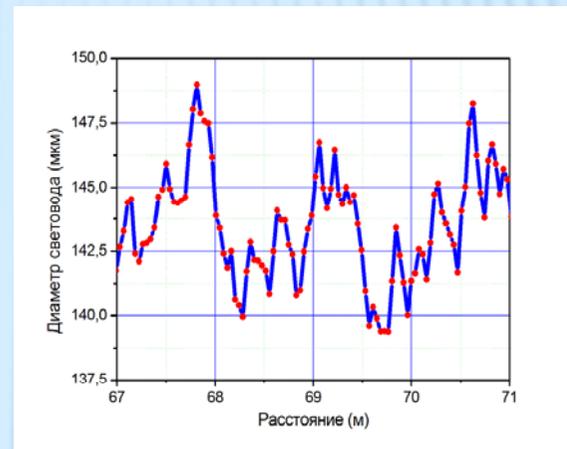
Измеренное значение группового двулучепреломления для этого образца $G_m = (4.7 \pm 0.1) \times 10^{-4}$ ($\lambda = 1.53$ мкм).

Для более корректного описания и повышения точности расчетов параметров изготовленных ДМС необходимо улучшение модельной структуры, используемой для аппроксимации реальных световодов.

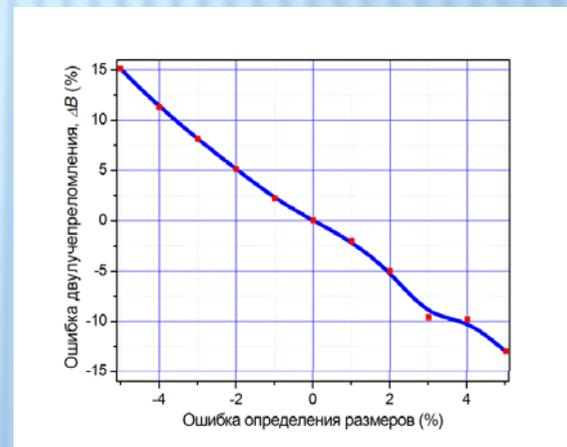
Альтернативный вариант расчетов параметров ДМС



P. R. Chaudhuri and S. Roy, "Determining Properties of Fabricated Index-Guiding Photonic Crystal Fibers Using SEM Micrograph and Mode Convergence Algorithm", J. Lightwave Technol. **26**, 379 (2008).

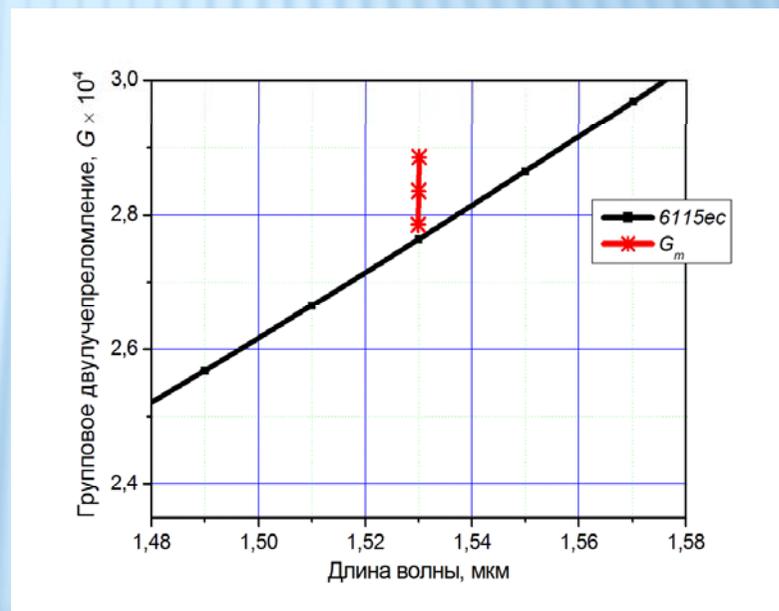
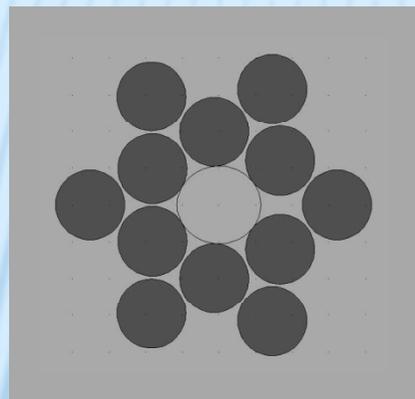
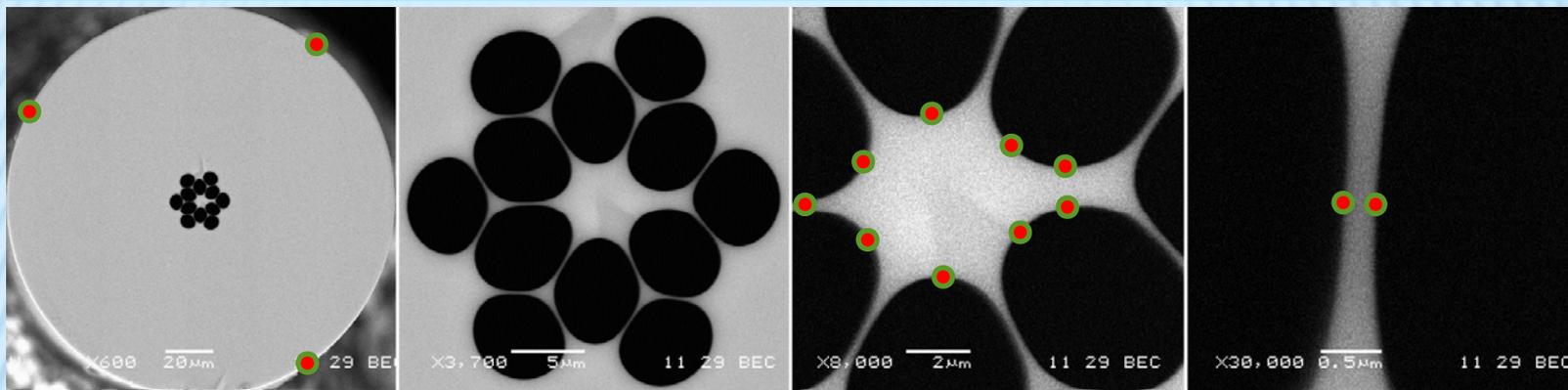


Вариации внешнего диаметра ДМС.



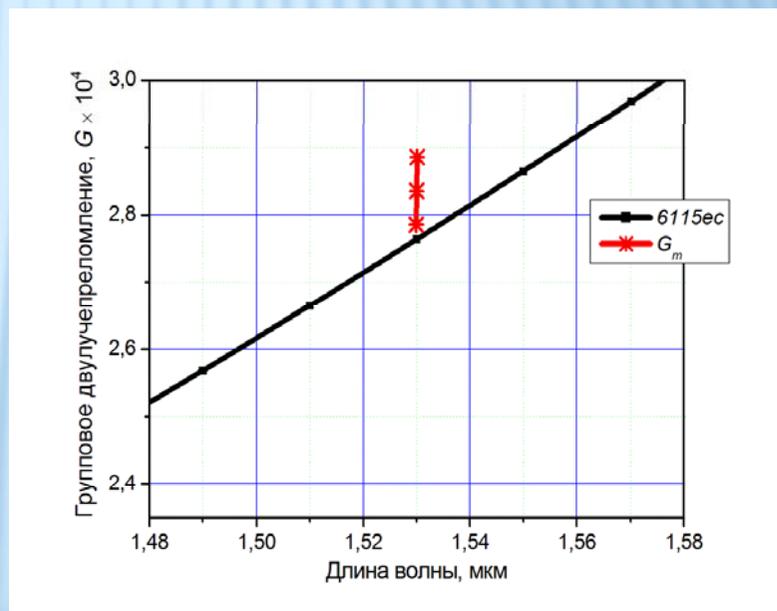
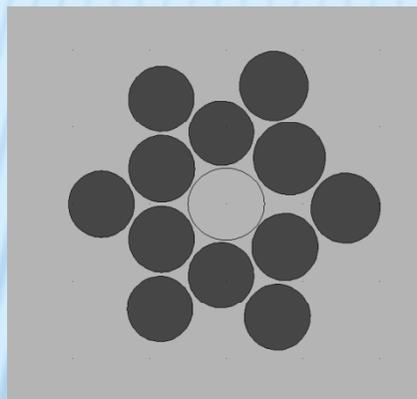
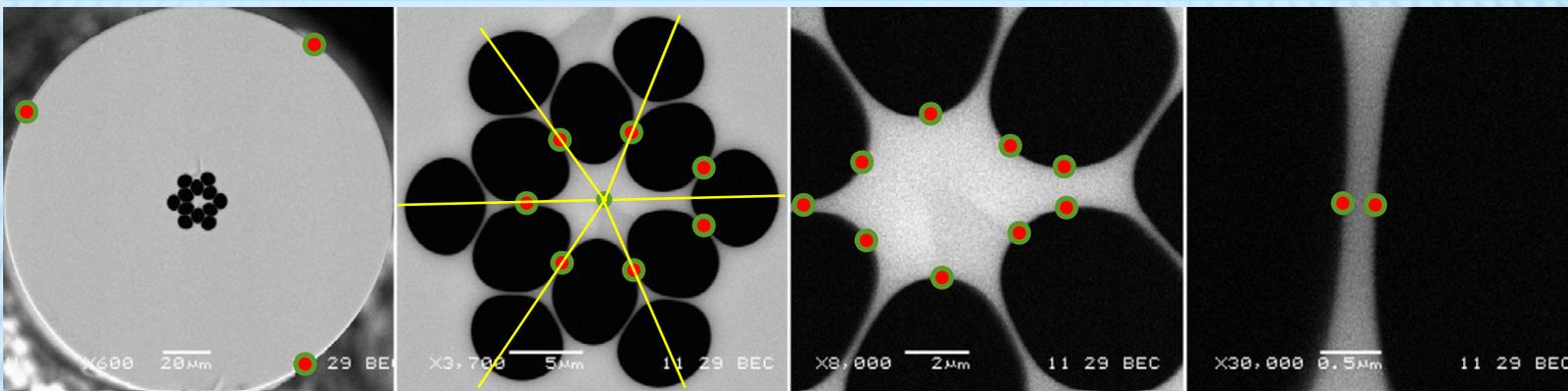
Изменение диаметра сердцевины на 5% приводит к изменению B на 15% и G на 27%.

Структура 6115ec



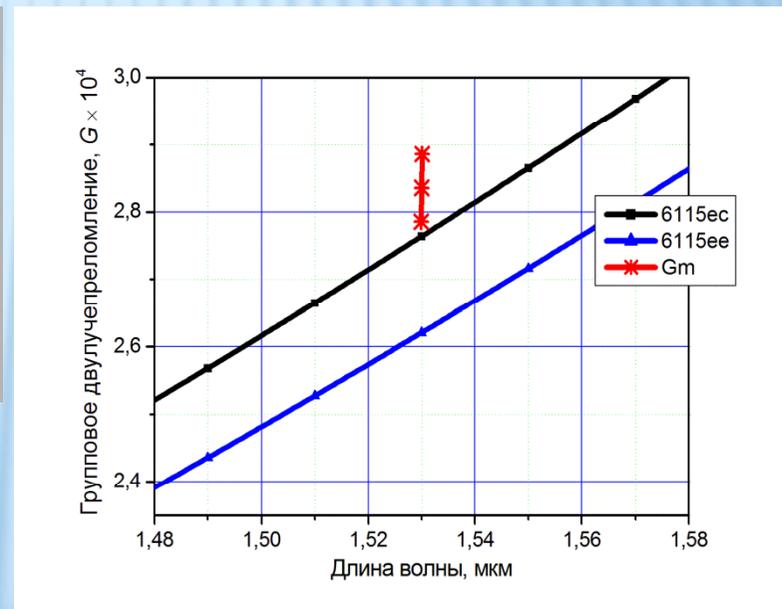
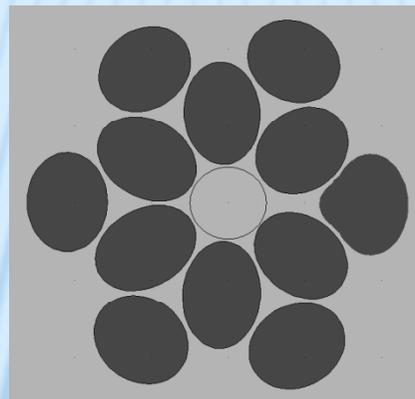
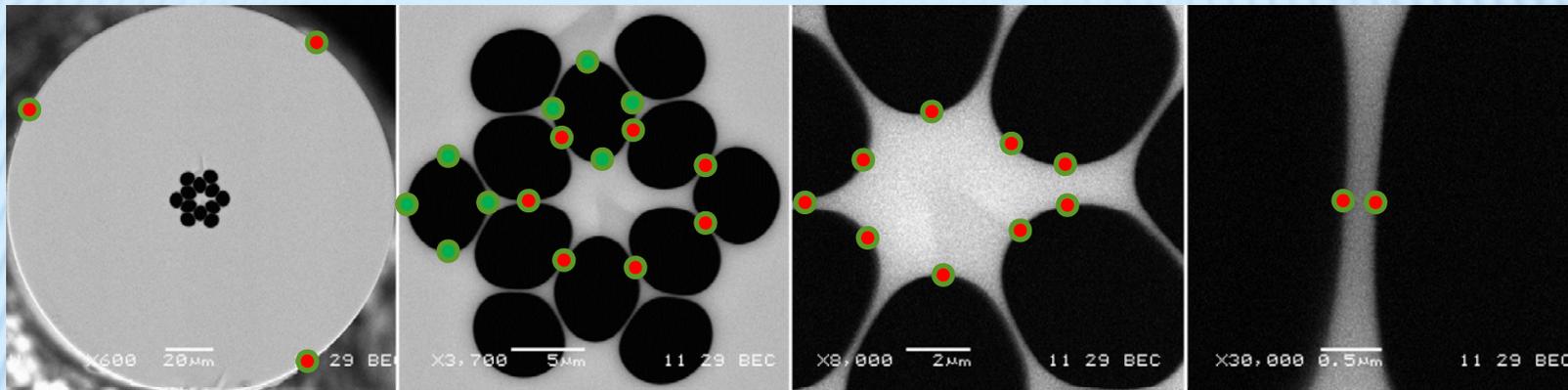
Рассчитанные зависимости группового двулучепреломления G_c от длины волны для разных моделей и измеренная величина G_m .

Структура 6115ec



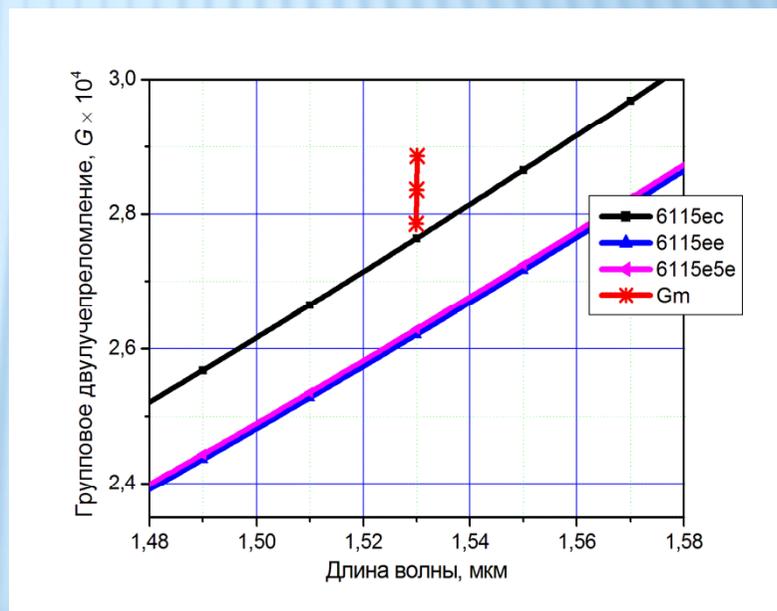
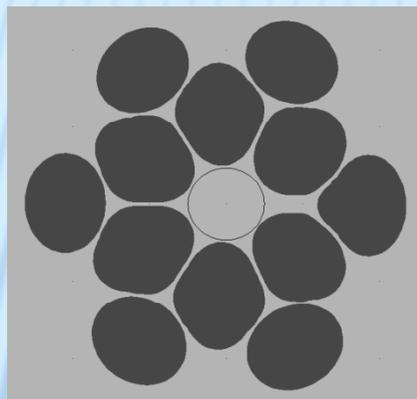
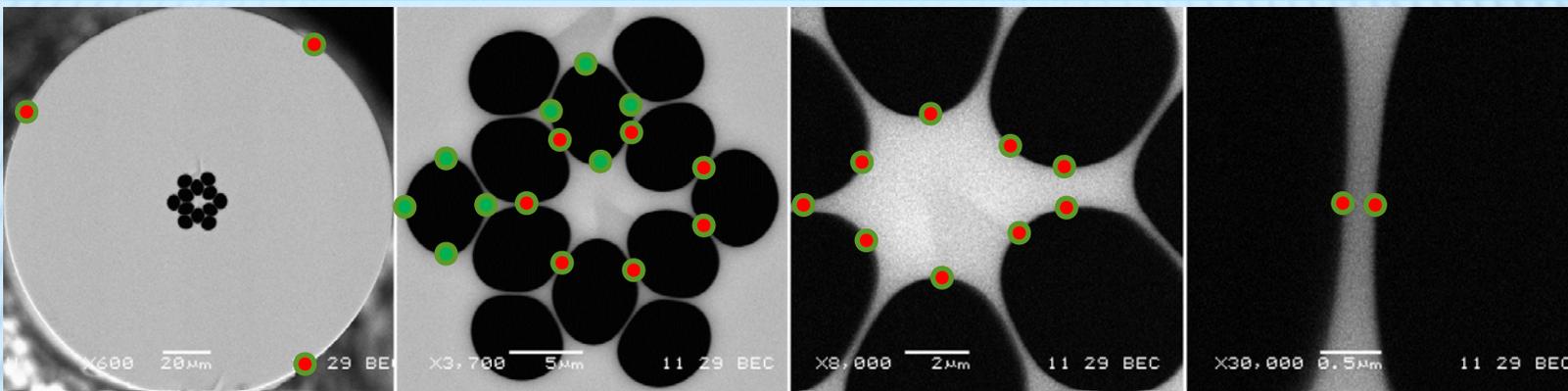
Рассчитанные зависимости группового двулучепреломления G_c от длины волны для разных моделей и измеренная величина G_m .

Структура 6115ee



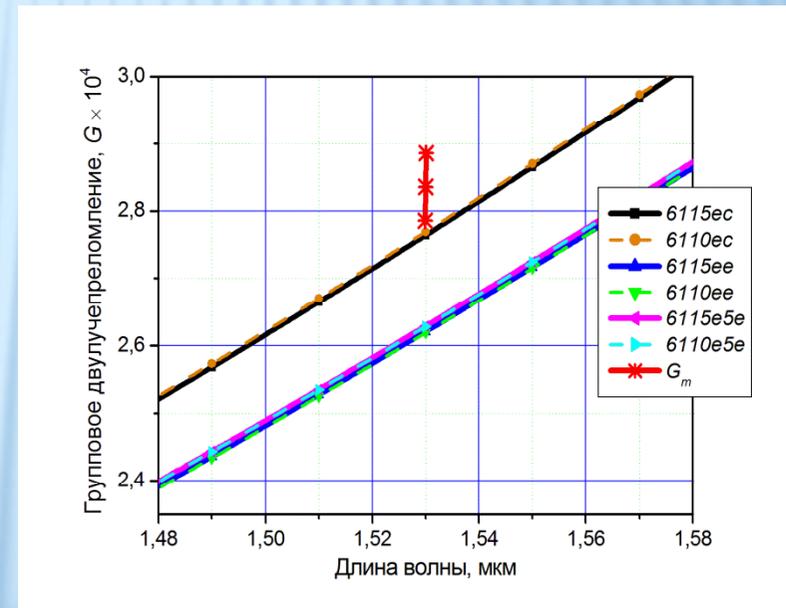
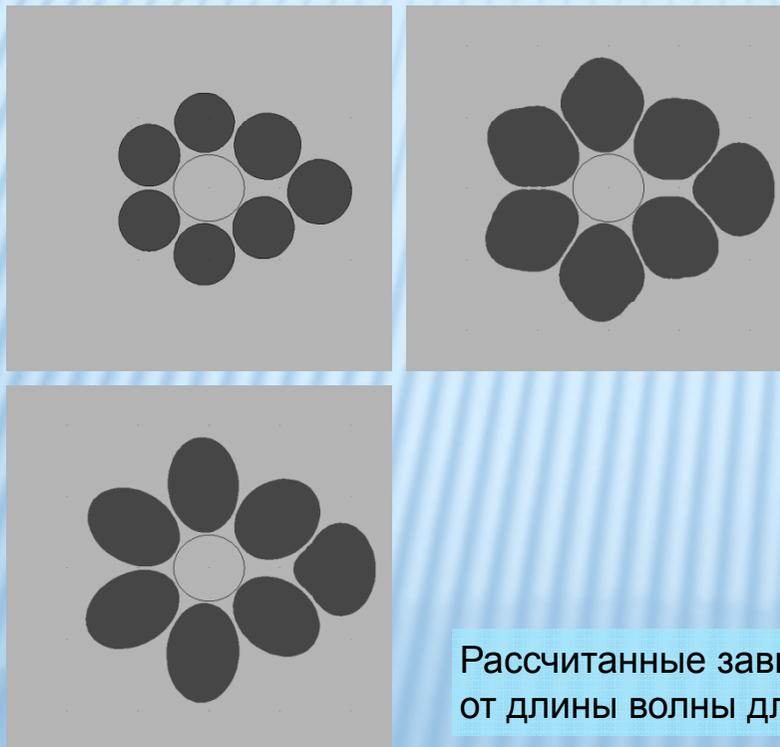
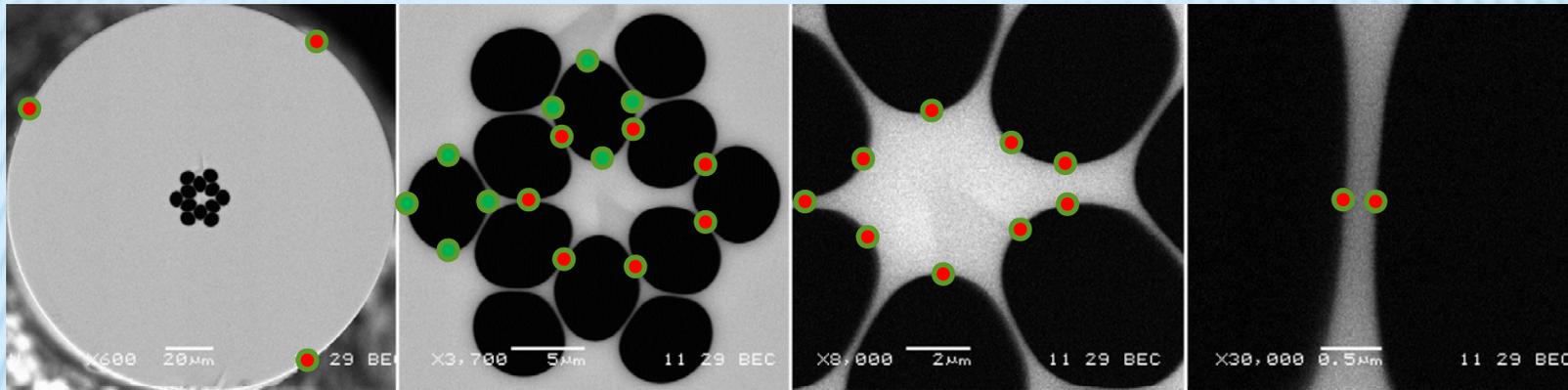
Рассчитанные зависимости группового двулучепреломления G_c от длины волны для разных моделей и измеренная величина G_m .

Структура 6115e5e



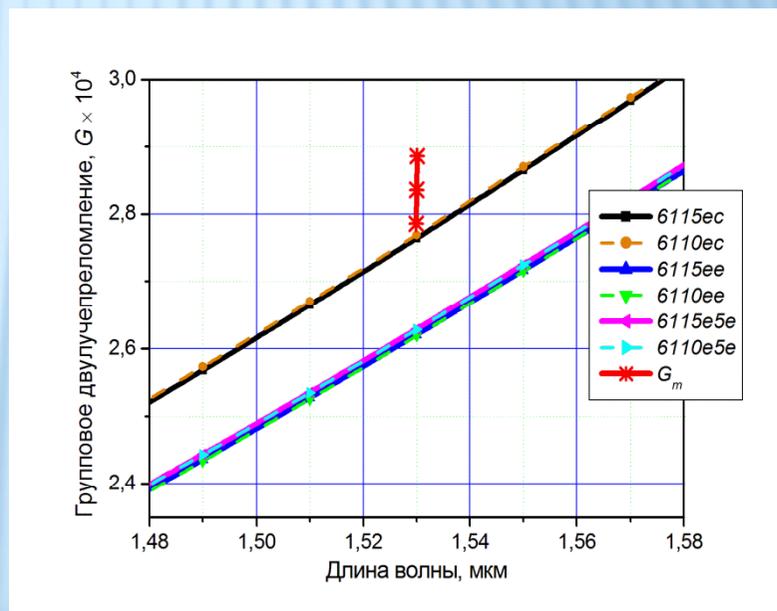
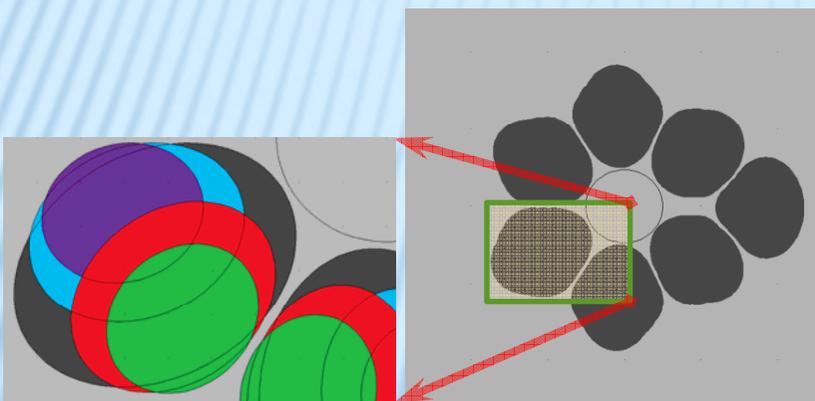
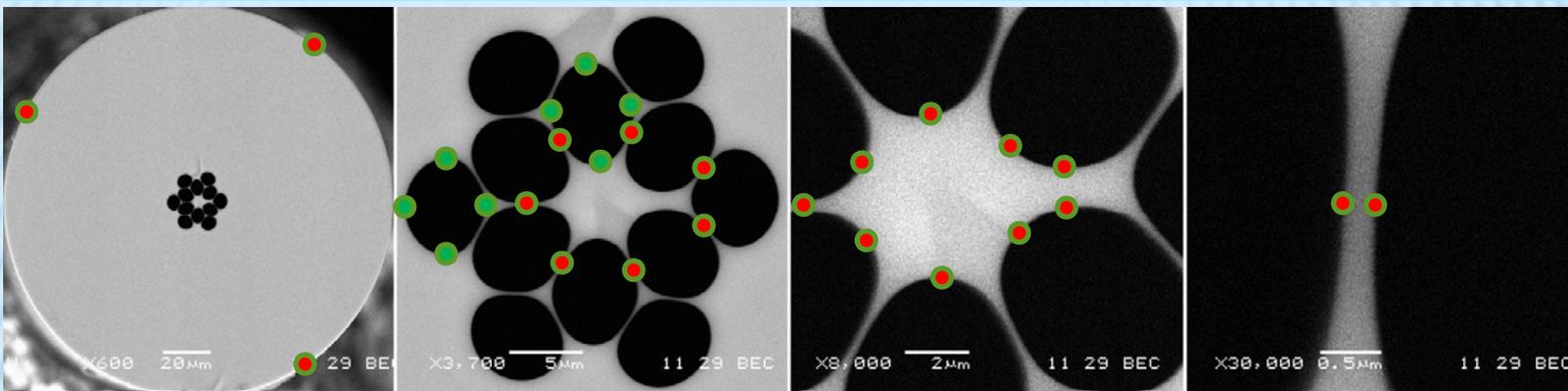
Рассчитанные зависимости группового двулучепреломления G_c от длины волны для разных моделей и измеренная величина G_m .

Структуры 6110ec, 6110ee, 6110e5e



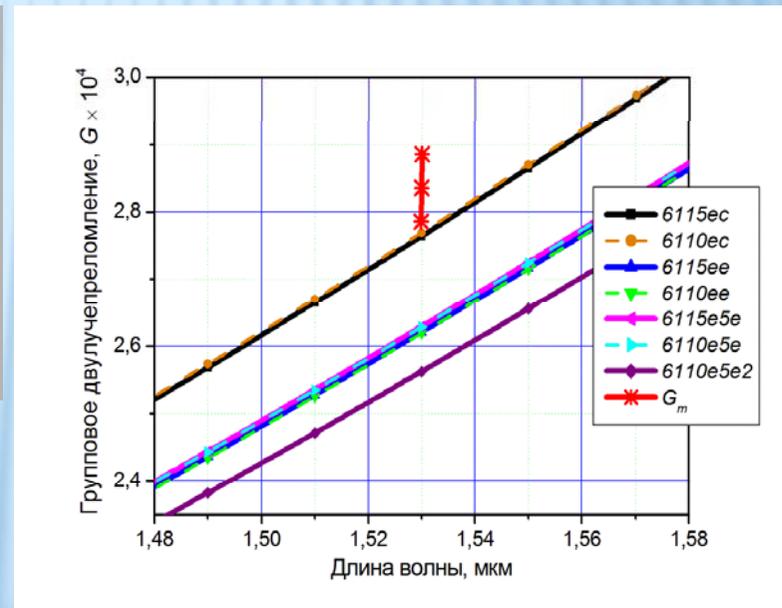
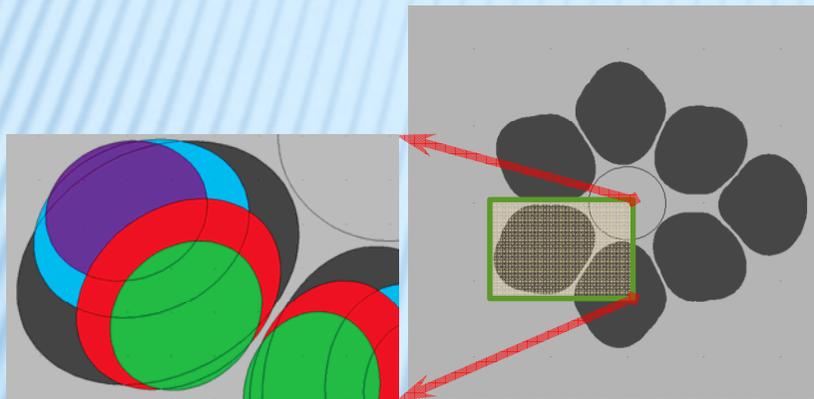
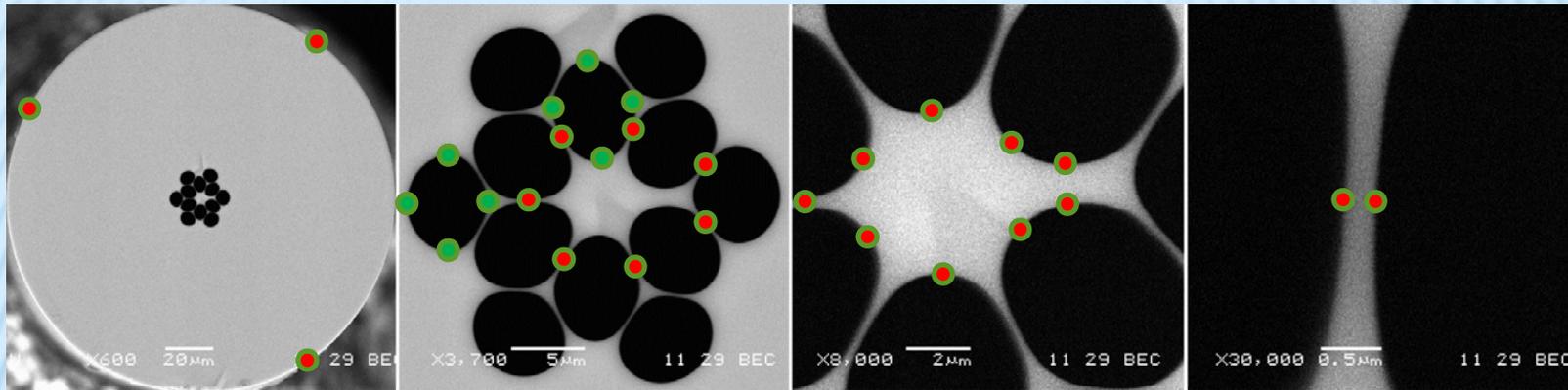
Рассчитанные зависимости группового двулучепреломления G_c от длины волны для разных моделей и измеренная величина G_m .

Структура 6110e5e



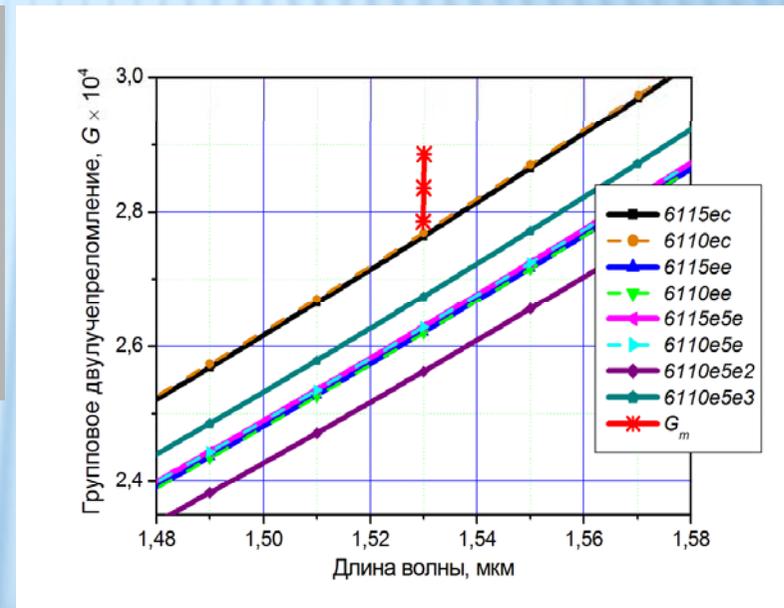
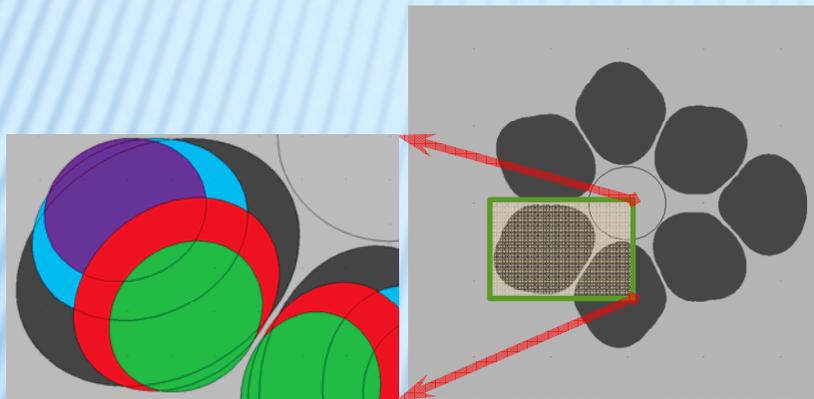
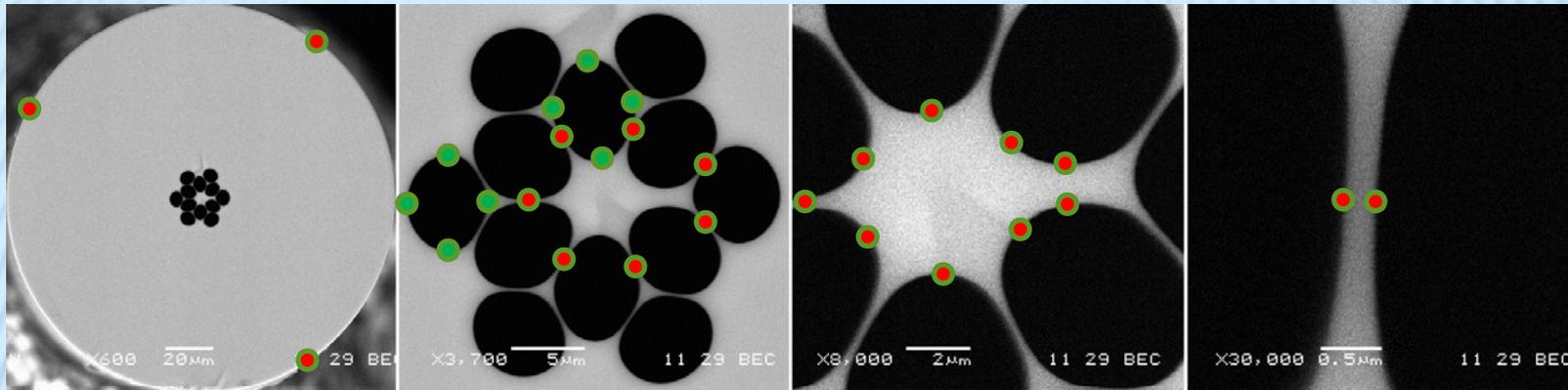
Рассчитанные зависимости группового двулучепреломления G_c от длины волны для разных моделей и измеренная величина G_m .

Структура 6110e5e2



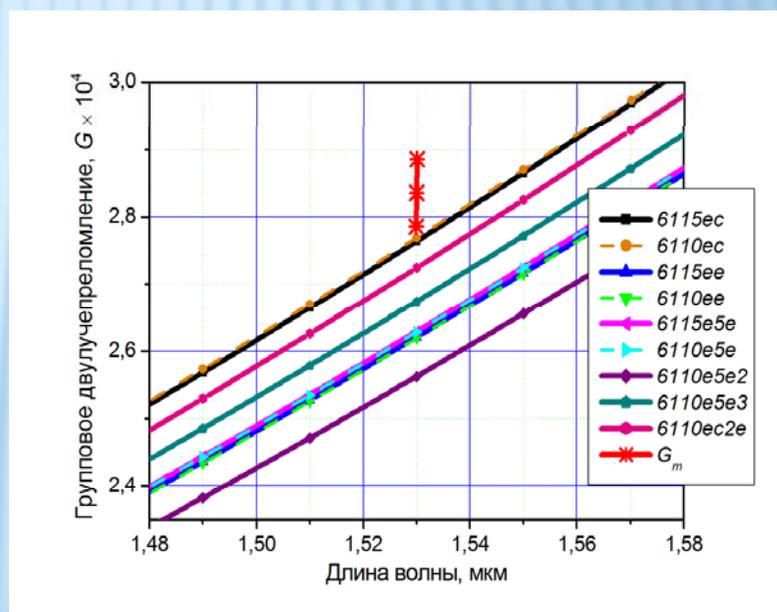
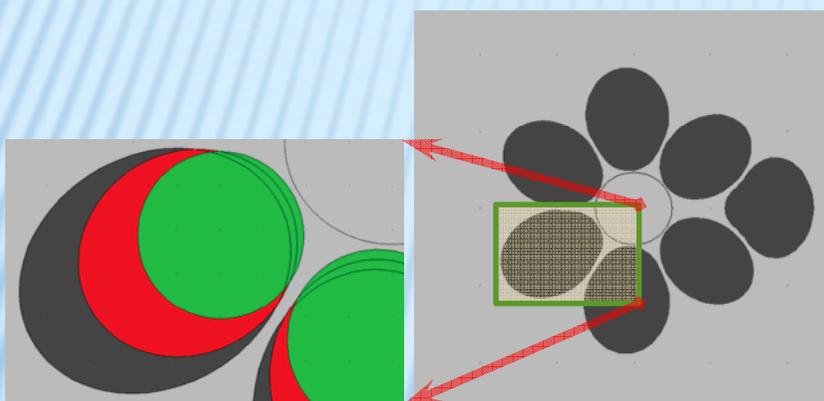
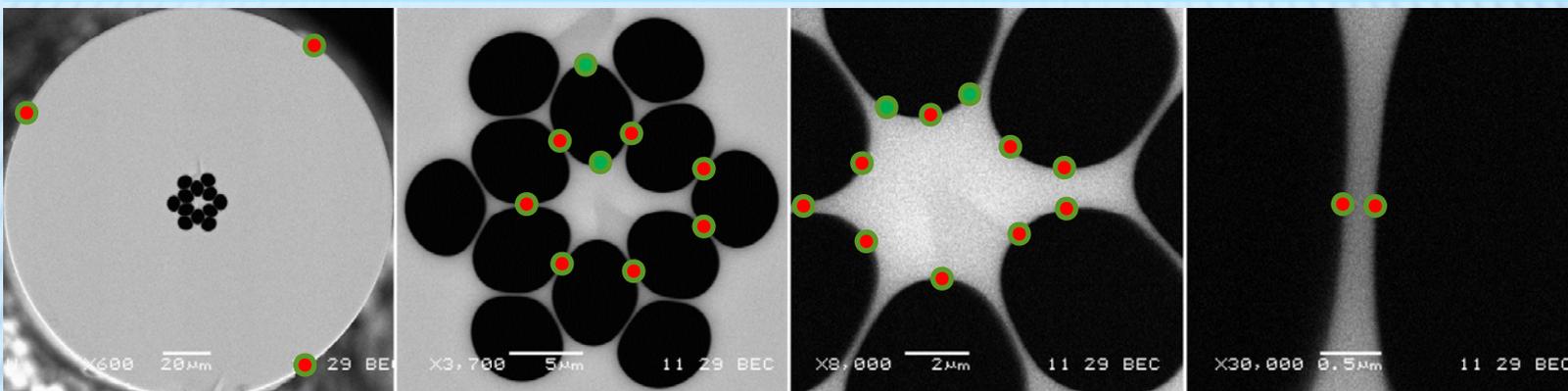
Рассчитанные зависимости группового двулучепреломления G_c от длины волны для разных моделей и измеренная величина G_m .

Структура 6110e5e3



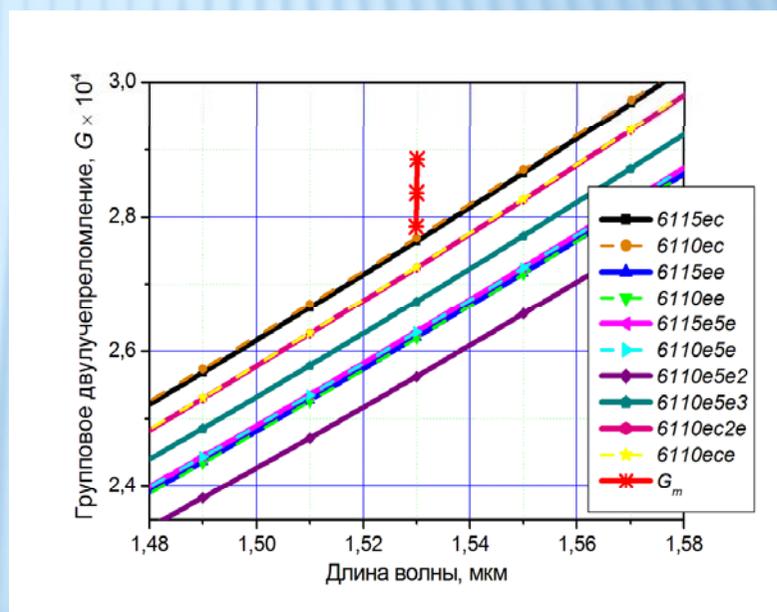
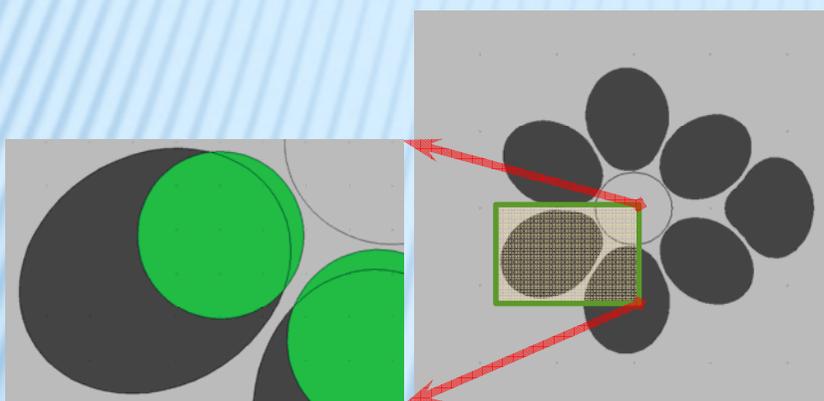
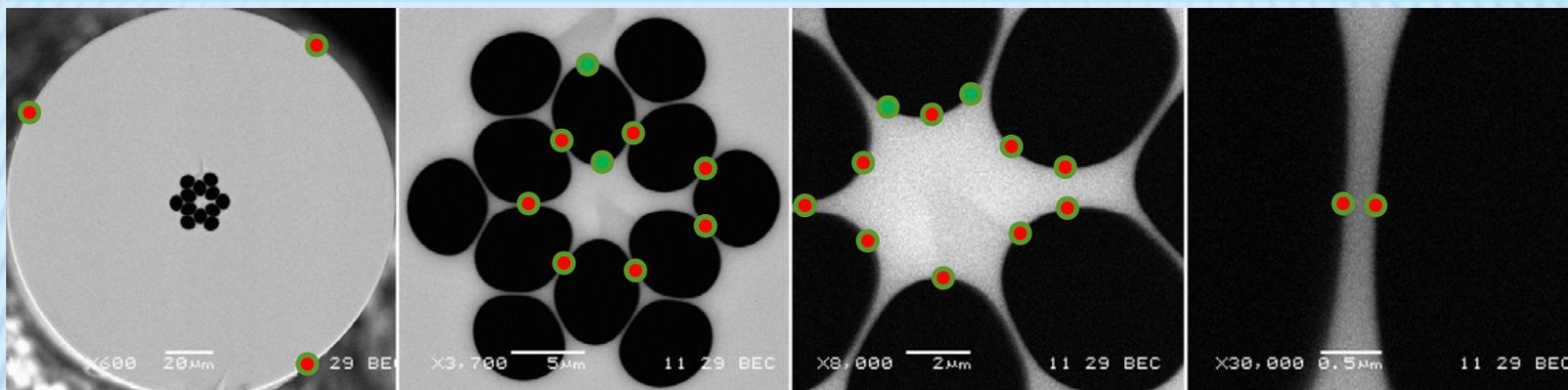
Рассчитанные зависимости группового двулучепреломления G_c от длины волны для разных моделей и измеренная величина G_m .

Структура 6110ec2e



Рассчитанные зависимости группового двулучепреломления G_c от длины волны для разных моделей и измеренная величина G_m .

Структура 6110есе



Рассчитанные зависимости группового двулучепреломления G_c от длины волны для разных моделей и измеренная величина G_m .

Параметры образцов изготовленных ДМС

ДМС	СКОЛ	$D(\text{мкм})$	$D_y(\text{мкм})$	e	Зазор(мкм)	$G_c \times 10^4$	$G_m \times 10^4$
ДМС №1	Скол 1	131,3	4,06	1,085	0,980	5,26	5,10
	Скол 2	128,7	3,96	1,070	0,840	4,62	
	Скол 3	132,7	4,07	1,088	0,980	5,01	
ДМС №2	Скол 1	137,2	4,25	1,049	1,001	3,79	3,88
	Скол 2	141,4	4,35	1,068	1,067	3,95	
	Скол 3	140,3	4,37	1,054	1,023	3,52	
ДМС №3	Скол 1	158,7	4,88	1,069	1,160	2,67	2,84
	Скол 2	161,4	5,07	1,048	1,231	2,47	

Измеренные величины группового двулучепреломления с хорошей точностью попадают в интервалы изменения рассчитанных величин группового двулучепреломления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен сравнительный анализ различных модельных структур двулучепреломляющих микроструктурированных волоконных световодов.

Показано, что одним из важнейших факторов, определяющих величину двулучепреломления ДМС, является кривизна отверстий в ближайшей к сердцевине световода области.

Предложена простая модельная структура ДМС, обладающая наилучшей точностью описания формы сердцевины световода при относительной геометрической простоте.

Получено очень хорошее совпадение рассчитанных величин группового двулучепреломления с измеренными значениями для разных образцов изготовленных ДМС.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!