

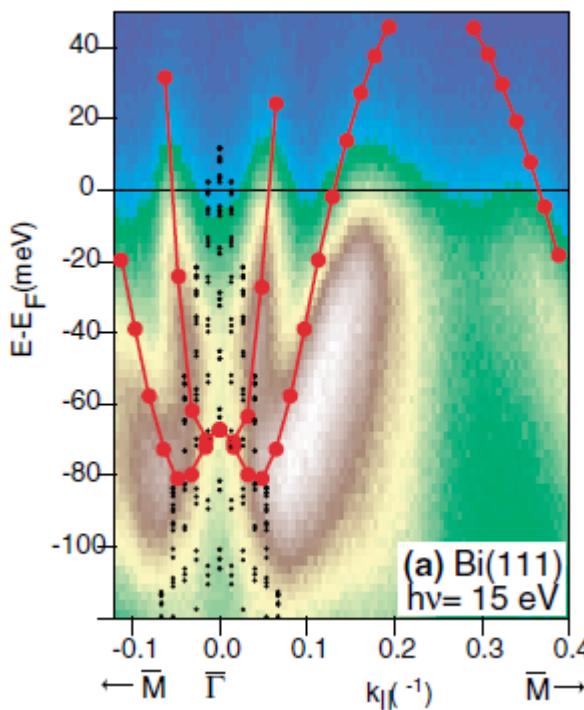


## 7.1 RE energy: Bi(111) vs Au(111)

The RE band splitting has been measured on Bi(111) as reported in the figure below.

- 1) Evaluate the RE energy  $E_R$
- 2) Compare the Bi(111) surface ( $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^3$ ) with the case of Au(111) shown in the lecture ( $[\text{Xe}] 5d^{10} 6s^1$ ) .

Are the splitting the same? Is there a correlation between  $E_R$  and the work function (i.e. the potential one needs to overcome to extract an electron from a given material)? Comment



<sup>1</sup> H	13.598	<sup>2</sup> He	24.58
0.7542		-0.22	
<sup>3</sup> Li	9.32	<sup>3</sup> He	21.56
5.39	4.98	<sup>4</sup> He	
2.9	-0.19	<sup>5</sup> Be	
0.6182		<sup>6</sup> B	11.26
<sup>7</sup> Na	12Mg	<sup>7</sup> C	5.0
5.14	7.64	<sup>8</sup> N	14.54
2.75	3.66	<sup>9</sup> O	13.61
0.5479	-0.22	<sup>10</sup> F	17.42
<sup>11</sup> Ne		<sup>11</sup> S	21.56
24.58		<sup>12</sup> Cl	
-0.22		<sup>13</sup> Ar	15.76
<sup>14</sup> K	<sup>20</sup> Ca	<sup>14</sup> C	
4.34	6.11	<sup>15</sup> Si	
2.30	6.56	<sup>16</sup> P	
0.5015	6.83	<sup>17</sup> S	
<sup>15</sup> Rb	<sup>21</sup> Sc	<sup>18</sup> O	
4.18	6.38	<sup>19</sup> F	
2.16	6.95	<sup>20</sup> Ne	
0.4859	6.88	<sup>21</sup> Ar	
<sup>16</sup> Sr	<sup>22</sup> Ti	<sup>22</sup> Na	
4.18	6.74	<sup>23</sup> V	
2.16	6.76	<sup>24</sup> Cr	
0.4859	7.43	<sup>25</sup> Mn	
<sup>17</sup> Y	<sup>26</sup> Fe	<sup>26</sup> Co	
4.18	7.90	<sup>27</sup> Co	
2.16	7.86	<sup>28</sup> Ni	
0.4859	7.63	<sup>29</sup> Cu	
<sup>18</sup> Zr	<sup>30</sup> Zn	<sup>31</sup> Ga	
4.18	7.72	<sup>32</sup> Ge	
2.16	7.76	<sup>33</sup> As	
0.4859	7.74	<sup>34</sup> Se	
<sup>19</sup> Nb	<sup>41</sup> Tc	<sup>35</sup> Br	
4.18	7.18	<sup>36</sup> Kr	
2.16	4.6	<sup>37</sup> Ar	
0.4859	4.71	<sup>38</sup> Xe	
<sup>20</sup> Mo	<sup>44</sup> Ru	<sup>39</sup> Kr	
4.18	7.28	<sup>40</sup> Rb	
2.16	7.46	<sup>41</sup> Ca	
0.4859	8.343	<sup>42</sup> Sc	
<sup>21</sup> Tc	<sup>45</sup> Rh	<sup>43</sup> Sc	
4.18	7.36	<sup>44</sup> Pd	
2.16	4.98	<sup>45</sup> Ag	
0.4859	5.12	<sup>46</sup> Cd	
<sup>22</sup> Fe	<sup>47</sup> Rh	<sup>47</sup> Ag	
4.18	4.5	<sup>48</sup> Cd	
2.16	5.0	<sup>49</sup> Sn	
0.4859	5.15	<sup>50</sup> Sb	
<sup>23</sup> Cr	<sup>51</sup> Mn	<sup>51</sup> Te	
4.18	4.5	<sup>52</sup> Te	
2.16	4.1	<sup>53</sup> I	
0.4859	4.5	<sup>54</sup> Xe	
<sup>24</sup> Mn	<sup>54</sup> Fe	<sup>55</sup> At	
4.18	5.0	<sup>56</sup> Rn	
2.16	5.1	<sup>57</sup> Rb	
0.4859	5.15	<sup>58</sup> Fr	
<sup>25</sup> Fe	<sup>55</sup> Co	<sup>59</sup> Rb	
4.18	5.1	<sup>60</sup> Rb	
2.16	4.9	<sup>61</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>62</sup> Fr	
<sup>26</sup> Co	<sup>56</sup> Ni	<sup>63</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>64</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>65</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>66</sup> Fr	
<sup>27</sup> Co	<sup>57</sup> Ni	<sup>67</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>68</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>69</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>70</sup> Fr	
<sup>28</sup> Ni	<sup>58</sup> Cu	<sup>71</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>72</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>73</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>74</sup> Fr	
<sup>29</sup> Cu	<sup>59</sup> Fe	<sup>75</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>76</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>77</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>78</sup> Fr	
<sup>30</sup> Zn	<sup>60</sup> Fe	<sup>79</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>80</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>81</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>82</sup> Fr	
<sup>31</sup> Ga	<sup>61</sup> Fe	<sup>83</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>84</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>85</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>86</sup> Fr	
<sup>32</sup> Ge	<sup>62</sup> Fe	<sup>87</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>88</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>89</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>90</sup> Fr	
<sup>33</sup> As	<sup>63</sup> Fe	<sup>91</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>92</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>93</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>94</sup> Fr	
<sup>34</sup> Se	<sup>64</sup> Fe	<sup>95</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>96</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>97</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>98</sup> Fr	
<sup>35</sup> Br	<sup>65</sup> Fe	<sup>99</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>100</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>101</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>102</sup> Fr	
<sup>36</sup> Kr	<sup>66</sup> Fe	<sup>103</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>104</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>105</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>106</sup> Fr	
<sup>37</sup> Xe	<sup>67</sup> Fe	<sup>107</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>108</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>109</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>110</sup> Fr	
<sup>38</sup> Rb	<sup>68</sup> Fe	<sup>111</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>112</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>113</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>114</sup> Fr	
<sup>39</sup> Rb	<sup>69</sup> Fe	<sup>115</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>116</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>117</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>118</sup> Fr	
<sup>40</sup> Rb	<sup>70</sup> Fe	<sup>119</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>120</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>121</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>122</sup> Fr	
<sup>41</sup> Fr	<sup>71</sup> Fe	<sup>123</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>124</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>125</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>126</sup> Fr	
<sup>42</sup> Fr	<sup>72</sup> Fe	<sup>127</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>128</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>129</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>130</sup> Fr	
<sup>43</sup> Fr	<sup>73</sup> Fe	<sup>131</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>132</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>133</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>134</sup> Fr	
<sup>44</sup> Fr	<sup>74</sup> Fe	<sup>135</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>136</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>137</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>138</sup> Fr	
<sup>45</sup> Fr	<sup>75</sup> Fe	<sup>139</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>140</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>141</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>142</sup> Fr	
<sup>46</sup> Fr	<sup>76</sup> Fe	<sup>143</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>144</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>145</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>146</sup> Fr	
<sup>47</sup> Fr	<sup>77</sup> Fe	<sup>147</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>148</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>149</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>150</sup> Fr	
<sup>48</sup> Fr	<sup>78</sup> Fe	<sup>151</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>152</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>153</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>154</sup> Fr	
<sup>49</sup> Fr	<sup>79</sup> Fe	<sup>155</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>156</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>157</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>158</sup> Fr	
<sup>50</sup> Fr	<sup>80</sup> Fe	<sup>159</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>160</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>161</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>162</sup> Fr	
<sup>51</sup> Fr	<sup>81</sup> Fe	<sup>163</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>164</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>165</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>166</sup> Fr	
<sup>52</sup> Fr	<sup>82</sup> Fe	<sup>167</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>168</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>169</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>170</sup> Fr	
<sup>53</sup> Fr	<sup>83</sup> Fe	<sup>171</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>172</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>173</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>174</sup> Fr	
<sup>54</sup> Fr	<sup>84</sup> Fe	<sup>175</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>176</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>177</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>178</sup> Fr	
<sup>55</sup> Fr	<sup>85</sup> Fe	<sup>179</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>180</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>181</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>182</sup> Fr	
<sup>56</sup> Fr	<sup>86</sup> Fe	<sup>183</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>184</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>185</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>186</sup> Fr	
<sup>57</sup> Fr	<sup>87</sup> Fe	<sup>187</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>188</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>189</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>190</sup> Fr	
<sup>58</sup> Fr	<sup>88</sup> Fe	<sup>191</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>192</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>193</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>194</sup> Fr	
<sup>59</sup> Fr	<sup>89</sup> Fe	<sup>195</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>196</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>197</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>198</sup> Fr	
<sup>60</sup> Fr	<sup>90</sup> Fe	<sup>199</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>200</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>201</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>202</sup> Fr	
<sup>61</sup> Fr	<sup>91</sup> Fe	<sup>203</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>204</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>205</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>206</sup> Fr	
<sup>62</sup> Fr	<sup>92</sup> Fe	<sup>207</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>208</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>209</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>210</sup> Fr	
<sup>63</sup> Fr	<sup>93</sup> Fe	<sup>211</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>212</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>213</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>214</sup> Fr	
<sup>64</sup> Fr	<sup>94</sup> Fe	<sup>215</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>216</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>217</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>218</sup> Fr	
<sup>65</sup> Fr	<sup>95</sup> Fe	<sup>219</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>220</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>221</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>222</sup> Fr	
<sup>66</sup> Fr	<sup>96</sup> Fe	<sup>223</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>224</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>225</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>226</sup> Fr	
<sup>67</sup> Fr	<sup>97</sup> Fe	<sup>227</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>228</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>229</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>230</sup> Fr	
<sup>68</sup> Fr	<sup>98</sup> Fe	<sup>231</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>232</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>233</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>234</sup> Fr	
<sup>69</sup> Fr	<sup>99</sup> Fe	<sup>235</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>236</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>237</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>238</sup> Fr	
<sup>70</sup> Fr	<sup>100</sup> Fe	<sup>239</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>240</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>241</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>242</sup> Fr	
<sup>71</sup> Fr	<sup>101</sup> Fe	<sup>243</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>244</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>245</sup> Fr	
0.4859	5.1	<sup>246</sup> Fr	
<sup>72</sup> Fr	<sup>102</sup> Fe	<sup>247</sup> Fr	
4.18	5.1	<sup>248</sup> Fr	
2.16	4.9	<sup>249</sup> Fr	



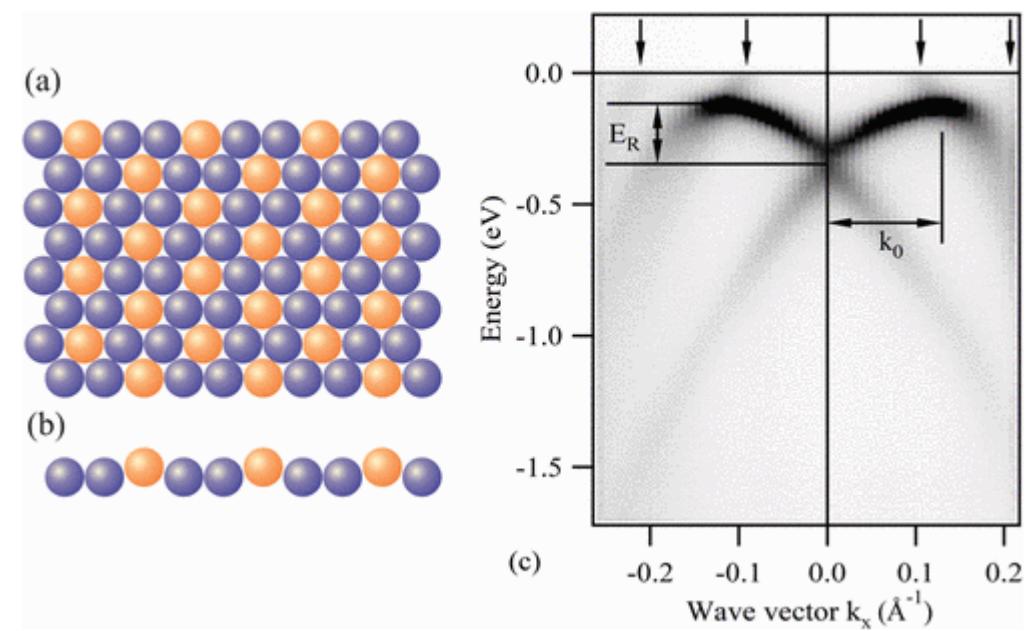
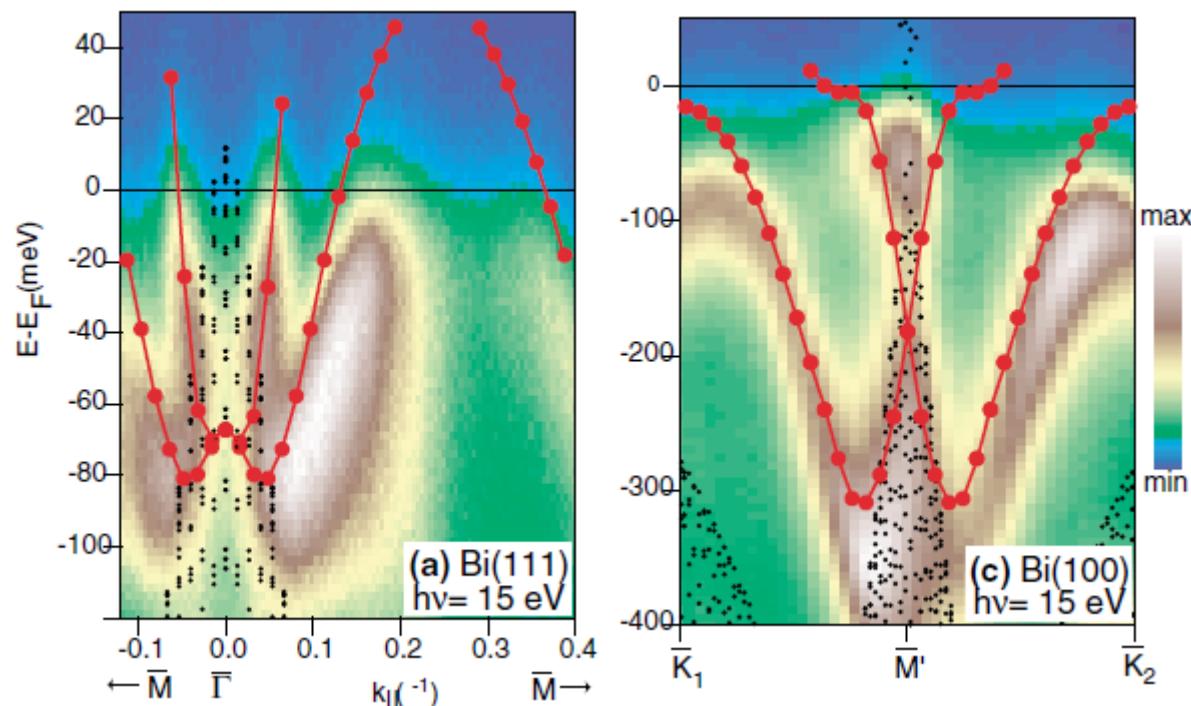
- 1)  $E_R$  is about 17 meV for Bi(111)
- 2) In the case of Au(111)  $E_R$  is about 2 meV i.e about 10 times smaller. The work function of Bi (4.22 eV) is smaller than the one of Au (5.1 eV). On the other end both Bi (Z=83) and Au (Z=79) are heavy metals with similar SOC. This big difference suggests that the Rashba effect is very sensitive to the detail of the local atomic potential



## 7.2 RE energy on Bi surfaces

The RE band splitting has been measured on different Bi surfaces as reported in the figures below.

- 1) Evaluate the RE energy  $E_R$  for the different samples
- 2) Compare the different Bi surfaces: are the splitting the same? comment





- 1)  $E_R$  is 17 meV for Bi(111), 130 meV for Bi(100) and 250 meV for the AgBi alloy
- 2) The big difference observed between the three Bi surface demonstrates that the Rashba effect is very sensitive to potential gradient in z direction but also in the x-y plane