

電子鼻：太赫茲頻譜於蛋白質遠端偵測

Electronic nose: Terahertz spectrum for remote detection of proteins

組別：B131

組員：陳柏臻

指導教授：楊尚樺

INTRODUCTION

假如有天，拿到一個未知物質，想要了解該物質的組成，但又不敢直接碰觸到它，擔心可能會有毒，也不敢拿去X光下去檢驗其化學組成，怕因為剛能量的光波會破壞其組成，那該如何分析其化學組成呢？

如今，太赫茲技術已趨近純熟，因為太赫茲波的高穿透性及非侵入性，這個物質可以透過太赫茲光譜分析出它的化學組成，我的研究就是分析太赫茲光譜，並找出特定蛋白質獨有的「指紋」，進而知道未知物質的內部化學組成。

原理及系統設計

1. 原理：

許多有機大分子，例如醣類或蛋白質，其震動或轉動的頻率大多在太赫茲波段，因此在太赫茲波段，可以透過待測物表現出在特徵波段有明顯的吸收峰，進而分析出待測物的組成及濃度(液態)或厚度(固態)。利用吸收係數公式，可以從光譜圖中得知，待測物在何種頻率下有強烈吸收峰，進而判斷待測物的組成成分為何。圖1為乳糖的吸收係數，可以觀察到其在32GHz及100GHz附近，有強烈的吸收峰。

$$\text{吸收係數 } \alpha = -2 * \frac{\ln\left(\frac{\text{sample}}{\text{reference}}\right)}{d}$$

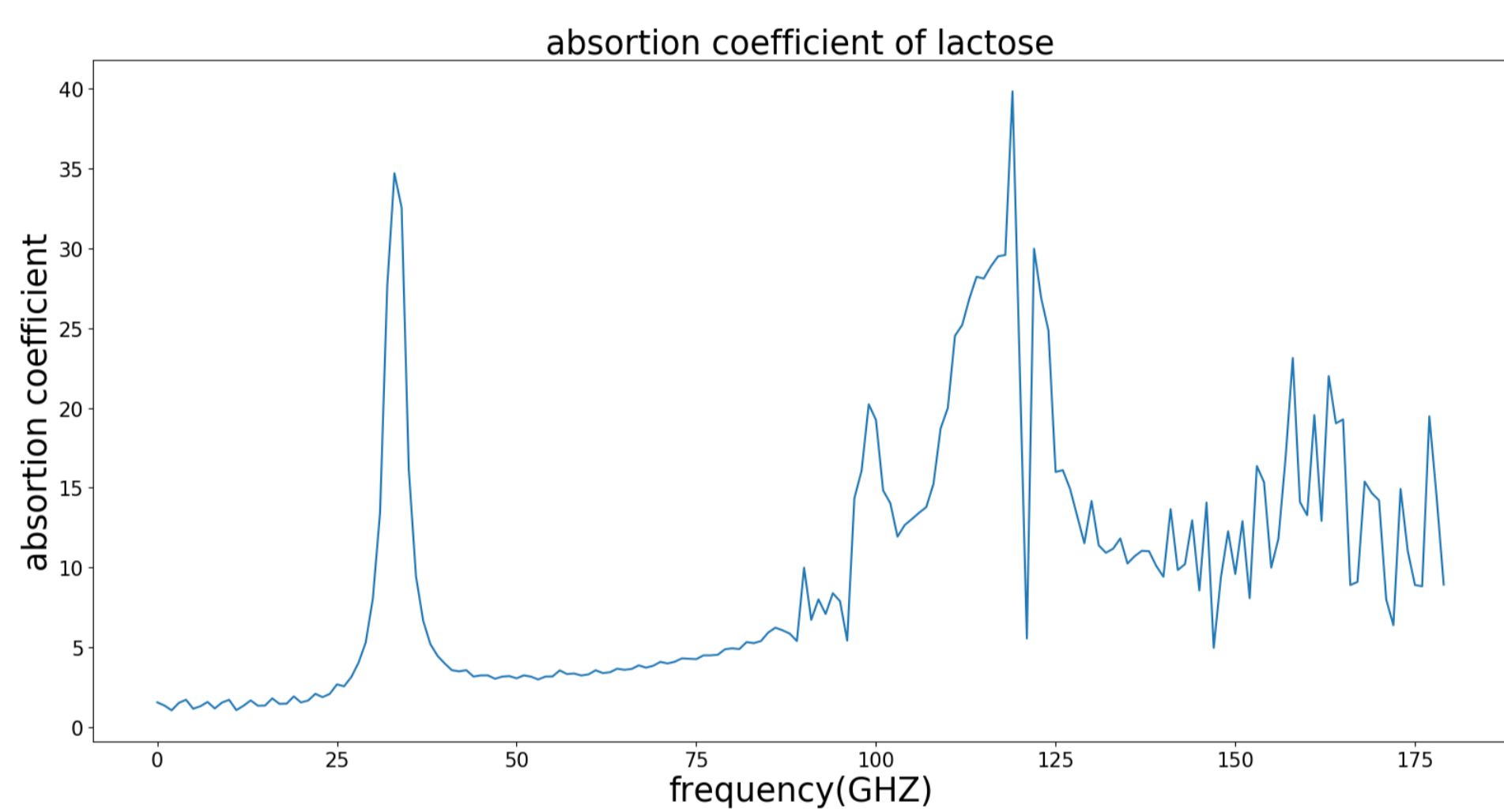


圖1. 乳糖在太赫茲頻段下的吸收係數

2. 系統設計：

我選用來量測的蛋白質為牛血清白蛋白(BSA)，因為其便宜易取得，加上很多論文研究BSA，對於結果分析也會比較容易，並分別量測三種不同濃度的BSA。

我使用的來量測的系統是YRG實驗室的Toptica系統，因為其涵蓋的頻段範圍恰好是BSA有強烈吸收峰的頻段(50GHz和800GHz)，而且此系統的SNR較高，可以稍微彌補太赫茲容易被水吸收造成的雜訊影響。圖2即是整個測量時的系統架設。

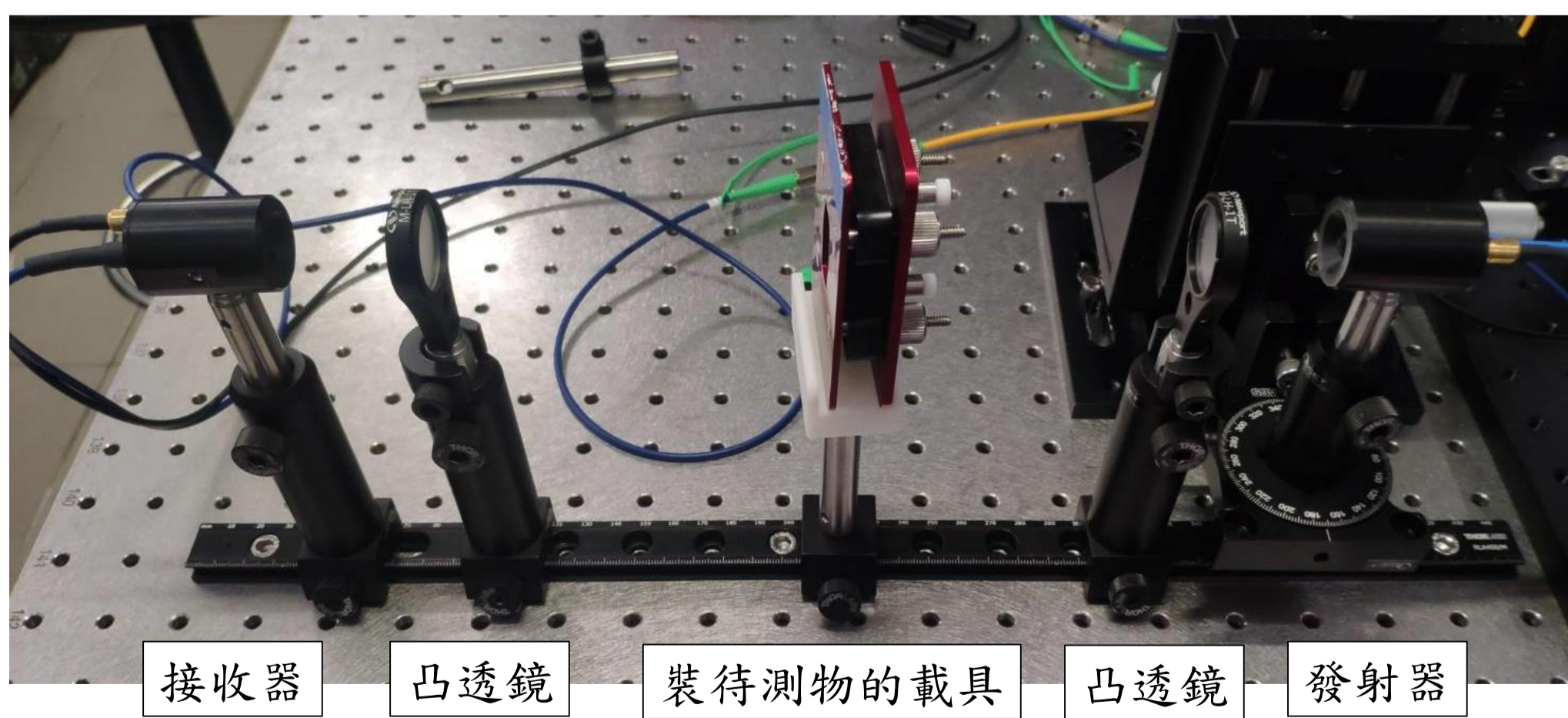


圖2. 利用Toptica系統進行蛋白質量測

結論

理論而言，BSA的太赫茲光譜在頻率大約50GHz和800GHz附近，會有明顯的吸收峰，但從圖4.(b)中得知，不但沒有此特性，而且頻譜看起來比較像一堆雜訊，沒有明顯的趨勢，反而也是上下震盪，並且這兩個頻率的頻譜，也沒有隨著牛血清白蛋白的濃度上升，有較大的吸收峰。這是因為我所使用來裝水溶液待測物的載具，中間有多層介面，依序會經過兩片厚度不可忽略的塑膠片，太赫茲光就會在介質中，經過未知次數的反射，最終才折射出塑膠片，造成光程差和太赫茲光的功率損耗，這就是Fabry-Perot Effect造成的影響，目前還在找方法改進此現象。

實驗結果

使用Toptica系統測量後，所得到的原始資料會是上下劇烈震盪如弦波的圖，這是因為Toptica系統量測時，會有建設性干涉和破壞性干涉，如圖3(a)，我採取的方法是將每20個點振幅平均，這樣可以大幅減少因為干涉現象造成的誤差，經過處理後，如圖3(b)。

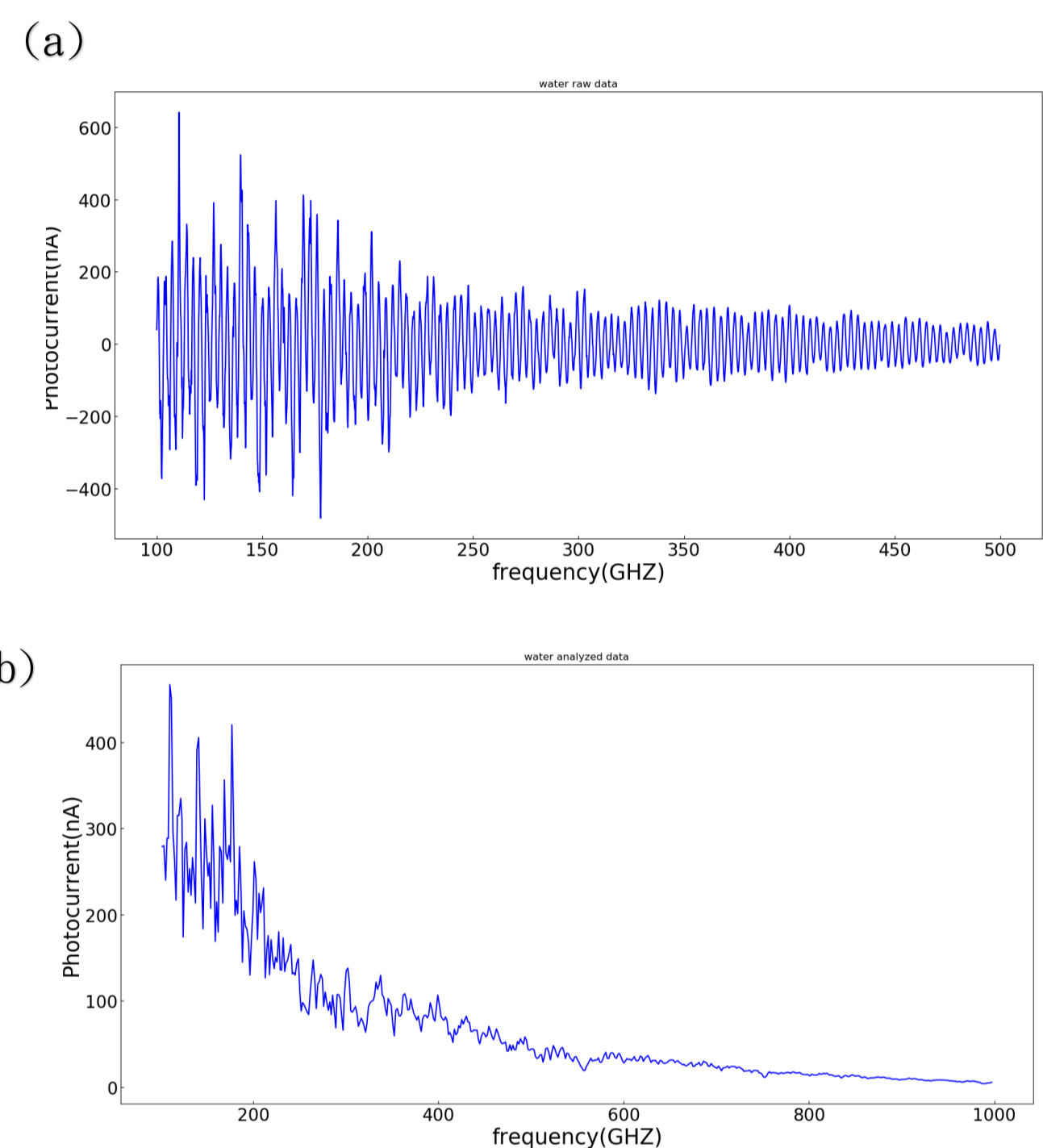


圖3. 純水經過Toptica量測後的頻譜(a)原始資料(b)經過平均處理後的頻譜

接著分別將三種不同濃度的蛋白質，分別是20mg/ml、10mg/ml和1mg/ml的BSA水溶液，使用Toptica系統測量後，由左而右顯示在圖4.(a)，並分別將其和水比較，將水當成參考，代入吸收係數公式後，得到圖4.(b)

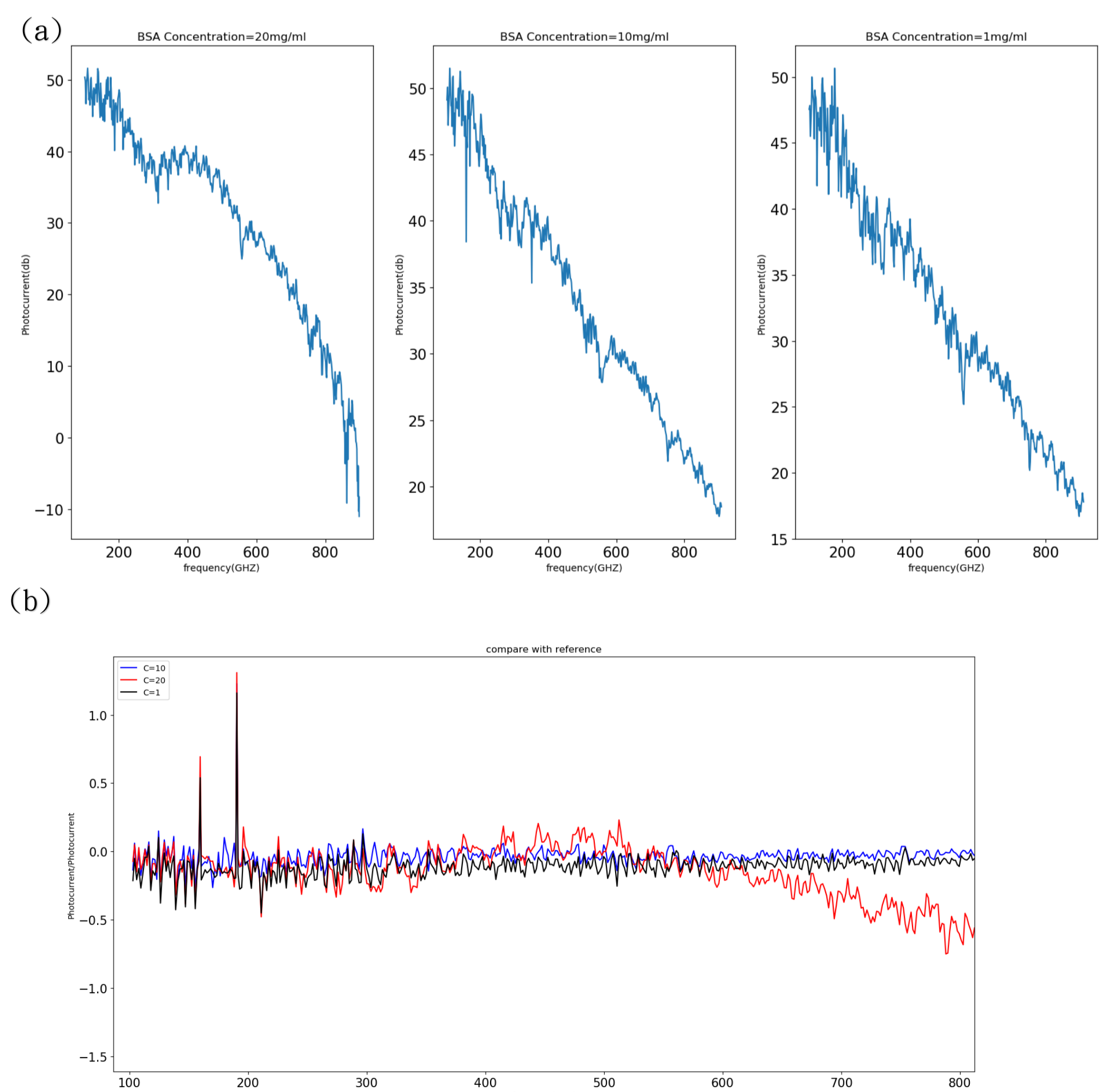


圖4. 3種濃度BSA經過Toptica量測後的頻譜(a)由左而右為濃度20、10、1mg/ml的BSA水溶液(b)將三個濃度的圖取吸收係數，紅線、藍線、黑線依序是濃度20、10、1mg/ml