

Клиновой деполяризатор Ханле.

Рассмотренные нами в предыдущих разделах деполяризаторы не позволяли работать с монохроматическим излучением. Для этой цели применяются деполяризаторы, имеющие в составе элементы с оптическими клиньями. Самый распространенный вариант представляет собой клин из одноосного кристалла (в данном случае кварца), оптическая ось в котором перпендикулярна либо параллельна ребру клина и лежит в плоскости, нормальной падающему пучку. У клина имеется плоскопараллельное основание из того же куска кристаллического кварца, которое тоже участвует в работе деполяризатора и толщина его “ d ” (см. рис.10) должна учитываться в расчетах. Для компенсации углового отклонения пучка добавляется обратный клин из плавленного кварца. Последний на деполяризацию излучения не влияет и в расчетах не учитывается. Такую конструкцию называют деполяризатором Ханле.

Для нормальной работы необходимо, чтобы оптическая ось деполяризатора была ориентирована в азимутальной плоскости под углом $\pm 45^\circ$ к электрическому вектору входного линейно поляризованного излучения.

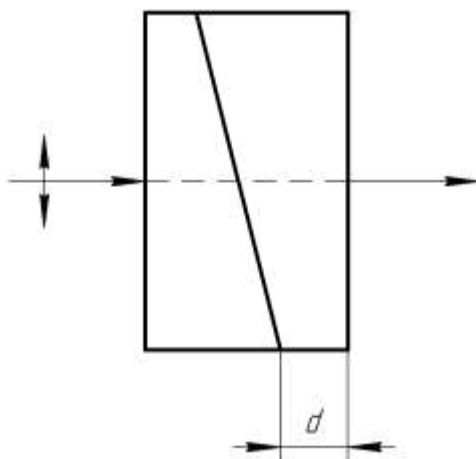


Рис.10. Клиновой деполяризатор (деполяризатор Ханле).

Лучи, проходящие деполяризатор в разных параллельных сечениях на выходе имеют разные поляризационные состояния, суперпозиция которых и дает в результате псевдо деполяризованное излучение. При расчете деполяризатора должны быть определены два параметра – угол клина и толщина плоскопараллельного основания. Исходными данными служат:

- а) световые диаметры действующих пучков,
- б) максимально допустимое отличие коэффициента деполяризации K_d от единицы в рабочей области спектра,

в) максимально допустимое угловое разведение ортогонально поляризованных лучей на выходе («двоение изображения»), поскольку клиновой деполяризатор является по природе лучеразводящей призмой.

В спецификациях фирм «Bernhard Halle Nachfl.» и «ORIEL» имеются данные, что угол разведения имеет величину не более 4 угл.мин. в первом случае и 3 угл.мин. во втором. Значит, углы клина являются порядка 5° для первого и 4° для второго варианта. Мы в своей практике встречали ситуации, когда деполяризаторы используются в аппаратуре, работающей с изображениями. В таких случаях разведение должно быть минимальным, чтобы не уменьшать пространственное разрешение объектов. Но чем меньше угол клина – тем хуже степень деполяризации – т.е. требования противоречивы. Проиллюстрируем это расчетами. Световой диаметр пучков выберем не экстремальный – $D=10$ мм, толщину плоскопараллельного основания – $d=2$ мм, приемлемую при изготовлении, спектральный диапазон – как у «Bernhard Halle Nachfl.» и «ORIEL» $0,2 - 2,8$ мкм, углы клина $2, 4, 5^\circ$. На вход поступает линейно поляризованное излучение с абсолютным поляризационным контрастом.

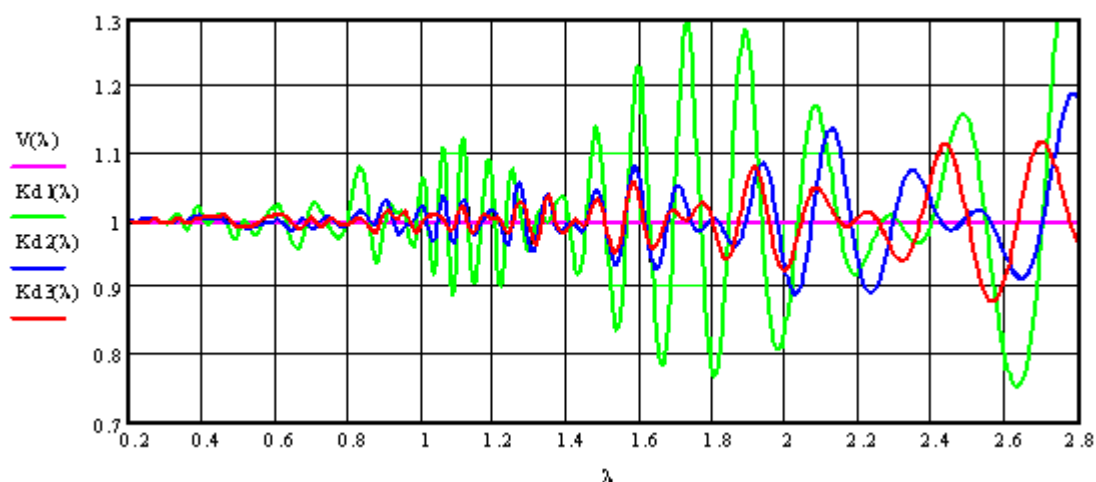


Рис.11. Спектральная зависимость коэффициента деполяризации для разных углов клина. $Kd1 - 2^\circ$, $Kd2 - 4^\circ$, $Kd3 - 5^\circ$. Толщина плоскопараллельного основания 2мм.

В расчетах принималось, что сечение пучка представляет круг. Это важно, поскольку при других формах сечения пучка усреднение происходит по другому и результат будет несколько иным.

Видим, что коэффициент деполяризации в среднем равняется единице, но имеются его осцилляции с разной амплитудой, зависящей от длины волны и угла клина. Размах этих осцилляций определяется углом клина, а их частота – толщиной плоскопараллельного основания. Аналогично величине угла клина влияет световой диаметр пучка, т.е. n -кратное увеличение диаметра пучка приводит к такой же картине, как и n -кратное увеличение угла клина (для реальных не очень больших углов). Это иллюстрирует рис.12, где угол клина увеличен в 3 раза, а диаметр в 3 раза уменьшен.

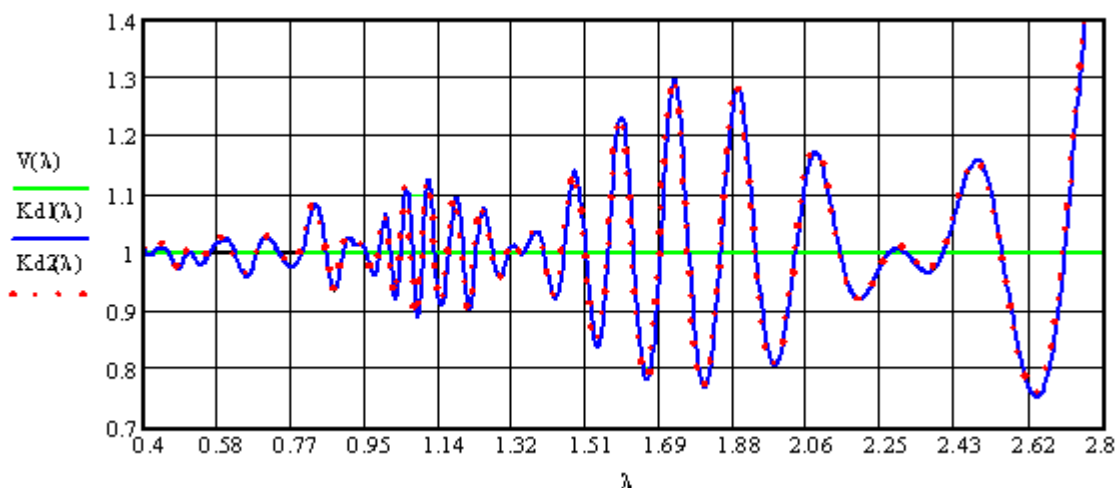


Рис.12. Спектральная зависимость коэффициента деполаризации при 3-кратном увеличении угла клина и, соответственно, 3-кратном уменьшении светового диаметра. Kd1 - диаметр $D=10$ мм угол клина $q=2^\circ$; Kd2 – $D=3.33$ мм, $q=6^\circ$. Зависимости идентичны.

Следовательно, размах осцилляций коэффициента деполаризации около $Kd=1$ (качество деполаризации) определяется средней толщиной клина – т.е. числом циклов задержки. Угол клина увеличить легче, чем расширить пучок, но при этом начинается «двоение» пучка, что в ряде случаев не допустимо.

Исходя из баланса качества деполаризации и минимизации «двоений», мы выбрали в качестве базовой для ЭЛАНа конструкцию деполаризатора Ханле с углом клина $q=3^\circ$, толщиной плоскопараллельного основания $d=2$ мм, и минимальным световым диаметром действующей апертуры $D=10$ мм. Также производятся в качестве базовых образцы со световым диаметром $D=15$ мм и $D=20$ мм. Спектральные зависимости коэффициента деполаризации базовых образцов приведены на рис.13.

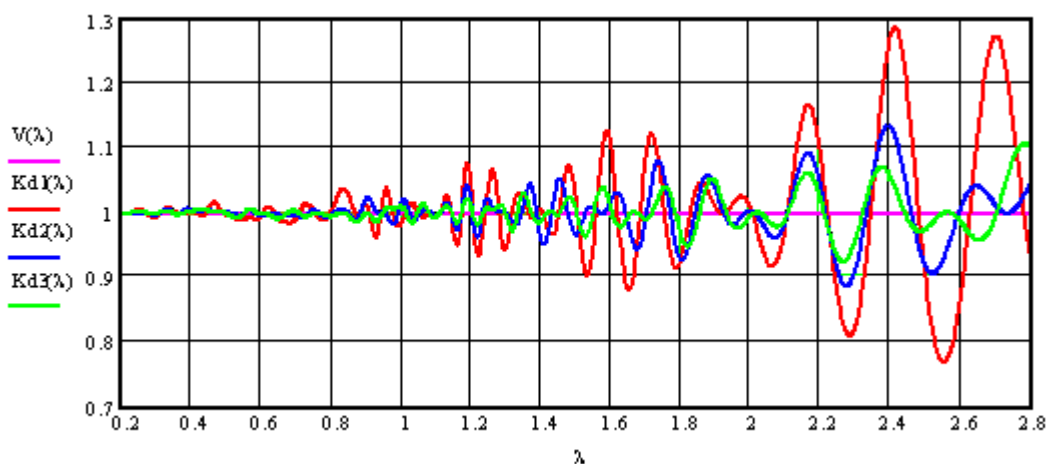


Рис.13. Спектральные зависимости деполаризации базовых образцов. Угол 3°
Kd1 – световой диаметр $D=10$ мм; Kd2 – $D=15$ мм; Kd3 – $D=20$ мм.

СПЕЦИФИКАЦИЯ.

Материал	монокристаллический кварц – КУ-1
Наружный входной размер	11x11 16x16 21x21
Световой диаметр	$D=10; 15; 20$

Угловая апертура	+/-15°
Пропускание без просветляющего покрытия	92%
Рабочий диапазон	0,19 – 2,8 мкм
Угловое разведение ортогонально поляризованных компонент	<2.4 угл.мин. при 2,5 мкм <1.5 угл.мин. при 0,2 мкм

Мы считаем, что базовыми образцы следует считать условно. Для простых вариантов применения деполаризатора Ханле, не выдвигающих специальных требований, они безусловно пригодны и их деполаризационные характеристики исчерпываются кривыми на рис.13. Для более сложных случаев, содержащих конкретные требования к параметрам коэффициента деполаризации и его спектрального поведения в конкретных областях, базовые образцы могут быть сравнительно не сложно модифицированы добавлением одного, специально рассчитанного функционального элемента.

Эти работы по точному расчету деполаризаторов были инициированы одним из наших Заказчиков, который контролировал электронные микроструктуры в отраженном свете объективным методом с применением деполаризатора Ханле. В рабочей области ему мешали осцилляции и было высказано предложение пересчитать деполаризатор, чтобы сдвинуть осцилляции за границы диапазона измерений. Это оказалось возможным.

Приведем пример решения двух задач.

- 1). Базовую модель со световым диаметром $D=10$ мм следует оптимизировать на минимум осцилляций и максимальную деполаризацию (мин. отклонение K_d от единицы) в области $1,55 \pm 0,15$ мкм;
- 2) то же самое на область $1,3 \pm 0,1$ мкм.

На рис.14. приведены результаты, для сравнения приведена деполаризационная характеристика базовой модели без добавления корректирующего элемента.

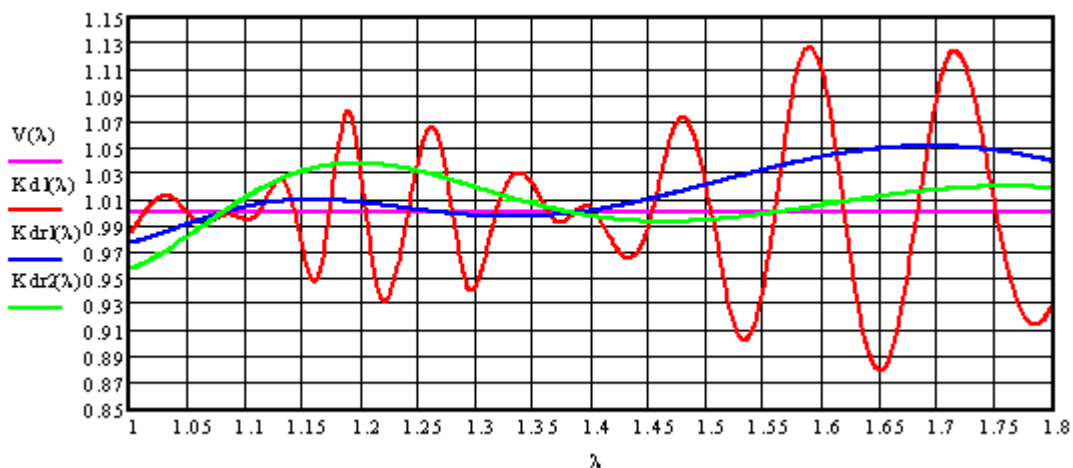


Рис. 14. Спектральная зависимость коэффициента деполаризации модифицированного деполаризатора Ханле.

K_{d1} – базовая модель (световой диаметр $D=10$ мм);
 K_{dr1} – оптимизация на $1,55 \pm 0,15$ мкм;
 K_{dr2} – оптимизация на $1,3 \pm 0,1$ мкм.

Во всем рабочем диапазоне деполаризационная характеристика выглядит следующим образом – рис.15.

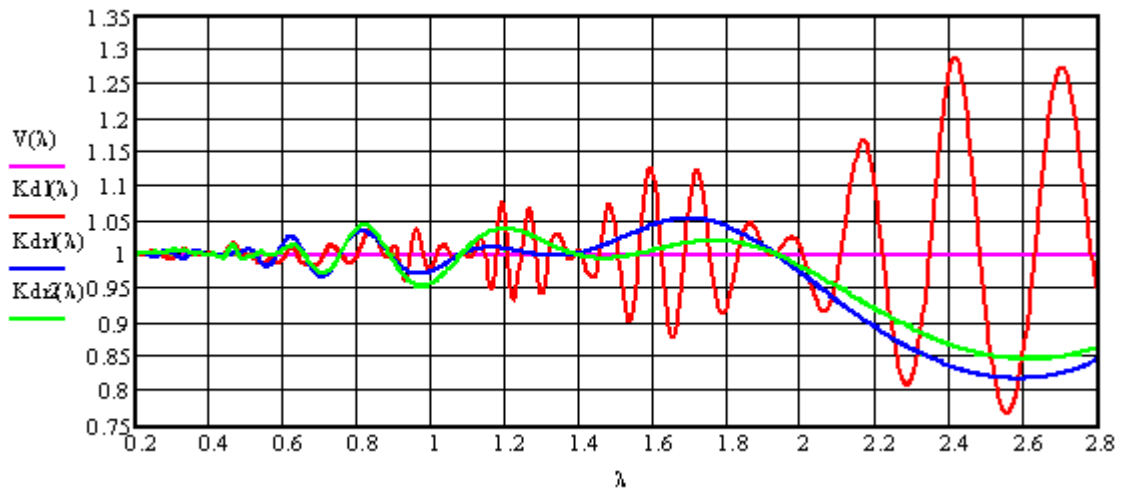


Рис. 15.

Мы считаем, что результаты модификации более чем убедительны. Поэтому, мы призываем наших потенциальных Заказчиков как можно подробнее формулировать задачу. Параметры клинового деполяризатора Ханле хорошо поддаются корректировке без изменения углов клина и светового диаметра пучков и, соответственно, их углов расхождения.