

[Get a PDF](#)

Родиевое кольцо [One Ring To Rule Them All...]

Через полтора года [история](#) получила завершение. У Анечки теперь есть настоящее кольцо из родия. Не покрытое родием, не напыление и не сплав. А честный "solid rhodium ring", а "ring made of rhodium", "rhodium ring, **not** plated". Кто сделал? [Anatoli Semeykin](#). Обращайтесь. Рекомендую :) Проект закрыт!



Чем примечателен родий как материал для подарка?



1. На Земле это элемент экзотический. Он входит в тройку самых редких металлов на планете [5]. Золото и платина по сравнению с ним -- довольно-таки распространённые вещества.



2. Родий твёрже платины, более тугоплавок, а из белых благородных металлов уступает по блеску лишь серебру [10]. Но, в отличие от серебра, не тускнеет и вообще отличается высокой химической стойкостью.



3. Родий почти не поддаётся обработке стандартными средствами ювелиров. Слишком твёрд, слишком тугоплавок, ковать и тянуть его нельзя. И потому мало кто способен сделать из него украшение. А это добавляет уникальности подарку.



Итак, история завершена. Рассмотреть кольцо в подробностях можно [здесь](#). Обращаться, если кому хочется такое же, к [Анатолию](#). Он вообще специализируется по редким и экспериментальным поделкам.

Но поскольку многим, думаю, будет любопытно узнать, как я проверял, из чего же сделано кольцо, то расскажу-ка я об этом подробнее.

Откуда же я знаю, что это родий?

Не разрушая изделия, точно ответить на этот вопрос может разве что рентгенофлюоресцентная спектроскопия ([20], [30]). Которую можно и заказать. Но моя подозрительность всё-таки не заходит настолько далеко.

И всё же, даря подобную вещь, надо убедиться, что она настоящая. Хотя бы для себя. Чтобы в пределах **моей** зоны ответственности не осталось никаких сомнений насчёт материала кольца.

Что означает: все тесты, которые **я** мог придумать и проделать, я проделал.

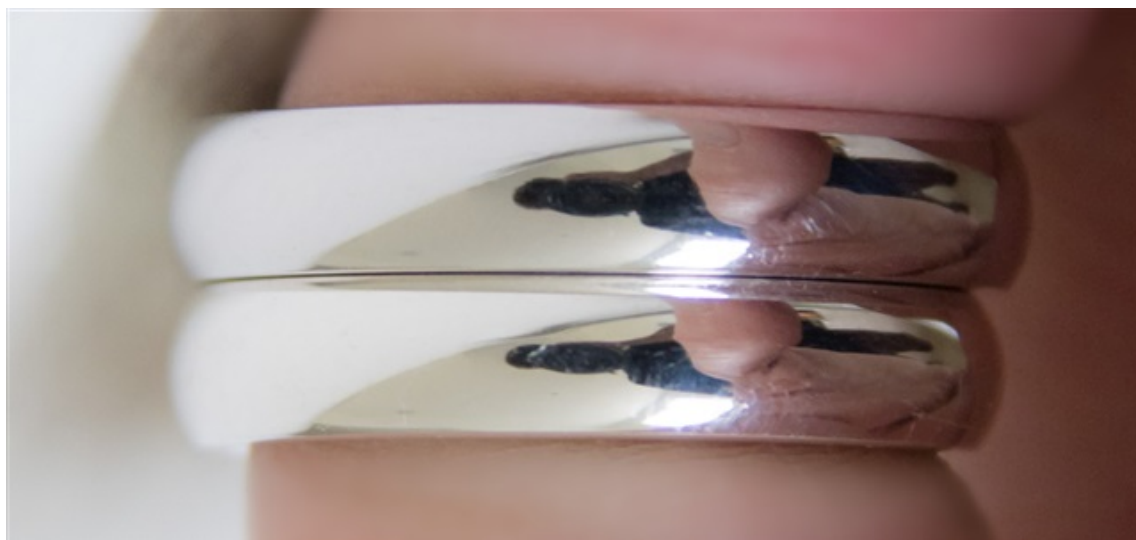
Их, различной сложности и достоверности, семь. Пусть не все они одинаково информативны, пусть некоторые отчасти перекрываются, но я решил: кольцо должно успешно пройти проверки на:

1. Блеск и цвет
2. Плотность
3. Воздействие кислотой
4. Твёрдость
5. Ультрафиолетовую отражательную способность
6. В порядке паранойи -- радиоактивность
7. Электропроводность

1. Блеск и цвет

Сравнение металлов "на глазок" не шибко надёжно. Особенно когда образцы разных форм и размеров. Но для предварительной оценки такой способ всё же небесполезен.

Итак, согласно [40] и [10], родий явно светлее кремния, рения или хрома, но уступает по блеску неокисленному алюминию и (слегка) серебру. Визуально именно это и наблюдается. Сопоставление с кольцом из серебра наиболее показательно, ибо оба объекта имеют одинаковую форму. Вверху -- родий, внизу -- серебро:



Стоимость теста: \$0-\$200 в зависимости от набора используемых для сравнения веществ; сложность: начальная школа; длительность: 1 минута; надёжность: не очень высокая.

2. Плотность

Находится тем же способом, что в древней истории про Архимеда и корону. Разве что инструменты посовременнее.

Берутся точные весы:



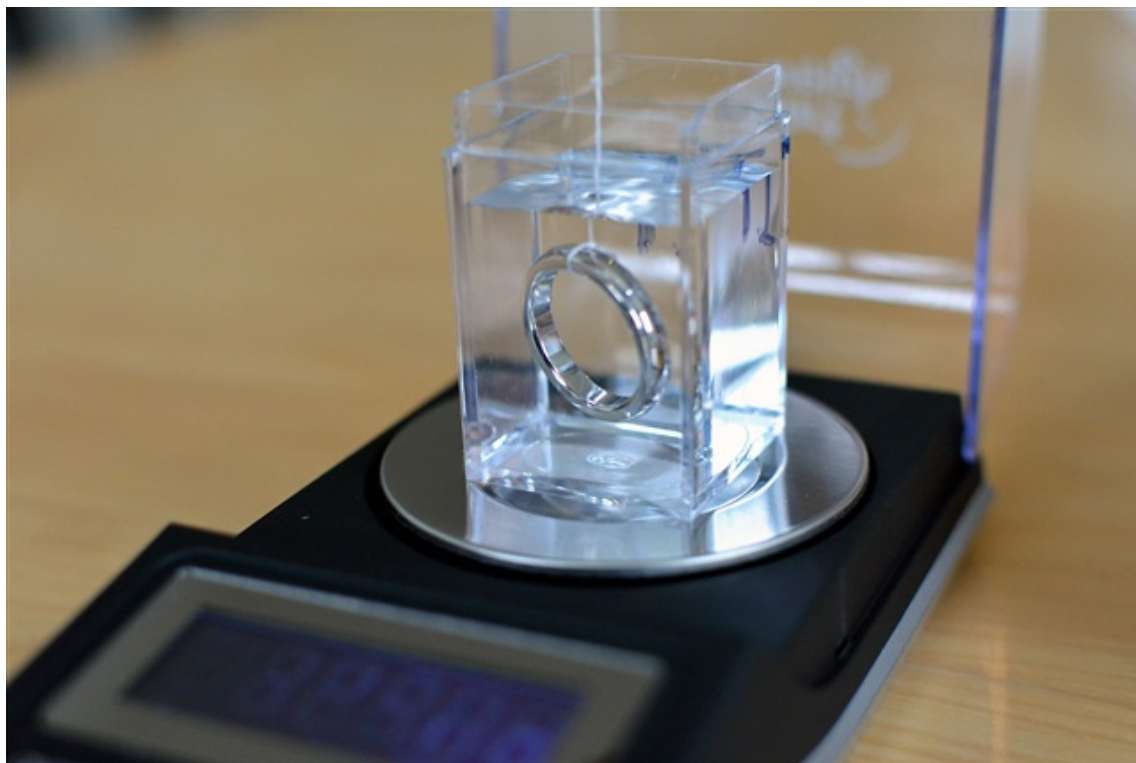
Взвешиванием устанавливается масса кольца.

Чтобы выяснить плотность материала, нужно разделить эту массу на объём кольца. Как его узнать? Да по весу вытесняемой им жидкости!

Для чего сначала ставим на весы кюветку с водой:



Записываем её вес. После чего опускаем в неё кольцо на верёвочке, не касаясь стенок и дна, и смотрим на новый вес кюветы:



Он окажется больше в точности на вес вытесненной кольцом жидкости. Если неочевидно -- подумайте, на сколько кольцо в воде легче, чем в воздухе, и на что "опирается" эта облегчающая сила.

Итак, знаем объём, знаем вес, находим плотность. Для повышения точности повторяем измерение десятков раз и усредняем результат. Не забывая протирать кольцо салфеткой между взвешиваниями, и спиртиком, разок, перед их началом.

Для проверки метода я сначала потренировался на кольце из стерлингового серебра. Его справочная плотность известна: 10.37 г/см^3 [50]. Я намерял $10.33 \pm 0.05 \text{ г/см}^3$. Найдя погрешность приемлемой, следующим ходом я применил этот метод к родиевому кольцу. Получил плотность $12.42 \pm 0.03 \text{ г/см}^3$ при ожидаемой для родия в 12.41 г/см^3 [60]. В "десяточку"!

В принципе, этого измерения уже достаточно, чтобы исключить громадную массу альтернатив. Кроме родия, в полученный диапазон плотности вписывается только рутений. Который почти так же редок и труден в обработке. И даже если, сугубо теоретически, допустить, что мы имеем дело с намеренной подделкой в виде сплава, подделка эта должна быть нетривиальной. Нужно "подогнать" плотность с ошибкой не более 0.3%, для чего использовать хоть один металл тяжелее родия. Которых (твёрдых и стабильных) всего восемь, и с половиной из этой восьмёрки возиться ненамного легче и не особо дешевле, чем с самим родием.

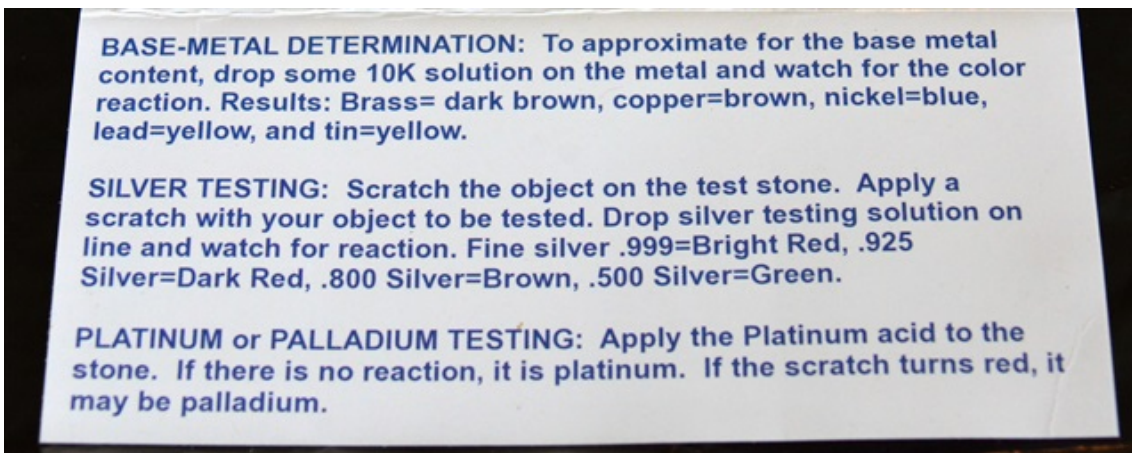
Стоимость теста: \$60; сложность: 7 класс школы; длительность: 30 минут; надёжность: высокая.

3. Воздействие кислотой

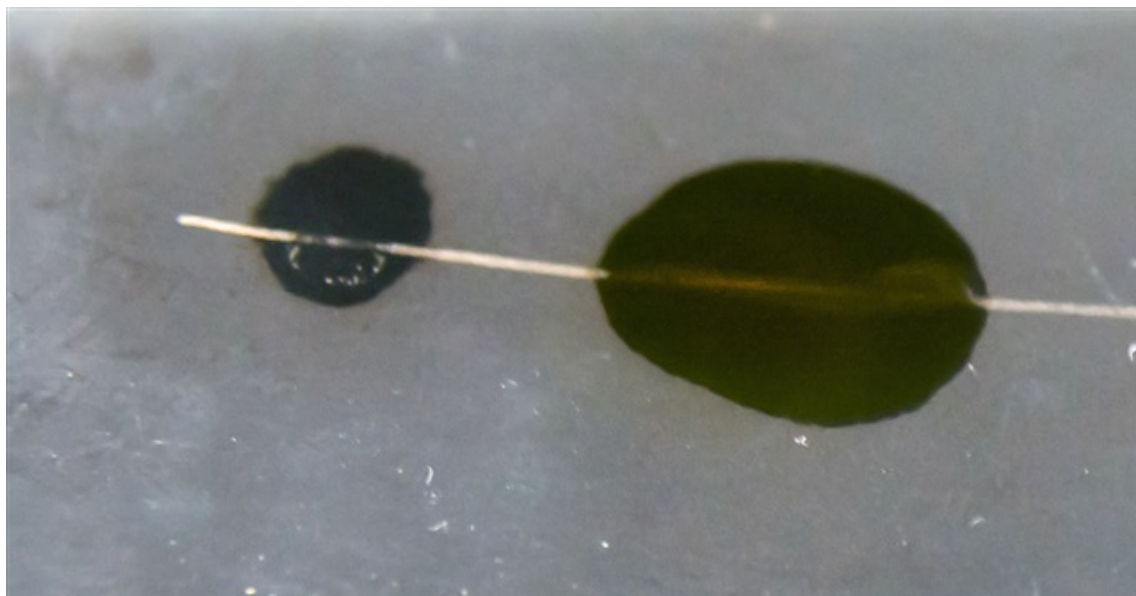
В Интернете приобретается наборчик для проверки ювелирных изделий. В нём шершавая дощечка и полдюжины бутылочек с кислотами:



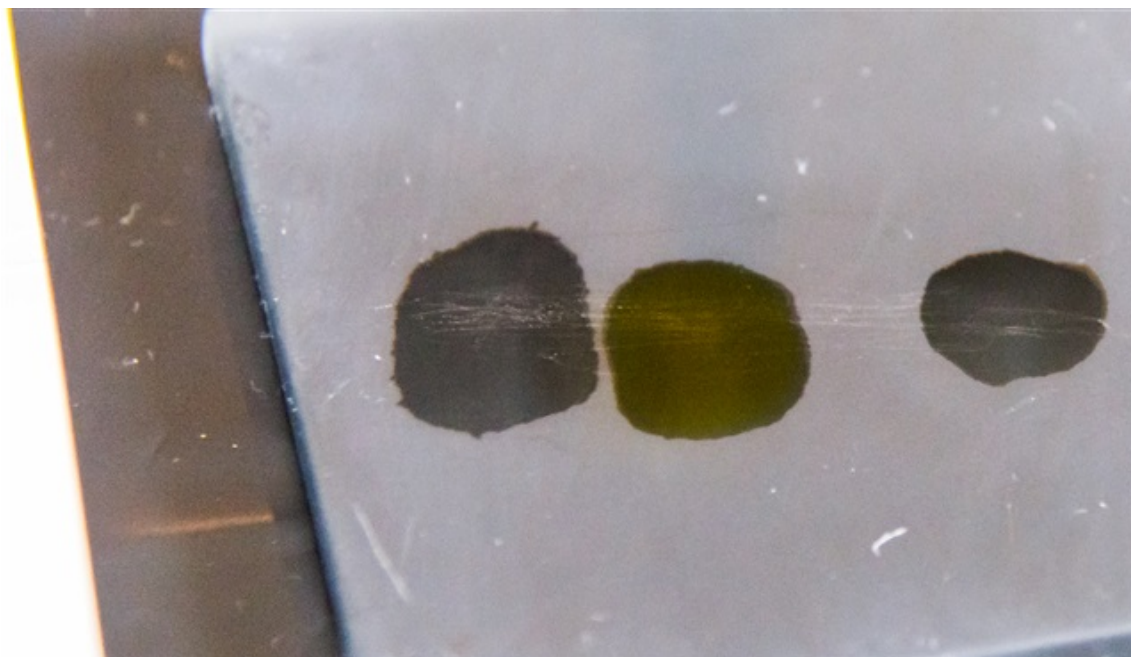
Процедура проста. Сначала по дощечке проводим черту из исследуемого материала. Затем капаем на неё из разных бутылочек и смотрим на растворяемость и цвет раствора. Возможности у бутылочек такие:



Как и в прошлый раз, сначала я потренировался на стерлинговом серебре, в котором 7.5% меди. В левом пятне изменения цвета не произошло. В правом черта растворилась, окрасившись красно-рыжим:



Примерно как и ожидалось. Похоже, бутылочки работают. Пора переходить к основному кольцу:



[Обратите внимание -- след очень тонкий, и это нам ещё отдельно пригодится]

Ни растворения, ни изменения цвета ни в одной из кислот не замечено. Вывод: как минимум в поверхности кольца нет значимых количеств никеля, олова, свинца, серебра, палладия, и ещё примерно 40 элементов, на бумажке не упомянутых, но в азотной кислоте растворяющихся. Фактически, белых металлов, проходящих описанный тест, меньше, чем пальцев на руках: это рутений, родий, (возможно) рений, ну и "благородная тройка": осмий, иридий, платина.

Стоимость теста: \$20; сложность: 7 класс школы; длительность: 30 минут; надёжность: средняя. Требуется опытности, проверяет лишь верхние 1-2 микрометра материала кольца, оценка результата отчасти субъективна.

4. Твёрдость

Даже без острых краёв кольцо уверенно крошит флюорит с твёрдостью 4.0 по шкале Мооса [70]. Значит, его твёрдость существенно выше.

На шершавой пластинке для кислотного теста оно едва-едва оставляет тонюсенький металлический след, царапая больше стекло (твёрдость ~5.5 [70]), чем себя.

Наконец, образец иридия с твёрдостью 6.5 [80] на пластинке металлического следа не оставляет вовсе.

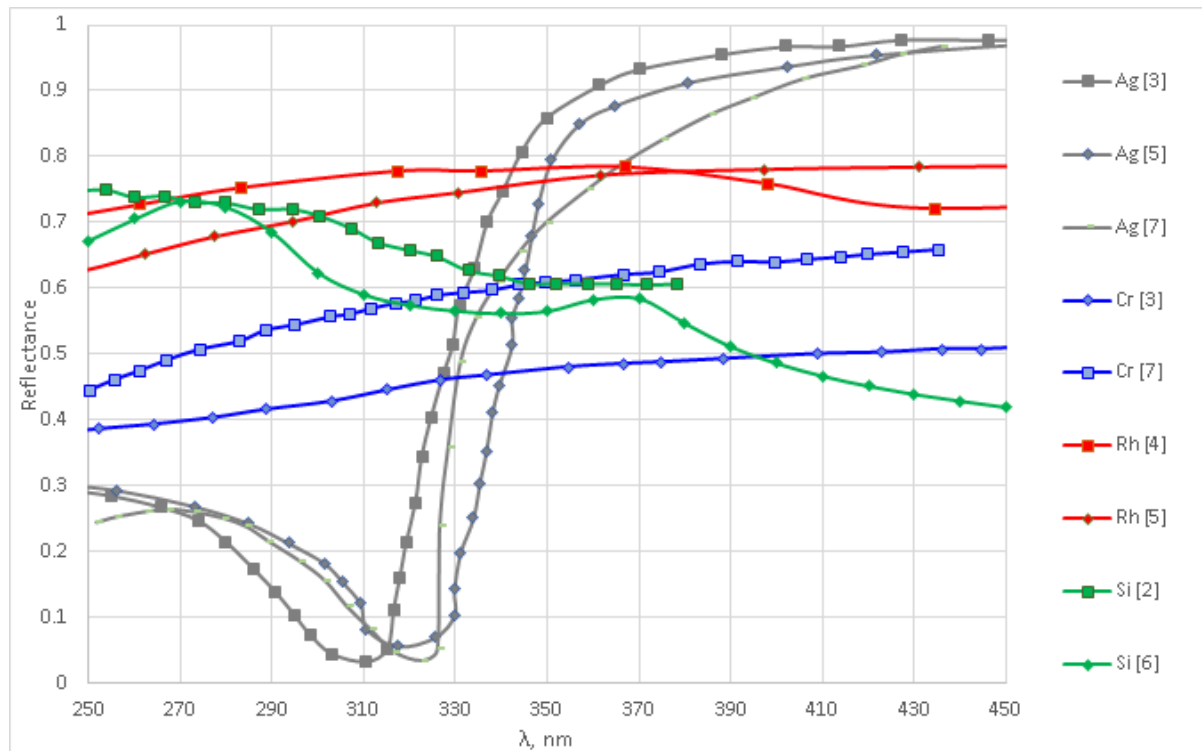
Из этих наблюдений следует, что твёрдость материала кольца достоверно заключена между 4.0 и 6.5 и, скорее всего, составляет 5.5 ± 0.5 . Что "стыкуется" со справочной твёрдостью родия в 6.0 ([80])

Стоимость теста: \$0-\$200 в зависимости от набора доступных к царапанию предметов; сложность: 4 класс школы; длительность: 5 минут; надёжность: средняя.

5. Ультрафиолетовая отражательная способность

Тест экзотический и не слишком сильный, но раз захотелось побаловаться, то почему бы и нет?

В видимом свете родий, как и большинство металлов, отражает одинаково почти все длины волн. Ситуация меняется при переходе к ультрафиолету. В диапазоне 200-400 нм. многие металлы начинают демонстрировать некоторое подобие ультрафиолетовой "окрашенности":



(Данные из источников [83], [82], [84], [85], [86], [87])

Чтобы заметить эту "окраску", необходимы:

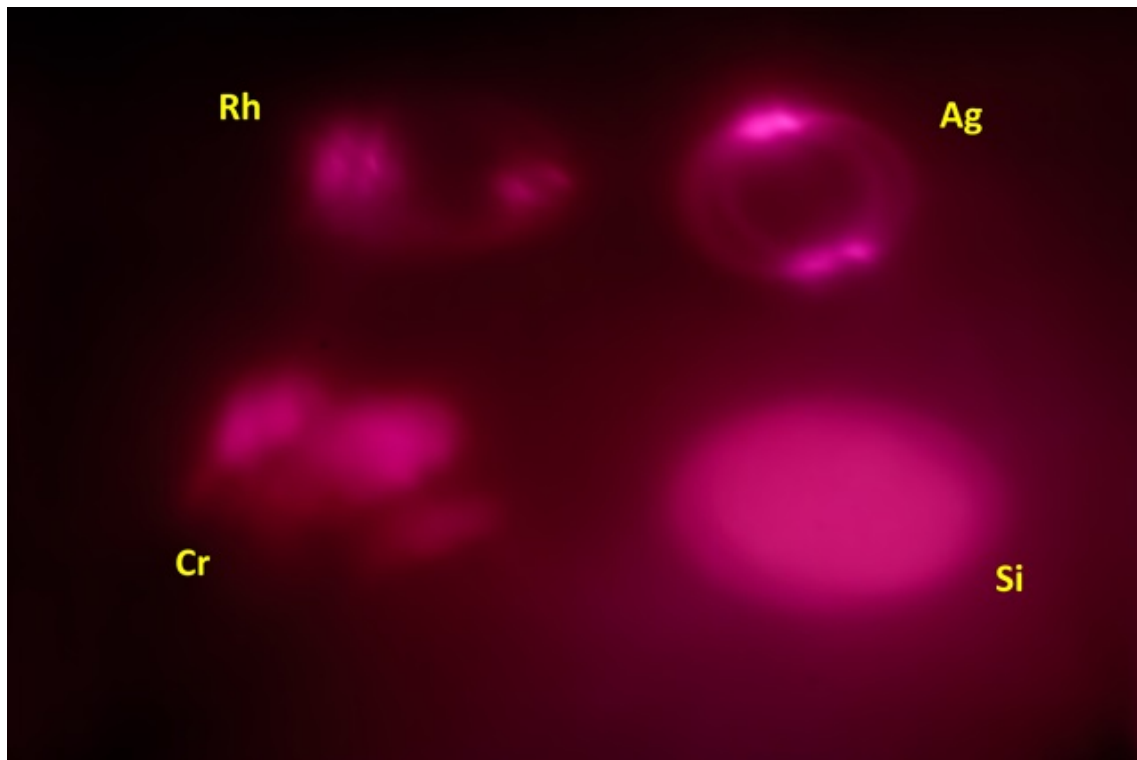
- а) Цифровая камера без внутренних ИК/УФ-фильтров, чувствительная к ультрафиолету 250-400 нм.
- б) Камера-обскура -- ибо сквозь стекло УФ короче ~ 350 нм не проходит.
- в) Светофильтр LUV-2 или аналог, пропускающий только ультрафиолет в диапазоне 315-390 нм [90, 91].

Зверюшка получилась почти слепая:



Разрешение 80 на 120 точек, светочувствительность ниже "нормальной" камеры порядков аж на пять. Но! Зато ультрафиолет нужного нам диапазона она видит. Что и требовалось. Так что берём и фотографируем ею четыре образца при полуденном солнечном свете:

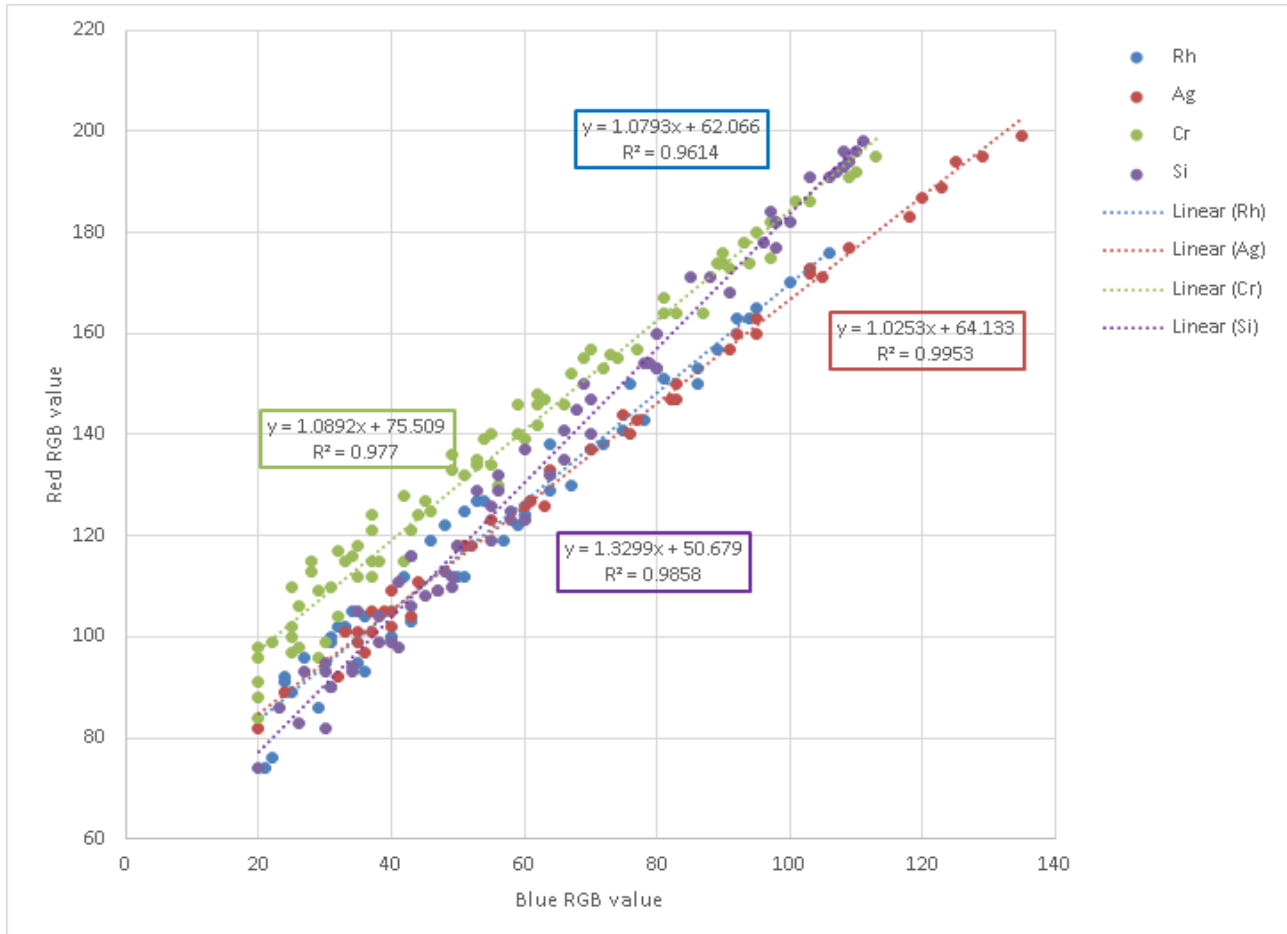
- а) Серебро, с "провалом" от длинноволнового УФ к коротковолновому
- б) Хром с более-менее плоским УФ спектром
- в) Кремний, интересный тем, что как раз на коротком УФ он отражает лучше, чем на длинном
- г) Родий -- как неизвестный образец, который надо качественно сравнить с перечисленными тремя



Цветовое зрение Найкона в УФ "перевернуто". В диапазоне $\sim 320-400$ нм синие элементы видят ближний, более длинноволновой УФ, а красные -- более далёкий и коротковолновой [\[100\]](#). Если сфотографировать такой

камерой металл с "провалом" в отражающей способности в более далёком УФ, то он получится немножко "синее", чем металл без провала. На этом и основан сравнительный анализ.

По кадру для каждого образца строим график силы красного сигнала в зависимости от силы синего. По полученным точкам проводим линию. Чем выше наклон линии, тем выше "горб" отражательной способности в коротковолновом УФ. В нашем случае результаты получились такие:



Хотя разница в глаза не особо бросается, линии имеют измеримо разные наклоны, расположенные в следующем порядке:

- а) Кремний: 1.33
- б) Хром: 1.09
- в) Материал кольца: 1.08
- н) Серебро: 1.03

Этот порядок, равно как и близость наклонов у хрома и у кольца, во всяком случае не противоречат тому, что кольцо состоит именно из родия.

Стоимость теста: \$600-900; сложность: лабораторная работа за 1 курс; длительность: 3 часа; надёжность: невысокая.

6. Радиоактивность

Измерена той же камерой со снятым светофильтром, в режиме рентгеновского фотоаппарата с длинной выдержкой.



Результат -- кольцо "светится" не сильнее, чем 10-кратный фон. Что, в общем, и так ожидалось, но спокойнее подтвердить.

7. Электропроводность

Тест придумался уже при написании этого текста.

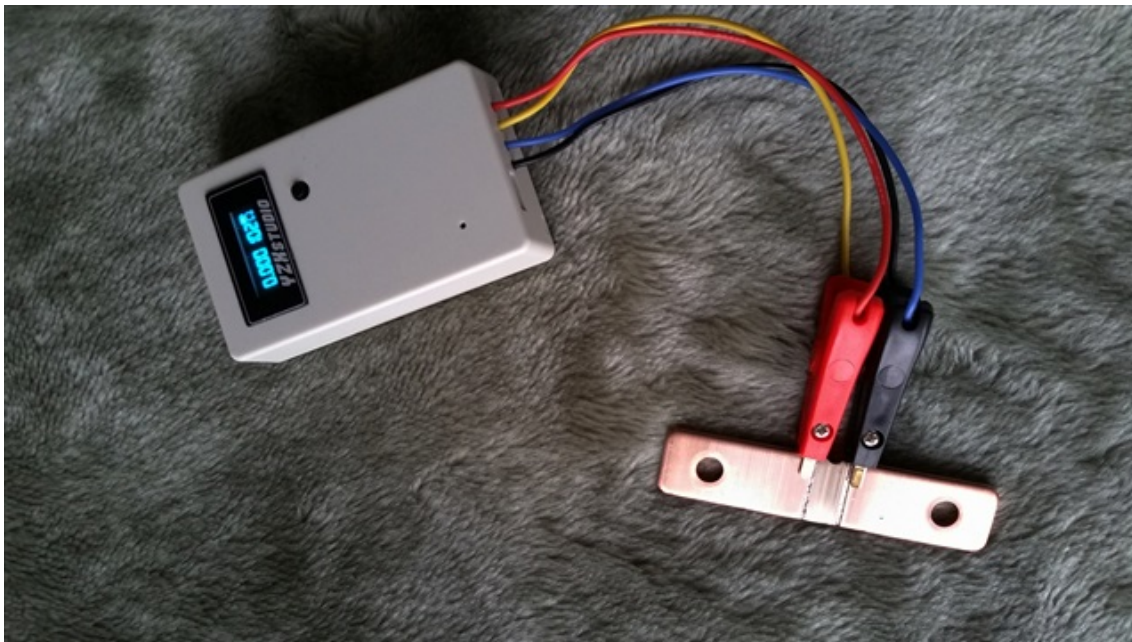
Основываясь на данных из первого теста об объёме кольца, и применяя несложную школьную физику, можно подсчитать, что электрическое сопротивление родиевого кольца данных размеров, взятое через диаметр "от края до края", составляет 73 ± 5 микроОм. Эта величина вполне измерима современными приборами, что позволяет количественно исследовать состав изделия ещё одним независимым способом.

Сначала я попытался найти микрометр в какой-нибудь местной лаборатории, ибо цена прибора на рынке начинается от \$1500. Но из четырёх организаций, в которые я написал, три мне не сооблаговостили ответить вообще, а в четвёртой микрометра не оказалось.

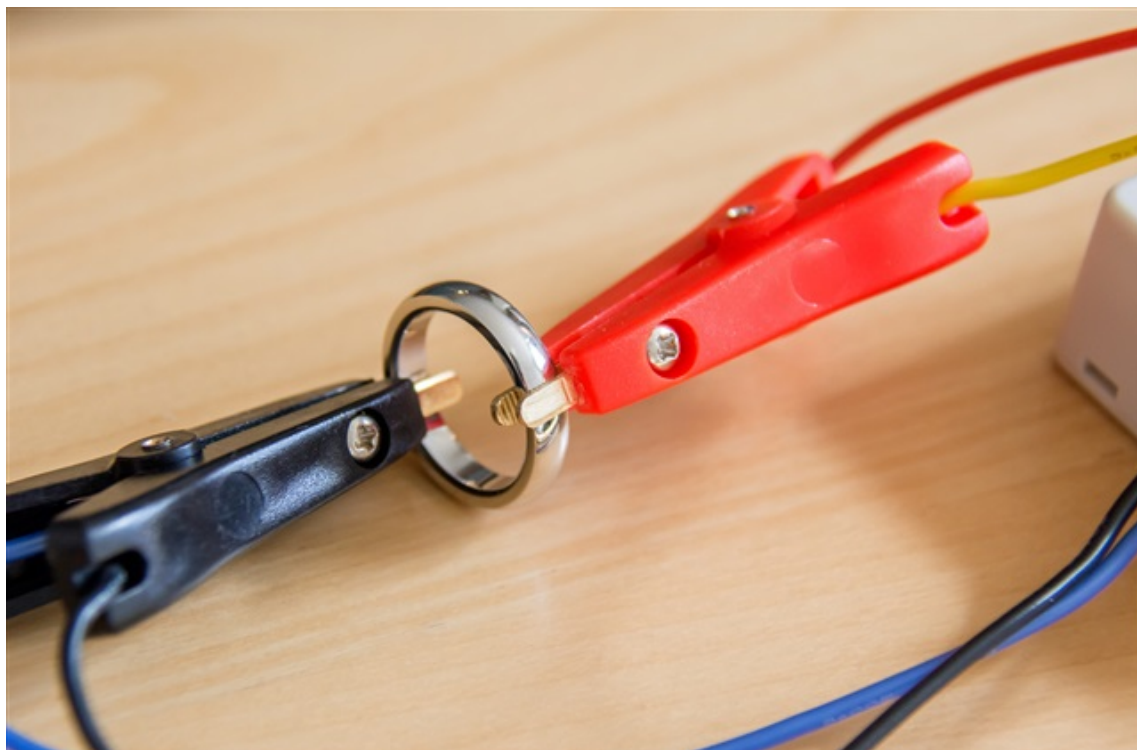
В итоге пришлось купить китайский, за \$62. Замечательное устройство, одна проблема: инструкция на китайском. Пока разобрался, как на нём ноль выставлять, пару дней потратил:

<p>本机配件： 主机]各。 按求达的" 主机为螺丝接线柱方式接线。</p> <p>本机参数： 测量量程：mn</p> <p>测量误差：± (n. 5%读数+5个字) 分辨率：1p重之 测试电流 = 0-100mA 测试电压：超15-' 参数显示：7位数字显示 (0-9.999.999) 供电电流 = 5-500mA MichSB 接口 外形尺寸 = 85*50*21mm 读取周期：约4次每秒，每0秒稳定读数 连续使用时间 大于 15小时</p> <p>可选开尔文测试夹或测试探针。</p> <p>使用方法： 屏幕下方接口从左边按 ABCD, AD 为电流 脚, B (亡)为检测脚。 长按键, 短按开机, 开机后短按等, 长按 关机。 测小电阻 (小于) 微欧) 建议归零后再测。 正确归零方法 = 接口按 DACB (如果黄色) 键序叠放并确保持续良好, 每次稳定后长 按短按归零。 G 字面上的电池图标为本机内置电池电 量, 持续低电量至消失说明已低电量请尽快 充电。 标准 michSB 口充电, 充电时灯亮, 充满 灯灭自停。 此仪表只能测不带电的纯电阻' 不能测电 池!</p>	<p>The machine parts: Host] units, Demand = optional screw terminals wiring to the host.</p> <p>The machine parameters: Measuring range: mn</p> <p>Measurement error: Soil [n.5% of reading + 5 words) Differentiate slaughter: 1p weight 2 Guillotine test current = 0-100mA Guillotine test voltage: 15 Legs dian ' Significant parameters diaphragm 7 digital display (0 to 9.999.999) Supply current = 5 dian '500mA MichSB Interface Dimensions = 85 * 50 * 21mm Reading induced cycle: approximately four times a second paste 0 seconds stable reading. Reed more than 15 hours of continuous use</p> <p>Cho selected kelvin test clip or test probes,</p> <p>Instructions: Interface power below the screen from the left ABCD, AD is the current Foot, B (death for the detection of foot. Single button press boot, the boot-zero short press, long press Shutdown. Measure low resistance (less than) 80 Europe> Suggestions zero before measuring. Interface correct zeroing = [Press DACB red and black yellow and blue) After stacking order and ensure good contact, and so the reading is stable long Press the button to zero. G and character above the battery icon native heavy battery The amount of bars to shorten until it disappears legend had no power as soon as possible charge. Standard michSB charging port, charging lights, full Lights out from the stop. This instrument can only guillotine uncharged pure resistance 'can not be startling power Pool!</p>
--	---

Дабы откалибровать и проверить устройство, я купил медной проволоки и эталонный шунт на 100 микроом. Убедился: меряет правильно. Сигнал, правда, "гуляет" на 2-5 микроом, видимо, от неточечности контактов, но за 60 баксов этому коню столь близко в зубы я смотреть не собирался.



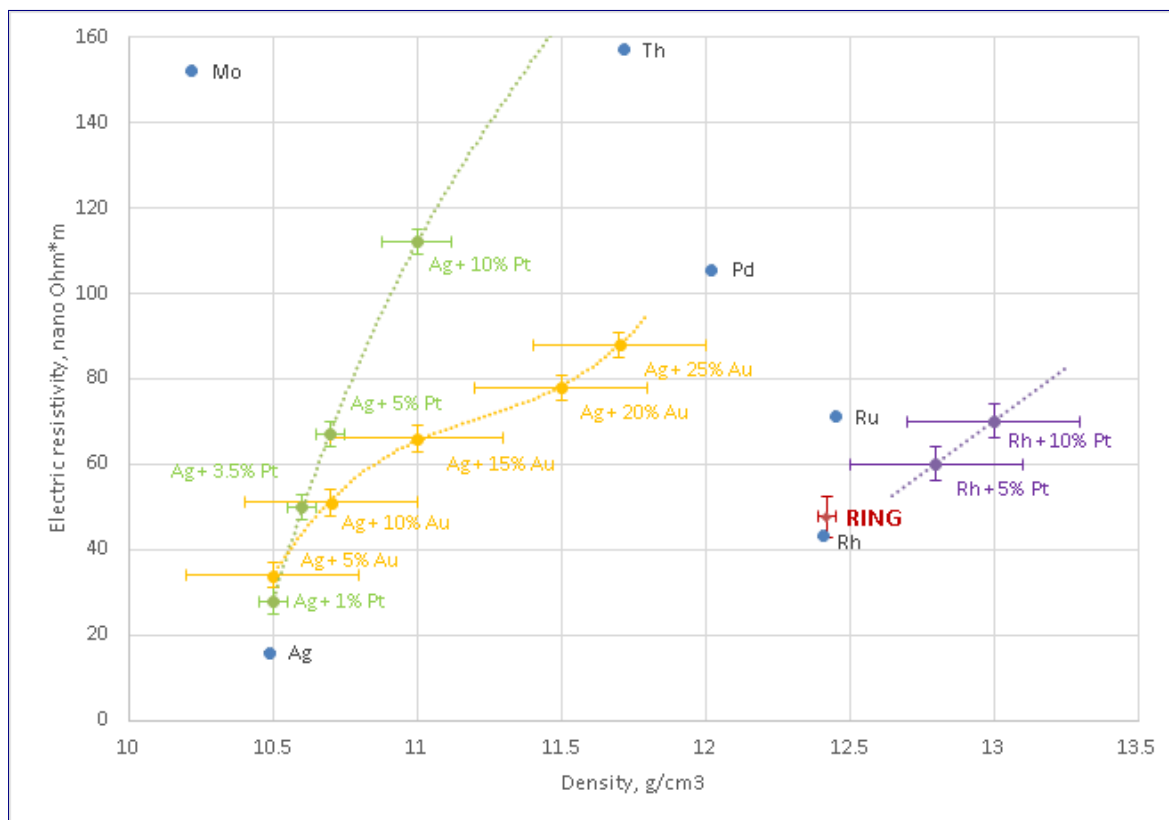
Теперь можно было браться за родиевое кольцо:



Ожидалось: 73 ± 5 микроОм

Получено: 81 ± 7 микроОм

Несмотря на совпадение "впритирку", эти результаты с огромной достоверностью соответствуют именно родию, просто из-за отсутствия сколько-нибудь поблизости других веществ с таким сопротивлением при заданной плотности. В подтверждение привожу картинку "плотность-сопротивление" для кольца и ряда мыслимых альтернатив его материала:



На этом -- всё!

===

Text Author(s): Eugene Bobukh === Web is volatile. Files are permanent. **Get a copy:** [[PDF](#)] [[Zipped HTML](#)]
=== **Full list of texts:** <http://tung-sten.no-ip.com/Shelf/All.htm>] === **All texts as a Zip archive:**
<http://tung-sten.no-ip.com/Shelf/All.zip>] [mirror: <https://1drv.ms/u/s!AhyC4Qz62r5BhO9Xopn1yxWMsxtaOQ?e=b1KSiI>]
=== **Contact the author:** h o t m a i l (switch name and domain) e u g e n e b o (dot) c o m === **Support**
the author: 1. **PayPal** to the address above; 2. **BTC:** 1DAptzi8J5qCaM45DUEYXmAuiyGPG3pLbT; 3. **ETH:**
0xbDf6F8969674D05cb46ec75397a4F3B8581d8491; 4. **LTC:** LKtdnrau7Eb8wbRERasvJst6qGvTDPbHcN; 5. **XRP:**
ranvPv13zqmUsQPgazwKkWCEaYecjYxN7z === **Visit other outlets:** Telegram channel <http://t.me/eugeneboList>,
my site www.bobukh.com, Habr <https://habr.com/ru/users/eugenebo/posts/>, Medium <https://eugenebo.medium.com/>,
Wordpress <http://eugenebo.wordpress.com/>, LinkedIn <https://www.linkedin.com/in/eugenebo>, ЖЖ
<https://eugenebo.livejournal.com>, Facebook <https://www.facebook.com/EugeneBo>, SteemIt
<https://steemit.com/@eugenebo>, MSDN Blog https://docs.microsoft.com/en-us/archive/blogs/eugene_bobukh/ ===
License: Creative Commons BY-NC (no commercial use, retain this footer and attribute the author; otherwise, use as you
want); === **RSA Public Key Token:** 33eda1770f509534. === **Contact info** relevant as of 7/15/2022.

===