

ОБРАТНЫЕ ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОМ ГИРОСКОПЕ

К. М. Фадеев, Р. С. Пономарев

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

Одним из дефектов, проявляющихся при работе волоконно-оптического гироскопа, является зона нечувствительности – невозможность детектирования малых значений угловой скорости. Главной причиной возникновения зоны нечувствительности являются высокие обратные отражения.

Основным источником обратных отражений является френелевское отражение, которое возникает при резком изменении плотности оптического материала [1]. Такие изменения имеются на стыках оптического волокна и волновода в кристалле. В оптическом гироскопе стыковка волокна и чипа модулятора происходит с помощью стыковочных модулей. При перпендикулярном резе места стыка волокна и модулятора часть сигнала отражается и «ослепляет» ФПУ, тем самым препятствуя регистрировать малые изменения угловой скорости. Метод решения проблемы френелевских отражений прост: необходимо создавать стыки под углом (примерно $10\text{--}15^\circ$) к линии распространения света, тогда отраженные лучи по законам геометрической оптики уходят «в бок» (рис. 1б). Однако добиться идеально ровной поверхности достаточно трудно. Это связано с технологическими причинами, которые будут рассмотрены ниже. Из-за шероховатости поверхности в ФПУ приходит часть обратных отражений (рис. 1в).

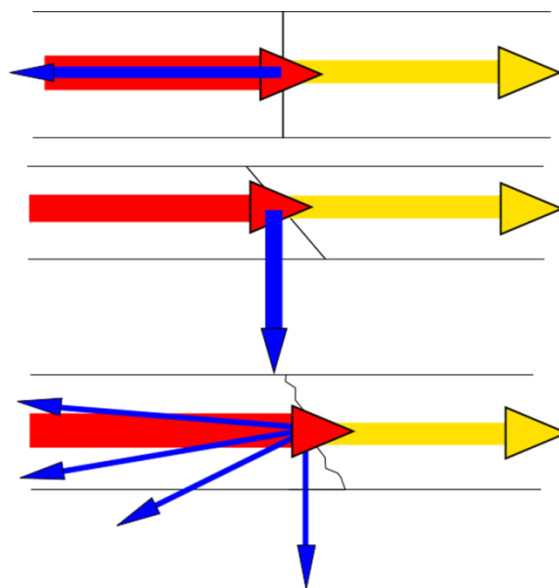


Рис. 1. Схематичный ход лучей на стыке оптического волокна:
а) при перпендикулярном срезе; б) при идеально ровном косом срезе;
в) при косом срезе с дефектами

Целью данной работы является выявление возможных источников высоких обратных отражений пигтейлов, обусловленных особенностями их производства и конструкции.

Задачи:

- Исследовать причины возникновения дефектов на пигтейлах.
- Определить оптимальные параметры процесса дисковой резки и последующей обработки пигтейла.

Создание торцов пигтейлов под определенным углом к линии распространения света производится дисковой резкой. После дисковой резки пигтейл должен обладать ровным торцом. Однако нередко на практике торцы пигтейлов содержат дефекты, которые создают обратные отражения и снижают чувствительность гироскопа. Бракованными считаются пигтейлы, имеющие значения обратных отражений больше чем - 60 дБ. Дефекты делят на два типа: сколы (дефекты в форме точек) и линии реза (горизонтальные прямые) (рис. 2б, в).

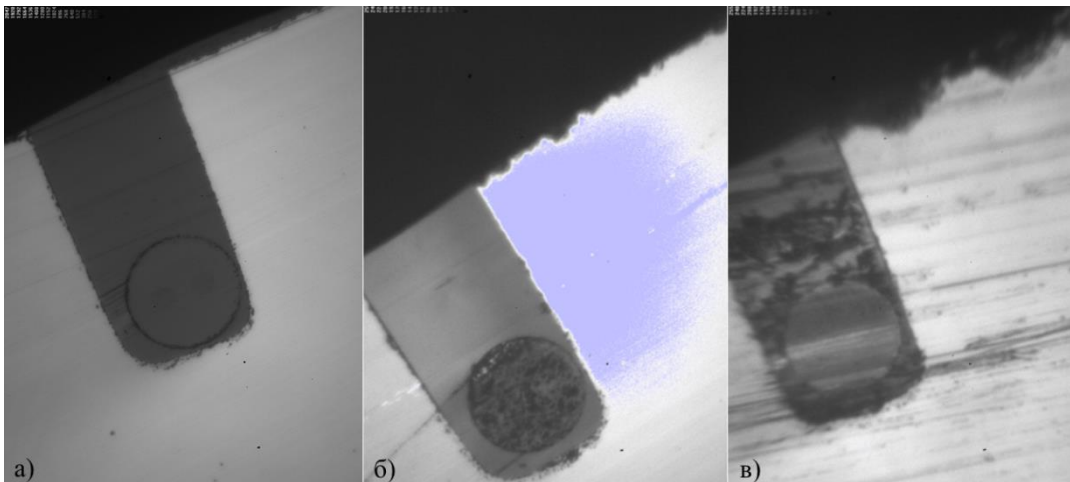


Рис. 2. Типы дефектов пигтейла после дисковой резки: а) чистый пигтейл; б) сколы; в) линии реза

Причинами возникновения таких дефектов являются следующие факторы:

- Неподходящая зернистость диска;
- Износ диска;
- Вибрации диска при большом числе оборотов [2];
- Неоптимальные условия резки (температура диска, скольжение между диском и образцом).

Первые два фактора устраняются на производстве контрольными мероприятиями: ведением журнала использования диска, следованием инструкциям и своевременной сменой диска. Воздействие третьего фактора – вибрации диска при большом числе оборотов, отследить достаточно трудно. Большой вклад в создание дефектов вносит последний пункт – неоптимальные условия резки. Исследовав более 60 образцов, которые были отсортированы на годные (обратные отражения меньше - 60 дБ) и

бракованные (оптически отражения больше -60 дБ), была найдена зависимость качества пигтейлов от их порядкового номера при резке (рис. 3).

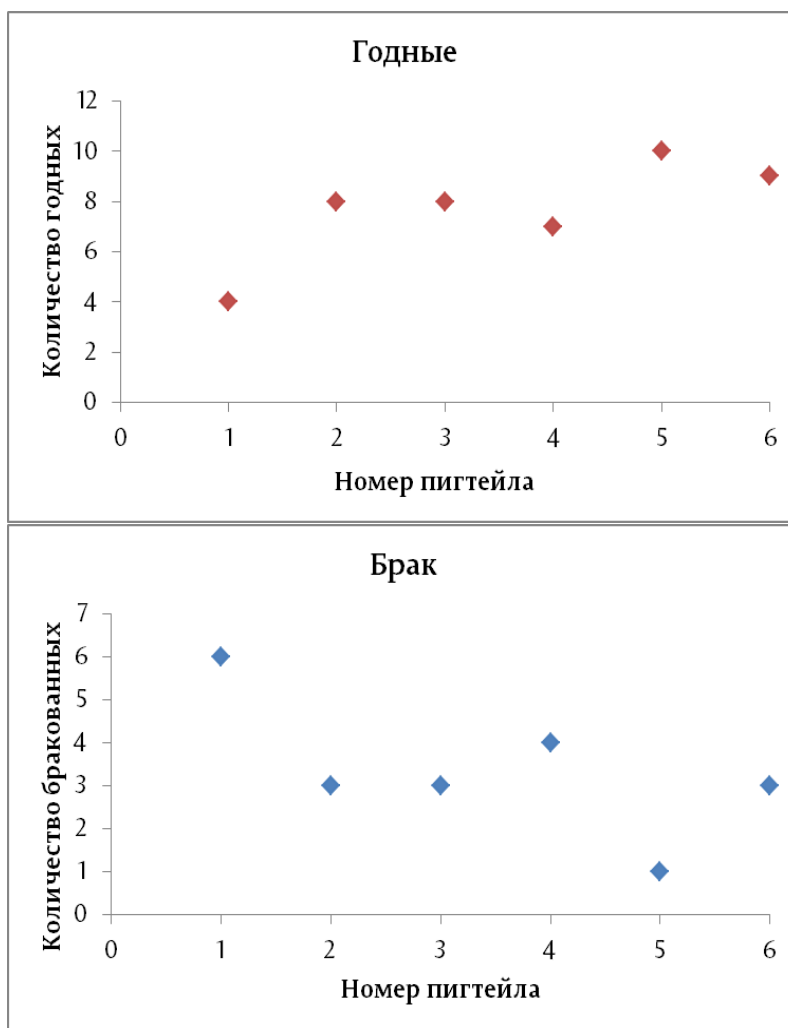


Рис. 3. Зависимость качества пигтейлов от их порядкового номера при резке.

Таким образом, было выяснено, что чаще всего бракованными оказываются те стыковочные модули, которые режутся первым. И наоборот, наиболее качественными пигтейлами оказывались последние. Это может говорить о том, что во время начала резки диск не имеет нужного количества оборотов, оптимальной температуры или других необходимых факторов.

Одним из самых качественных методов устранения дефектов на торце пигтейла является полировка.

Операция полирования способствует заметному снижению значения обратных отражений. Был проведен эксперимент, в котором бракованные пигтейлы (обратные отражения больше -60 дБ) отполировали на установке Krell. Среднее значение обратных отражений (ОО) для полированных пигтейлов составило -75 дБ. Значения ОО у стыковочных модулей с полировкой на Krell стабильны, все проверенные пигтейлы по обратным отражениям находятся в допуске и не имеют значения ОО выше -60 дБ.

Однако после полировки образовалась другая проблема. Стали наблюдаться ухудшения еще одной из главных характеристик ВОГ – коэффициента сохранения поляризации излучения ($K_{\text{спи}}$)

$$K_{\text{спи}} = 10 \cdot \lg \left(\frac{I_{\text{TE}}}{I_{\text{TM}}} \right),$$

где I_{TE} – интенсивность излучения с ТЕ-поляризацией, I_{TM} – интенсивность излучения с ТМ-поляризацией. $K_{\text{спи}}$ измеряется в децибелах. Максимальное значение $K_{\text{спи}}$ для используемого оптического волокна составляет 40 дБ. Соединение считается годным, если при стыковке с чипом интегральной схемы $K_{\text{спи}}$ выходного излучения составляет не менее 26 дБ.

В ходе работы было установлено, что причинами возникновения дефектов на торце пигтейлов являются:

- Неподходящая зернистость диска;
- Износ диска;
- Вибрации диска при большом числе оборотов;
- Неоптимальные условия резки (температура диска, скольжение между диском и образцом).

Было выявлено, что при помощи полировки можно заметно улучшить качество поверхностей на торцах стыковочных модулей, что способствует снижению значения обратных отражений и уменьшению зоны нечувствительности. Однако полировка увеличивает значение $K_{\text{спи}}$, которое наряду со значением обратных отражений является главной характеристикой ВОГ.

Работа по данной теме будет продолжаться. На следующем этапе предстоит выяснить, каким именно образом полировка изменяет значение $K_{\text{спи}}$ и можно ли это исправить.

Список литературы

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. 4. Оптика. М.: Физматлит, 2002. 792 с.
2. Иванов В. И. Методы резки кремниевых приборных пластин на чипы в производстве органических микродисплеев. МГУПИ, 2014. 21 с.