การวิเคราะห์และจำแนกเพชรที่เจียระไนแล้วด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

(Non-destructive Characterization and Classification of Faceted Diamond by FT-IR Spectroscopy)

รองศาสตราจารย์ ดร. สนอง เอกสิทธิ์

หน่วยปฏิบัติการวิจัยอุปกรณ์รับรู้ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 0-2218-7585 โทรสาร 0-2254-1309 Email: Sanong.e@chula.ac.th

ดร. พิมพ์ทอง ทองนพคุณ

วิทยาลัยอัญมณี วิทยาเขตสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา 57 หมู่ 1 ถนนชลประทาน ต.โขมง อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี 22170

Email: t_pimthong@hotmail.com

ทวีศักดิ์ จันทร์ดวง

งานพัฒนาและบริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 0-2218-5511 Email: Vee_chula@hotmail.com

บทคัดย่อ

เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีเป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถใช้จำแนก ตรวจสอบ และวิเคราะห์เพชรได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากลักษณะเฉพาะของแถบการดูดกลืนแสงอินฟราเรด (ตำแหน่งและความสูง) ที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมี จึงสามารถประยุกต์ใช้เทคนิคอินฟราเรดในการจำแนกเพชรสังเคราะห์ออกจากเพชรธรรมชาติ และบ่งบอกการปรับปรุงคุณภาพของเพชรได้อย่างถูกต้อง หน่วยวิจัยอุปกรณ์รับรู้ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบความสำเร็จในการพัฒนาเทคนิคและนวัตกรรมใหม่สำหรับวิเคราะห์อัญมณีที่เจียระไนแล้วด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี โดยไม่ทำลายและไม่สร้างความเสียหายใดๆ ให้แก่เพชรและเครื่องประดับ โดยเทคนิคที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ในการวิเคราะห์เพชรที่เจียระไนแล้วและเพชรบนเครื่องประดับได้ โดยไม่ต้องถอดออกมาจากตัวเรือนเครื่องประดับ สามารถวิเคราะห์อัญมณีแต่ละเม็ดที่อยู่บนตัวเรือนเครื่องประดับที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ทำได้อย่างรวดเร็ว สามารถวิเคราะห์ได้ภายใน 2 นาที และมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ต่ำมาก ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องแม่นยำเป็นที่ยอมรับในระดับสากล เนื่องจากเป็นข้อมูลทางเคมีที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้าง ความบกพร่อง (Defect) ของโครงสร้าง และสิ่งเจือปนในเพชร

บทนำ

ปัจจุบันสินค้าอัญมณีและเครื่องประดับเป็นหนึ่งในสินค้าอุตสาหกรรมหลักของประเทศไทย เนื่องจากความต้องการ และการเติบโตของอุตสาหกรรมอัญมณีมีเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้สินค้าอัญมณีและเครื่องประดับมีมูลค่ามหาศาล ทำให้มีการทำอัญมณีเลียนแบบ และอัญมณีสังเคราะห์เพิ่มมากขึ้นตามความต้องการของตลาด เทคโนโลยีการสังเคราะห์อัญมณีและการเพิ่มคุณภาพอัญมณีธรรมชาติที่มีข้อบกพร่องหรือมีคุณภาพต่ำให้มีลักษณะที่ดีขึ้นหรือให้มีลักษณะพิเศษตามต้องการนั้นได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง อัญมณีสังเคราะห์หรืออัญมณีเลียนแบบนี้มีลักษณะทางกายภาพเหมือนหรือคล้ายกับอัญมณีจากธรรมชาติ ทำให้การตรวจสอบ หรือจำแนกอัญมณีโดยการใช้วิธีการตรวจสอบสมบัติพื้นฐานทางกายภาพไม่สามารถบอกความแตกต่างของอัญมณีเหล่านี้ได้ ปัญหาใหญ่ซึ่งเป็นปัญหาที่ท้าทายวงการอัญมณี คือ การวิเคราะห์อัญมณีที่เจียระไนแล้วและอัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับที่มีราคาแพง ซึ่งต้องการการวิเคราะห์แบบไม่ทำลาย ดังนั้นจึงต้องมีการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ขั้นสูงในการตรวจสอบ โดยเทคนิคต่างๆเหล่านี้เป็นเทคนิคที่ให้ข้อมูลทางเคมีที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของอัญมณี [1-4]

Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRF) Spectrometer [5,6] และ Raman spectrometer [7] เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์อัญมณี การวิเคราะห์โดยเครื่อง EDXRF จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของธาตุที่มีอยู่ในอัญมณี อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้สามารถวิเคราะห์ได้เฉพาะธาตุที่มีน้ำหนักอะตอมสูงตั้งแต่โซเดียม (Na) ขึ้นไป ทำให้ไม่สามารถใช้วิเคราะห์สิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ในอัญมณีซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุที่มีน้ำหนักอะตอมต่ำกว่าโซเดียมเป็นส่วนประกอบ เช่น เหล็ก ไนโตรเจน โบรอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดหลักของเทคนิคนี้ในการวิเคราะห์อัญมณีและสารเพิ่มคุณภาพบางชนิด Raman เป็นเทคนิคที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของโมเลกุล ชนิดของพันธะเคมี และสารประกอบ เทคนิค Raman ไม่เหมาะกับการวิเคราะห์อัญมณีชนิดที่มีการเรืองแสง (Fluorescence) เช่น ทับทิม เนื่องจากการเรืองแสงที่เกิดขึ้นนี้จะไปรบกวนข้อมูลที่ได้จาก Raman spectrum อย่างไรก็ตามเทคนิคข้างต้นทั้งสองเทคนิคไม่เหมาะสมกับการวิเคราะห์อัญมณีที่อยู่บนตัวเรือนของเครื่องประดับ

เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Infrared spectroscopy) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์พื้นฐานทางเคมีที่ให้ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างและองค์ประกอบของสาร ในอดีตเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีจะไม่เป็นที่นิยมนักในการประยุกต์ใช้งานด้านการวิเคราะห์อัญมณี เนื่องจากต้องมีการเตรียมตัวอย่างที่ยุ่งยาก และต้องมีการทำลายตัวอย่าง อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการพัฒนาอุปกรณ์เพิ่มเติมและวิธีการวิเคราะห์ที่หลากหลาย ทำให้สามารถประยุกต์ใช้เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ การใช้เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการวิเคราะห์อัญมณีเป็นที่ยอมรับและแพร่หลายมากขึ้น เนื่องจากไม่ต้องมีการทำลายตัวอย่าง และสามารถใช้วิเคราะห์อัญมณีที่เจียระไนแล้วได้ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์เพิ่มเติมที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ยังประสบปัญหาในการวิเคราะห์อัญมณีที่เจียระไนแล้ว หรืออัญมณีบนตัวเรือนเครื่องประดับ เนื่องจากอัญมณีที่เจียระไนแล้วจะมีหน้าตัดที่ซับซ้อน ซึ่งส่งผลให้วิเคราะห์ด้วยเทคนิคการส่องผ่านมีความยุ่งยากและไม่เหมาะสม [8-11]

หน่วยวิจัยอุปกรณ์รับรู้ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พัฒนาอุปกรณ์และเทคนิคใหม่สำหรับวิเคราะห์อัญมณีที่เจียระไนแล้วและอัญมณีบนเครื่องประดับโดยไม่ทำลายและไม่ต้องแกะอัญมณีออกมาจากตัวเรือนเครื่องประดับ จึงไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่อัญมณีและเครื่องประดับ เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์สั้นมาก และมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ต่ำ บทความนี้จะนำเสนอตัวอย่างการวิเคราะห์เพชรที่เจียระไนแล้ว และเพชรบนเครื่องประดับ โดยไม่ทำลายด้วยอุปกรณ์และเทคนิคที่พัฒนาขึ้น ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จาก

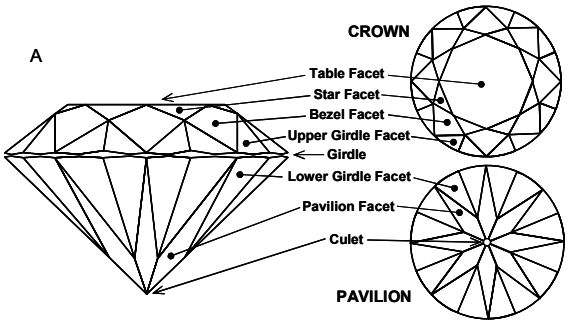
เทคนิคที่เป็นที่ยอมรับในการวิเคราะห์เพชรที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อัญมณีทั่วไปซึ่งได้แก่ เทคนิคดิฟฟิวรีเฟลกแตนซ์ (Diffuse Reflectance Technique)

เพชรถือได้ว่าเป็นอัญมณีที่เป็นที่นิยม และมีมูลค่าสูงในตลาดอัญมณีโลก ทำให้มีการทำอัญมณีเลียนแบบเพชร และเพชรสังเคราะห์เพิ่มมากขึ้นตามความต้องการของตลาด อย่างไรก็ตามเพชรสังเคราะห์หรืออัญมณีเลียนแบบเพชรมีมูลค่าต่ำกว่าเพชรแท้มาก การจำแนกเพชรชนิดต่างๆ จึงยิ่งเป็นที่สนใจ และมีความท้าทายมากขึ้น การวิเคราะห์เพชรที่เจียระไนแล้วและเพชรบนเครื่องประดับโดยไม่ทำลาย การจำแนกอัญมณีเลียนแบบเพชรสามารถทำได้ง่ายด้วยการใช้เครื่องมือพื้นฐาน เนื่องจากอัญมณีเลียนแบบเพชร จะมีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพ และเคมีต่างจากเพชรแท้โดยสิ้นเชิง แต่การวิเคราะห์มักประสบปัญหามากในกรณีเพชรสังเคราะห์และเพชรแท้ที่คุณภาพต่ำแต่นำมาปรับปรุงคุณภาพ (เช่น เพชรที่ผ่านการอาบรังสี ผ่านกระบวนการความดันสูงอุณหภูมิสูง เป็นต้น) เนื่องจากเพชรเหล่านี้จะมีสมบัติทางกายภาพเหมือนกับเพชรแท้ทุกประการ ทำให้ไม่สามารถจำแนกออกจากเพชรแท้คุณภาพดีโดยใช้เครื่องมือพื้นฐานที่ใช้กันอยู่ในห้องปฏิบัติการทั่วไปเช่น โพลาริสโคป (Polariscope), รีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer), กล้องขยาย (Magnification), ไดโครสโคป (Dicroscope), สเปคโตรสโคป (Spectroscope), เข็มร้อน (Hot point), แว่นกรองแสง (Chelsea Filter) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องมือที่ให้ข้อมูลสมบัติทางเคมีในการวิเคราะห์

เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีเป็นเทคนิคหนึ่งที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์เพชร การจำแนกชนิดของเพชรจะอาศัยความแตกต่างของสารเจือปนเช่น ไนโตรเจน ไฮโดรเจน หรือ โบรอน ที่แทรกตัวอยู่ในโครงผลึกเพชร ซึ่งสามารถบอกความแตกต่างได้จากอินฟราเรดสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคส่องผ่านซึ่งเป็นที่นิยมในการวิเคราะห์อัญมณี โดยจะนำเพชรมาเจียรให้เป็นแผ่นบางๆ [8-11] เพื่อให้แสงอินฟราเรดส่องผ่านได้ ทำให้เทคนิคการส่องผ่านไม่เหมาะกับการวิเคราะห์เพชรที่เจียระไนแล้ว หรือเพชรปนเครื่องประดับ เนื่องจากต้องทำลายตัวอย่าง หรือแกะตัวอย่างออกจากตัวเรือน นอกจากนี้การวิเคราะห์แบบส่องผ่านยังประสบปัญหาเกี่ยวกับหน้าตัดที่ซับซ้อนของเพชรที่เจียระไนแล้ว เมื่อแสงอินฟราเรดตกกระทบหน้าตัดที่ซับซ้อน (ดังแสดงในรูปที่ 1) จะทำให้แสงที่สะท้อนกระเจิงไปทุกทิศทาง ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ด้วยการส่องผ่าน จึงมีการใช้อุปกรณ์เสริม beam condenser ในการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตามการวิคราะห์โดยใช้ beam condenser จำเป็นต้องวางหน้าตัด girdle ของเพชรให้ตั้งฉากกับแสงตกกระทบเพื่อให้แสงส่องผ่านได้ และลดอิทธิพลของการสะท้อนแสงจากหน้าตัดที่ซับซ้อน [14,15] อย่างไรก็ตามการวางตัวอย่างมีความยุ่งยาก และไม่สามารถวิเคราะห์เพชรบนเครื่องประดับได้ ถึงแม้ว่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Diffuse reflectance จะเป็นที่ยอมรับในการวิเคราะห์อัญมณีที่เจียระไนแล้ว แต่แถบการดูดกลืนแสงที่ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะการวางตัวอย่าง หากมีการขยับตัวอย่าง หรือเปลี่ยนตำแหน่งเพียงเล็กน้อย แถบการดูดกลืนแสงที่ได้จะเปลี่ยนไป [8,16] นอกจากนี้เทคนิค Diffuse Reflectance ไม่สามารถวิเคราะห์อัญมณีขนาดใหญ่ หรืออัญมณีบนเครื่องประดับได้

โดยทั่วไปเพชรจะนิยมเจียระไนแบบเหลี่ยมเกสรซึ่งมีหน้าตัดทั้งหมด 57-58 หน้า (ดังแสดงในรูปที่ 1A) เนื่องจากเพชรมีค่าดรรชนีหักเห (refractive index; $n_{diamond}$=2.417) สูงกว่าค่าดรรชนีหักเหของอากาศ (n_{air} = 1.0) เมื่อแสงเดินทางผ่านเข้าไปในเพชรด้วยมุมตกกระทบที่ผิวสัมผัส diamond/air มีค่ามากกว่ามุมวิกฤตจะเกิดการสะท้อนกลับหมดที่ผิวสัมผัส ดังแสดงในรูป 1B โดยมุมวิกฤตสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของค่าดรรชนีหักเหของตัวกลางทั้งสอง $\theta_c = \sin^{-1}(n_{air}/n_{diamond})$ ในกรณีนี้จะมีค่ามุมวิกฤตเป็น 24.44° เนื่องจากการเจียระไนเพชรหรืออัญมณีโดยทั่วไปนอกจากจะคำนึงถึงรูปแบบการเจียระไนที่สวยงาม สี สัดส่วน ขนาด และน้ำหนักที่ต้องการแล้ว สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ การเจียระไนให้เพชรมีความวาว (Luster) การกระจายแสง (Dispersion or Fire) และ

ประกาย (Brilliant or Fire)ให้มากที่สุด ซึ่งปรากฏการณ์เหล่านี้เกิดจากการสะท้อนกลับหมดของแสง (Total Internal Reflection) ภายในเพชรนั่นเอง โดยจำนวนการสะท้อนกลับหมดจะมากหรือน้อยขึ้นกับมุม และสัดส่วนการเจียระไนหน้าตัดต่างๆของเพชร อาจกล่าวได้ว่า ถ้าเกิดการสะท้อนกลับหมดมาก จะทำให้เพชรมีประกาย หรือน้ำงามมาก คณะผู้วิจัยได้ใช้หลักการสะท้อนกลับหมดนี้มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเทคนิค Transflectance เพื่อการวิเคราะห์เพชร



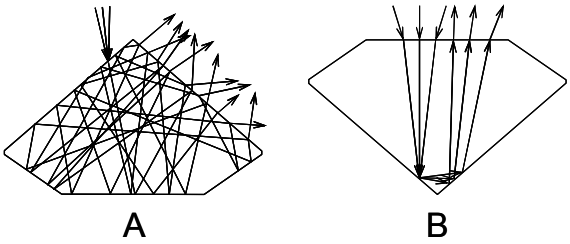
Ray	Angle (degree)					
	α_i	β_i	θ_1	θ_2	β_t	α_t
a	4.8	2	43	55	14	35.8
b	0	0	41	57	16	41.8
c	4.8	2	39	59	38	N/A

รูปที่ 1 (A) หน้าตัด (Faceted Faces) ของเพชรที่เจียระไนแบบเหลี่ยมเกสร และ (B) ปรากฏการณ์ Transflectance ในเพชร

ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Transflectance จะใช้กล้องจุลทรรศน์อินฟราเรดในการบังคับแสงอินฟราเรดให้ตกกระทบหน้า table ของเพชร [18] โดยให้แสงตกกระทบทำมุมตั้งฉากกับหน้าตัดบนของเพชร เมื่อแสงเดินทางผ่านเข้าไปในตัวเพชร และตกกระทบที่ผิวภายในเพชร จะเกิดการสะท้อนกลับหมดที่ผิวสัมผัสของเพชรสองครั้ง ถ้าเพชรมีการเจียระไนตามสัดส่วนของ Tolkowsly (มุมหน้าตัด pavilion 41° และมุมหน้าตัด crown 34°) จะเกิดการสะท้อนครั้งที่หนึ่งด้วยมุม 41° และครั้งที่สอง 57° ที่ผิวด้านในของเพชร ก่อนจะเกิดการสะท้อนกลับหมดมาสู่ผิวหน้าตัดบนอีกครั้งด้วยมุมสะท้อนกลับที่ผิวด้านใน 16° และมุมหักเหสู่อากาศ 41.8° ดังแสดงในรูปที่ 1B แต่ในความเป็นจริงแล้วแสงตกกระทบไม่ได้สะท้อนกลับหมดเสมอไป ถ้าแสงเดินทางผ่านตัวกลางด้วยมุมตกกระทบน้อยกว่ามุมวิกฤต แสงนั้นจะเดินทางทะลุออกสู่อากาศด้วยมุมต่างๆกัน แสงที่เกิดการสะท้อนกลับภายในเพชรนี้ เรียกว่า แสงทรานสแฟลกแตนซ์ (Transflected radiation) [12,13] แสงที่เดินทางภายในเพชรจะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนอันเนื่องมาจากการดูดกลืนแสงของเพชร ลักษณะของการดูดกลืนแสงนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเพชร ข้อมูลทางเคมีที่ได้จากแถบการดูดกลืนแสงนี้เองทำให้สามารถบอกความแตกต่างของเพชรแท้ เพชรสังเคราะห์ อัญมณีเลียนแบบเพชร หรือเพชรที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

วิธีการทดลอง

เพชรที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมดเป็นเพชรจากธรรมชาติและอัญมณีเลียนแบบเพชรที่เจียระไนแบบเหลี่ยมเกสร (Brilliant Cut) ที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 0.05 – 2 กะรัต เพชรที่เจียระไนแล้วที่ยังไม่ได้ประกอบลงบนตัวเรือนเครื่องประดับจะวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Diffuse Reflectance และ Transflectance สำหรับเพชรที่ประกอบลงบนตัวเรือนเครื่องประดับแล้วจะวิเคราะห์โดยเทคนิค Transflectance การวิเคราะห์จะทำโดยไม่ต้องถอดเพชรออกมาจากตัวเรือนเครื่องประดับ เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ประมาณ 2 นาที



รูปที่ 2 เส้นทางการเดินทางของแสงภายในเพชรของการบันทึกแถบการดูดกลืนแสงแบบ (A) Diffuse Reflectance และ (B) Transflectance

แถบการดูดกลืนแสงในช่วงอินฟราเรดบันทึกโดยเครื่อง Nicolet Magna 750 FT-IR Spectrometer (Nicolet, USA) ที่มี Liquid-Nitrogen-Cooled Mercury-Cadmium-Telluride (MCT) เป็นตัวรับสัญญาณ (Detector) เพื่อเพิ่มคุณภาพของแถบการดูดกลืนแสงที่วัดได้โดยการเพิ่มค่า signal-to-noise (S/N) ratio แถบการดูดกลืนแสงที่บันทึกได้เป็นค่าเฉลี่ยของการวัด 256 ครั้ง ที่ค่าความละเอียดของการแยก 4 cm^{-1}

แถบการดูดกลืนแสง Diffuse Reflectance บันทึกโดยใช้อุปกรณ์เสริม Spectra-Tech Collector II™ Diffuse Reflectance Accessory (Spectra Tech Inc., USA) ในการบันทึกแถบการดูดกลืนแสง จะวางเพชรที่เจียระไนโดยให้หน้า Table Facet คว่ำลงบนที่วางตัวอย่าง อุปกรณ์เสริมจะปรับทิศทางการเดินทางของแสงแสงอินฟราเรดและโฟกัสลงบนเพชรจากด้าน Pavilion โดยมีมุมตกกระทบในลักษณะที่เกือบตั้งฉาก (Near normal angle of incidence) กับระนาบของ Table Facet โดยทั่วไปแล้วแสงที่ฉายลงไปจะตกกระทบเพชรที่ Pavilion Facet ในตำแหน่งที่ใกล้กับ Culet แสงที่สะท้อนภายในเพชรแบบ Diffuse reflectance จะถูกรวมโดยกระจก Parabolic mirror ของอุปกรณ์เสริม และโฟกัสไปยังตัวรับสัญญาณ ค่าความเข้มของการดูดกลืนแสงที่วัดได้จะแสดงในหน่วยของ Kubelka-Munk (K-M) Unit ลักษณะเส้นทางการเดินทางของแสง (Ray Tracing) ภายในเพชร เมื่อมีการบันทึกแถบการดูดกลืนแสงแบบ Diffuse Reflectance แสดงดังรูปที่ 2A

จากลักษณะการเดินทางของแสงภายในเพชรที่แสดงในรูปที่ 2A จะเห็นว่าเทคนิค Diffuse Reflectance ไม่สามารถนำไปใช้วิเคราะห์เพชรที่อยู่บนตัวเรือนเครื่องประดับ เนื่องจากไม่สามารถนำเครื่องประดับที่มีขนาดใหญ่หรือมีรูปร่างซับซ้อนไปวางบนที่วางตัวอย่างของอุปกรณ์เสริมได้ การวางตัวอย่างจะต้องมีลักษณะที่เหมาะสมเอื้อต่อการฉายแสงลงบนเพชรและการรวมแสง Diffuse Reflectance Radiation จากเพชร นอกจากนั้นโลหะตัวเรือนเครื่องประดับที่ทึบแสงยังป้องกันการรวมแสงอย่างมีประสิทธิภาพของ Parabolic Mirror ของอุปกรณ์เสริมอีกด้วย

แถบการดูดกลืนแสง Transflectance จะบันทึกด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟราเรด (NICPLAN Infrared Microscope, Nicolet, USA) ซึ่งต่อเข้ากับ Infrared Spectrometer โดยแถบการดูดกลืนแสงของเพชรที่เจียระไนแล้วจะบันทึกโดยใช้อุปกรณ์เสริมที่พัฒนาขึ้นโดยคณะนักวิจัยของหน่วยปฏิบัติการวิจัยอุปกรณ์รับรู้ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [12, 13] ในการบันทึกแถบการดูดกลืนแสง จะใช้ Sampling Mode แบบ Reflection โดยวางเพชรลงบนที่วางตัวอย่างให้หน้า Table Facet ตั้งฉากกับลำแสงอินฟราเรดที่โฟกัสด้วย Built-in 15X Cassegrain-type Infrared Objective อุปกรณ์เสริมที่พัฒนาขึ้นจะทำหน้าที่ลดการสูญเสียพลังงานของแสงอันเนื่องมาจากการสะท้อนที่ผิว และปรับระนาบสะท้อนแสงของหน้า Table Facet ให้ตั้งฉากกับแสงอินฟราเรดในขณะที่มีการบันทึกแถบการดูดกลืนแสง ลำแสงอินฟราเรดบางส่วนที่เดินทางผ่าน Table Facet จะเกิดการสะท้อนกลับหมด (Total Internal Reflection) เมื่อตกกระทบ Pavilion Facet ด้วยมุมตกกระทบที่มากกว่ามุมวิกฤต (Critical Angle) แสงที่เดินทางภายในเพชรและตกกระทบที่ Pavilion Facet จะสะท้อนกลับมายัง Table Facet และผ่านไปสู่ตัวรับสัญญาณ แสงอินฟราเรดที่ฉายลงบนเพชรจะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนอันเนื่องมาจากการดูดกลืนของเพชร แถบการดูดกลืนแสงที่วัดได้แสดงในหน่วยของ Absorbance Unit เส้นทางการเดินทางของแสงภายในเพชรเมื่อมีการบันทึกแถบการดูดกลืนแสงแบบ Transflectance แสดงดังรูปที่ 2B

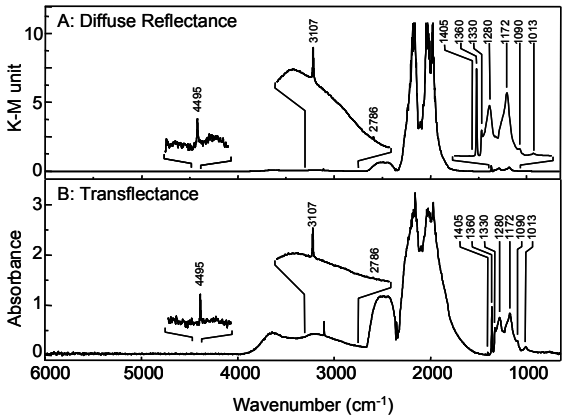
เทคนิคการวิเคราะห์แบบ Transflectance นี้สามารถประยุกต์ใช้วิเคราะห์เพชรที่อยู่บนตัวเรือนเครื่องประดับได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าการออกแบบเครื่องประดับจะซับซ้อนเพียงใด เพชรทุกเม็ดที่อยู่บนเครื่องประดับสามารถวิเคราะห์ได้อย่างอิสระ โดยไม่ต้องมีการถอดเพชรออกมาจากตัวเรือนเครื่องประดับเลย ในการวิเคราะห์เพชรที่อยู่บนตัวเรือนเครื่องประดับนั้น สามารถนำเครื่องประดับทั้งชิ้นไป

วางบนที่วางตัวอย่างที่ออกแบบพิเศษ แล้วปรับ Table Facet ของเพชรเม็ดที่ต้องการวิเคราะห์ให้ตั้งฉากกับแสงที่โฟกัสจาก Infrared Objective แล้วทำการวิเคราะห์เหมือนกับการวิเคราะห์เพชรที่ยังไม่ได้ประกอบเข้าไปในตัวเรือนเครื่องประดับ (Loose Diamond)

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์เพชรที่เจียระไนแล้วและเพชรบนตัวเรือนเครื่องประดับซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบไม่ทำลาย ไม่มีการเตรียมตัวอย่างเพิ่มเติมใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นการทำความสะอาดเพชรด้วยน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์เช่น isopropanol, methanol และ acetone

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เทคนิค Diffuse Reflectance เป็นเทคนิคการวิเคราะห์แบบไม่ทำลายที่ได้รับการยอมรับในการวิเคราะห์เพชรที่เจียระไนแล้ว อย่างไรก็ตามเทคนิค Diffuse Reflectance ยังคงประสบปัญหาเกี่ยวกับ Reproducibility ของแถบการดูดกลืนแสงที่บันทึกได้ โดยแถบการดูดกลืนแสงที่บันทึกด้วยเทคนิค Diffuse Reflectance จะมีลักษณะที่เปลี่ยนไปหากมีการขยับ หรือเปลี่ยนตำแหน่งของเพชรที่บนที่วางตัวอย่างเพียงเล็กน้อย [8,13,16] แถบการดูดกลืนแสง Diffuse reflectance ที่แสดงในงานวิจัยนี้เป็นแถบการดูดกลืนแสงที่มีค่า S/N ratio ที่ดีที่สุดจากการบันทึกหลายๆ ครั้ง เทคนิค Transflectance บันทึกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อินฟราเรดร่วมกับอุปกรณ์เสริมที่พัฒนาขึ้นมาใหม่โดยคณะนักวิจัย แม้ว่าจะมีผู้พยายามใช้วิธีการคล้ายกันนี้ในการวิเคราะห์อัญมณีที่เจียระไนแล้วแต่ก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย เนื่องจากประสบความความยุ่งยากในการวิเคราะห์ ที่ต้องปรับระนาบ Table Facet ให้ตั้งฉากกับแสงที่โฟกัสโดย Infrared Objective อุปกรณ์เสริมที่คณะนักวิจัยได้พัฒนาขึ้น ทำให้การปรับระนาบทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และไม่มีผลกระทบต่อแถบการดูดกลืนแสงที่ได้ รูปที่ 3 แสดงแถบการดูดกลืนแสงของเพชรแท้จากธรรมชาติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค Diffuse reflectance และ Transflectance จะเห็นว่าแถบการดูดกลืนแสงที่ได้จากทั้งสองเทคนิคมีลักษณะที่เหมือนกัน โดยแสดงแถบการดูดกลืนทั้งสามช่วงที่เป็นลักษณะเฉพาะของการดูดกลืนแสงของเพชรแท้ได้อย่างชัดเจน ซึ่งได้แก่ (1) One-phonon Region ที่ 1400-700 cm^{-1} ซึ่งแสดงลักษณะเฉพาะของการดูดกลืนแสงของไนโตรเจนที่เจือปน (nitrogen impurity) ในโครงสร้างของเพชร (2) Two-phonon Region ที่ 2650-1500 cm^{-1} ที่แสดงการดูดกลืนแสงที่เป็นลักษณะเฉพาะของการสั่นของพันธะของคาร์บอนในโครงสร้าง Tetrahedron ของเพชร และ (3) Three-phonon Region ที่ 4000-2650 cm^{-1} ซึ่งแสดงลักษณะเฉพาะของการดูดกลืนแสงของไฮโดรเจนที่เจือปนในโครงผลึกของเพชร [19] แม้ว่าแถบการดูดกลืนแสงที่บันทึกโดยเทคนิคการวิเคราะห์ทั้งสองแบบจะแสดงลักษณะเฉพาะของเพชรได้อย่างชัดเจน แถบการดูดกลืนแสง Transflectance มีคุณภาพที่ดีกว่า เนื่องจากแสดงการดูดกลืนที่เป็นลักษณะของเพชรทั้งสามช่วงมีความเด่นชัดกว่า



รูปที่ 3 แถบการดูดกลืนแสงของเพชรแท้จากธรรมชาติชนิด IaB ขนาด 0.105 ct ที่เจียระไนแบบเหลี่ยมเกสรบันทึกโดยเทคนิค (A) Diffuse reflectance และ (B) Transflectance

แถบการดูดกลืนทั้งสามช่วงแสดงลักษณะเฉพาะที่มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเพชรอย่างชัดเจน การดูดกลืนที่ 4495, 3107, 2786 และ 1405 cm^{-1} เกิดจากการสั่นของ Vinylidene Group ซึ่งเกิดจากไฮโดรเจนที่เจือปนในโครงผลึกของเพชร โดยการดูดกลืนที่ 1405 cm^{-1} จะปรากฏให้เห็นชัดเจนเมื่อมีปริมาณของไฮโดรเจนมากพอ การดูดกลืนที่ 1360,1330, 1280,

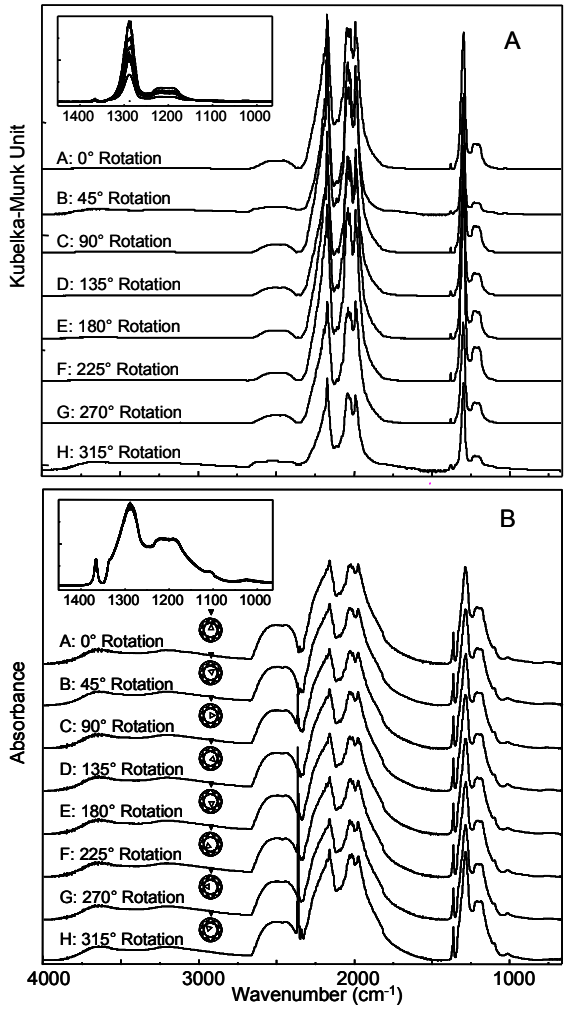
1172, 1090 และ 1013 cm^{-1} เกิดจากไนโตรเจนที่เจือปนในโครงผลึกของเพชร โดยการดูดกลืนที่1330, 1172 และ 1013 cm^{-1} เป็นลักษณะของ B-center Defect (ลักษณะความบกพร่องของโครงผลึกของเพชรที่มีกลุ่มของไนโตรเจน 4 อะตอม อยู่รอบๆ ที่ว่าง ซึ่งเกิดจากการหายไปของอะตอมคาร์บอน) ในขณะที่การดูดกลืนที่ 1360 cm^{-1} เป็นลักษณะเฉพาะของ extended-planar-defect platelet ของไนโตรเจน [8,11,20] จะเห็นได้ว่าแถบการดูดกลืนแสงในช่วงอินฟราเรดให้ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเพชร สามารถใช้ในการจำแนกเพชรแต่ละชนิดได้อย่างชัดเจน

รูปที่ 4 แสดงอิทธิพลของลักษณะการวางเพชรที่มีต่อลักษณะของแถบการดูดกลืนแสงที่บันทึกได้ แม้ว่าแถบการดูดกลืนแสงที่วัดได้จะแสดงลักษณะเฉพาะของการดูดกลืนของเพชรอย่างชัดเจน แถบการดูดกลืนแสงที่บันทึกโดยเทคนิค Diffuse reflectance ในรูปที่ 4A มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อมีการหมุนเพชรที่อยู่บนที่วางตัวอย่าง แถบการดูดกลืนแสงไม่สามารถซ้อนทับกันสนิทแม้จะผ่านการทำ Normalization แล้วก็ตาม ในขณะที่แถบการดูดกลืนแสงที่บันทึกโดยเทคนิค Transflectance สามารถซ้อนทับกันสนิทโดยไม่ต้องมีการ Normalization ปรากฏการณ์นี้แสดงถึงศักยภาพของการประยุกต์ใช้แถบการดูดกลืนแสงที่บันทึกด้วยเทคนิค Transflectance ในการบ่งบอกเอกลักษณ์ประจำตัว หรือลักษณะเฉพาะ (Unique Identification) ของเพชรแต่ละเม็ด

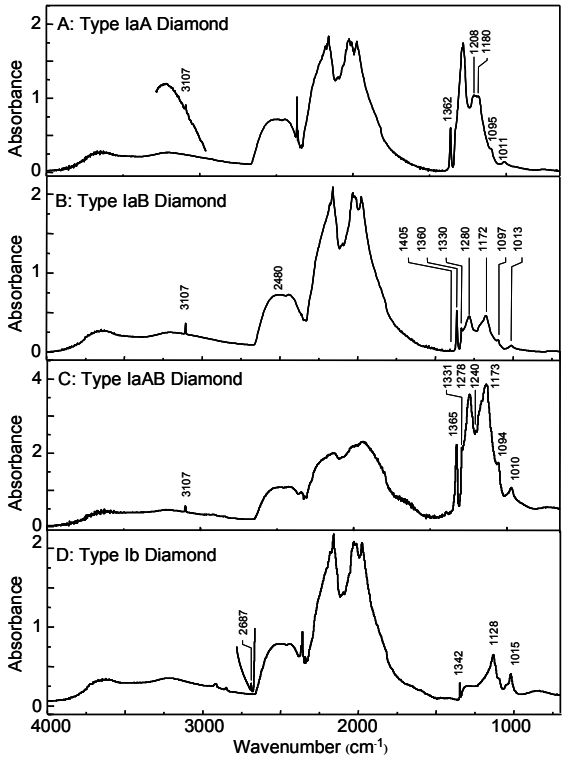
เนื่องจากลักษณะของแถบการดูดกลืนแสงที่บันทึกโดยเทคนิค Transflectance ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแม้จะวางเพชรในรูปแบบที่แตกต่างกัน แถบการดูดกลืนแสงมีความชัดเจน และมีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเพชร ใช้วิเคราะห์เพชรที่เจียระไนแล้วโดยไม่ยุ่งยาก จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจำแนก หรือบ่งบอกการปรุงแต่งเพชรที่เจียระไนแล้วได้อย่างมีประสิทธิภาพ แถบการดูดกลืนแสงของเพชรต่างชนิดที่แสดงในรูปที่ 5 มีความแตกต่างกันโดยชัดเจน การดูดกลืนแสงในช่วง One-phonon Region และ Three-phonon Region สามารถบ่งบอกชนิดและปริมาณของไนโตรเจนและไฮโดรเจนที่ปนเปื้อนในโครงสร้างของเพชร ตำแหน่งของการดูดกลืนแสงยังสามารถใช้จำแนกลักษณะและชนิดของการจัดเรียงตัวของสารเจือปนที่อยู่ในโครงสร้างผลึกของเพชรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากแถบการดูดกลืนแสงที่แสดงในรูป 5-7 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารปนเปื้อน (Impurity) และ defect ในโครงผลึกของเพชรแต่ละเม็ดแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง อย่างไรก็ตามความแตกต่างทางเคมีของเพชรเหล่านี้ไม่สามารถตรวจสอบ หรือจำแนกได้ด้วยเทคนิคการตรวจสอบอัญมณีพื้นฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วไปเช่น การวัดค่าดรรชนีหักเห, ความแข็ง, สี โดยข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลเชิงกายภาพ (Physical Properties)

แถบการดูดกลืนแสงของเพชรแท้ เพชรที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการอาบรังสีและความร้อน (Irradiated and Annealed Treatment) และที่ปรับปรุงด้วยกระบวนการความดันสูงความร้อนสูง (High Pressure-High Temperature Treatment) ที่บันทึกด้วยเทคนิค Transflectance แสดงในรูปที่ 6 แถบการดูดกลืนแสงในรูป 6A ในช่วง One-phonon Region บ่งบอกว่าเพชรดังกล่าวเป็นเพชรชนิด IaA การดูดกลืนแสงที่สูงเกินไป (Over Absorption) ในช่วง One-phonon Region ในรูป 6B เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนปนเปื้อนมากเกินไป ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ชนิดของเพชรได้ อย่างไรก็ตาม พีคการดูดกลืนแสงที่ 1450 cm^{-1} ซึ่งเป็นลักษณะการดูดกลืนแสงเฉพาะของ H1a-center Defect ของไนโตรเจนที่อยู่ภายในผลึกของเพชร (Interstitial Nitrogen) นอกจากนั้นการดูดกลืนแสงที่ 4931 cm^{-1} ซึ่งเป็นลักษณะการดูดกลืนแสงเฉพาะของ H1b-center Defect ซึ่งมักพบในเพชรชนิด IaA เนื่องจาก Defect ชนิดนี้มีความสัมพันธ์กับ A-Center Defect (ลักษณะความบกพร่องแบบที่มีไนโตรเจน 2 อะตอมอยู่ในโครงผลึกของเพชร) สำหรับเพชรที่ผ่านกระบวนปรับปรุงคุณภาพด้วยความดันสูงความร้อนสูงในรูป 6C ลักษณะการดูดกลืนแสงในช่วง One-phonon Region ชี้ชัดว่าเป็นเพชรชนิด Ib พีคการดูดกลืนที่ 1342

cm^{-1} ซึ่งเกิดจาก C-center Defect ที่เกิดจากการแทนที่ของไนโตรเจนหนึ่งอะตอมในผลึกเพชร ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเพชรที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพแบบนี้ นอกจากนั้นพีคการดูดกลืนที่ 1128 cm^{-1} ยังแสดงถึงการมี B-center Defect ปริมาณน้อยในผลึกของเพชร [21,24]



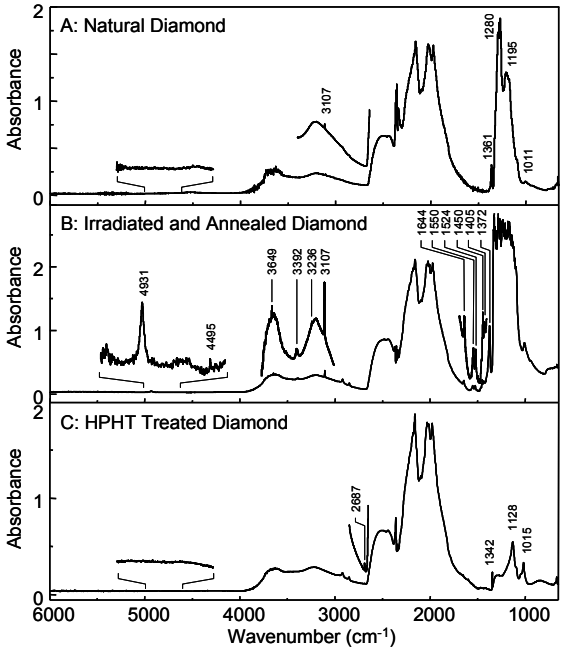
รูปที่ 4 แถบการดูดกลืนแสงของเพชร ที่บันทึกโดยเทคนิค (A) Diffuse reflectance (รูปแทรกแสดงการดูดกลืนในช่วง One-phonon Region หลังจาก Normalization ด้วยการดูดกลืนแสงที่ 2480 cm^{-1}) และ (B) Transflectance (รูปแทรกแสดงการดูดกลืนในช่วง One-phonon Region ที่ไม่มีการทำ Normalization ของแถบการดูดกลืนแสง) ในลักษณะการวางเพชรแบบต่างๆ



รูปที่ 5 แถบการดูดกลืนแสงของเพชรที่เจียระไนแล้วชนิดต่างๆ ที่บันทึกโดยเทคนิค Transflectance (A)เพชร type IaA, (B) เพชร type IaB, (C) เพชร type IaAB และ (D) เพชร type Ib

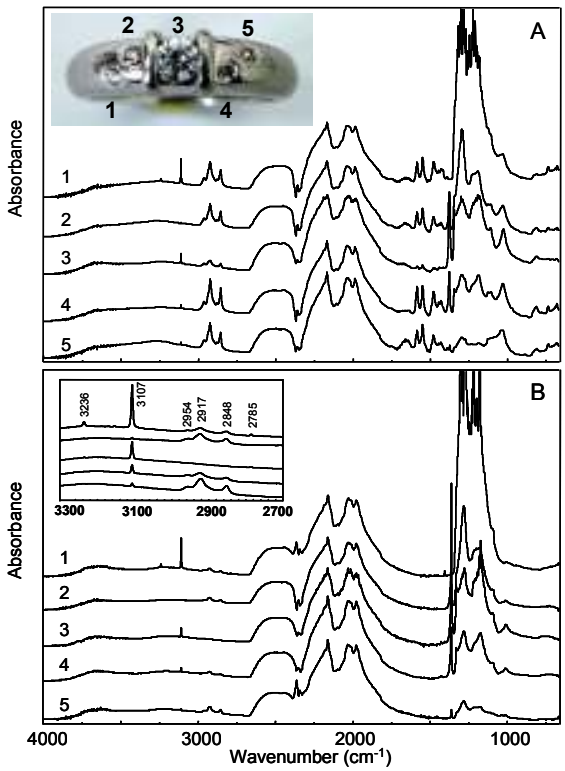
แถบการดูดกลืนแสงของเพชรที่อยู่บนตัวเรือนเครื่องประดับบันทึกโดยเทคนิค Transflectance โดยไม่ต้องมีการถอดเพชรออกมาจากตัวเรือนเครื่องประดับ แสดงดังรูปที่ 7 แม้ว่าแถบการดูดกลืนแสงที่บันทึกได้จะมีการรบกวนอันเนื่องมาจากการดูดกลืนของสารอินทรีย์ (การดูดกลืนที่ 3000 - 2850 และ 1800 - 1500 cm^{-1}) ซึ่งติดอยู่ที่ส่วน Pavilion Facet แถบการดูดกลืนแสงที่วัดได้ก็แสดงลักษณะการดูดกลืนแสงของเพชรแท้อย่างชัดเจน เมื่อทำความสะอาดเพชรแล้วบันทึกแถบการดูดกลืนแสงอีกครั้งหนึ่ง พบว่าแถบการดูดกลืนแสงของสารอินทรีย์หายไปเหลือเพียงแถบการดูดกลืนแสงของเพชร ดังแสดงในรูปที่ 7B จากลักษณะการดูดกลืนแสงในช่วง One-phonon Region พบว่าเพชรเม็ดที่ 2-5 เป็นเพชรชนิด IaA, IaAB, IaAB และ IaB ตามลำดับ สำหรับเพชรเม็ดที่ 1 นั้นไม่สามารถกำหนดชนิดได้เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนเจือ

ปนในผลึกของเพชรมากเกินไป ทั้งที่มีขนาดเล็กกว่าเพชรเม็ดที่ 3 มาก [13]



รูปที่ 6 แถบการดูดกลืนแสงของเพชรที่บันทึกโดยเทคนิค Transflectance (A) เพชรที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ (B) เพชรที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการอาบรังสีและความร้อน (Irradiated and Annealed Diamond) และ (C) เพชรที่ปรับปรุงด้วยกระบวนการความดันสูงความร้อนสูง (High Pressure-High Temperature Treatment)

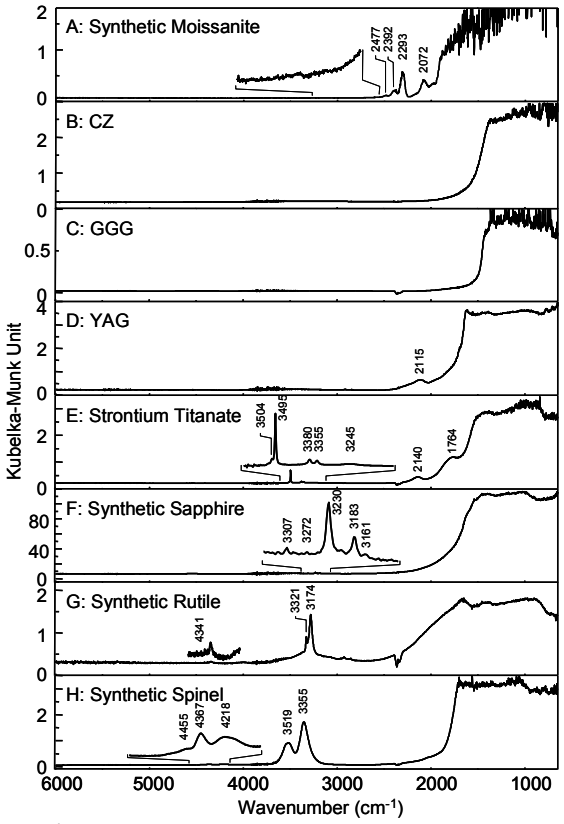
รูปที่ 8 และรูปที่ 9 แสดงแถบการดูดกลืนแสงของอัญมณีเลียนแบบเพชรชนิดต่างๆ ที่บันทึกด้วยเทคนิค Diffuse Reflectance และเทคนิค Transflectance โดยอัญมณีเลียนแบบเพชรประกอบด้วย Synthetic Moissanite (เพชรโมอีส), Cubic Zirconia (CZ หรือเพชรรัสเซีย), Gadolinium Gallium Garnet (GGG), Yttrium Aluminium Garnet (YAG), Strontium Titanate, Synthetic Corundum (Colorless Sapphire) และ Synthetic Rutile, Synthetic Spinel จะเห็นว่าแถบการดูดกลืนแสงของอัญมณีเลียนแบบเพชรที่บันทึกได้มีลักษณะแตกต่างไปจากแถบการดูดกลืนแสงของเพชรอย่างชัดเจน [12] เนื่องจากองค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมีของอัญมณีเลียนแบบเพชรเหล่านี้แตกต่างไปจากเพชรที่มีองค์ประกอบหลักเป็นคาร์บอนที่ยึดติดกันด้วยพันธะเดี่ยวและมีโครงสร้างแบบ Tetrahedron อัญมณีเลียนแบบเพชรเหล่านั้นมีลักษณะภายนอกเท่านั้นที่คล้ายคลึงกับเพชร โดยทั่วไปนักอัญมณีศาสตร์และผู้ประกอบการอัญมณีสามารถจำแนกอัญมณีเลียนแบบเพชรเหล่านี้ได้ด้วยความชำนาญอย่างไรก็ตามการจำแนกด้วยการสังเกตลักษณะภายนอกอาจไม่สามารถทำได้โดยผู้บริโภคที่ไม่มีประสบการณ์



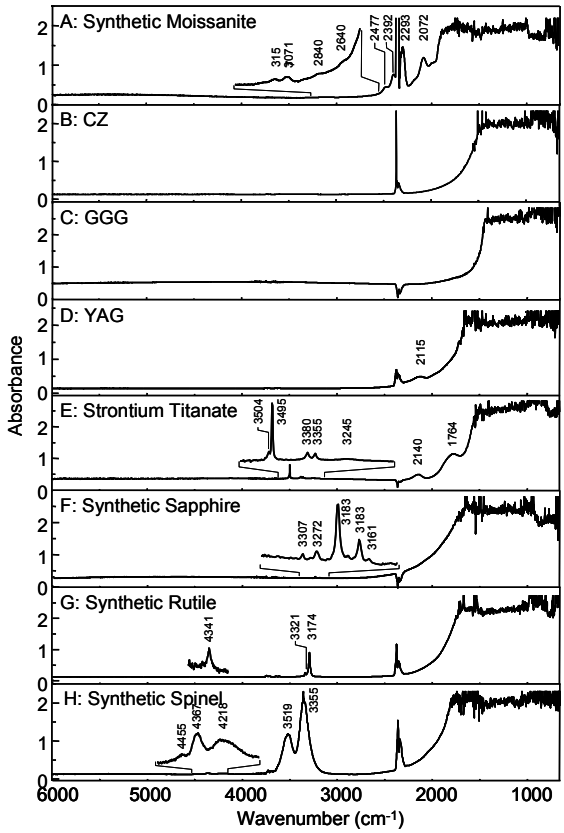
รูปที่ 7 แถบการดูดกลืนแสงของเพชรที่อยู่บนตัวเรือนเครื่องประดับ บันทึกโดยเทคนิค Transflectance (A) ก่อนการทำความสะอาด และ (B) หลังจากการทำความสะอาด

ปัญหาที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่งที่นักอัญมณีศาสตร์และผู้ประกอบการอัญมณีประสบคือการจำแนกเพชรแท้ออกจากเพชรที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ หรือ เพชรที่สังเคราะห์ขึ้นในห้องปฏิบัติการด้วยเทคนิค High

Temperature – High Pressure Process (HPHT Diamond) ของ บริษัท Gemsis (USA) และ เพชรที่สังเคราะห์ขึ้นด้วยเทคนิค Chemical Vapor Deposition (CVD Diamond) ของบริษัท Apollo Diamond (USA) เนื่องจากเพชรสังเคราะห์ทั้งสองมีลักษณะภายนอก สมบัติทางฟิสิกส์ โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมี เหมือนกับเพชรแท้จากธรรมชาติทุกประการ ดังนั้นเทคนิคการวิเคราะห์เพชรที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางเคมี เช่น Fourier Transform Infrared Spectroscopy, Raman Spectroscopy และ UV/Visible Spectroscopy จึงมีความจำเป็นมากขึ้นในการวิเคราะห์และจำแนกเพชร เนื่องจากให้ข้อมูลแถบการดูดกลืนแสงที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของเพชร หากมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเพียงเล็กน้อย ไม่ว่าจะเป็นชนิดหรือปริมาณของสารปนเปื้อน หรือการเปลี่ยนแปลงของ Defect ในผลึกของเพชร ก็สามารถตรวจสอบได้จากแถบการบันทึกแสงอินฟราเรด



รูปที่ 8 แถบการดูดกลืนแสงของอัญมณีเลียนแบบเพชร บันทึกโดยเทคนิค Diffuse Reflectance



รูปที่ 9 แถบการดูดกลืนแสงของอัญมณีเลียนแบบเพชร บันทึกโดยเทคนิค Transflectance

แม้ว่าคณะผู้วิจัยจะไม่มีตัวอย่างเพชรสังเคราะห์มาศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยก็เชื่อมั่นว่าเทคนิคการวิเคราะห์ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางเคมีเช่น Infrared Spectroscopy นี้ จะสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์หรือจำแนกเพชรสังเคราะห์ออกจากเพชรแท้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นยังมีผลงานวิจัยมากมายในอดีตที่แสดงความแตกต่างของแถบการดูดกลืนแสงอินฟราเรดและรามานของเพชรสังเคราะห์และเพชรแท้ แม้ว่างานวิจัยส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับ Thin Diamond Film เพื่อการประยุกต์ใช้เชิงอุตสาหกรรม อุปกรณ์รับรู้ และการวิจัยระดับสูงเกี่ยวกับปรากฏการณ์เชิงแสง (Optics) ก็ตาม ข้อมูลเหล่านั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเพชรที่เป็นอัญมณีได้ เนื่องจากเป็นข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางเคมีของเพชร

ในการวิจัยครั้งนี้เน้นการประยุกต์ใช้เทคนิค Diffuse Reflectance และ เทคนิค Transflectance กับเพชรที่

เจียระไนแล้วและเพชรบนเครื่องประดับ ก็เพื่อแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคนิค Infrared Spectroscopy ในการวิเคราะห์อัญมณีและเครื่องประดับเท่านั้น เทคนิคนี้สามารถประยุกต์ใช้กับอัญมณีชนิดอื่นๆ อัญมณีที่เจียระไนแล้วรูปแบบต่างๆ รวมไปถึงอัญมณีและเครื่องประดับอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุป

อินฟราเรดสเปกตรัมที่บันทึกโดยใช้ Transflectace และอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นให้คุณภาพของสเปกตรัมได้ดีกว่าหรือเทียบเท่ากับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Diffuse Reflectace ซึ่งเป็นที่ยอมรับในการวิเคราะห์อัญมณี วิธีการวิเคราะห์อัญมณีและเครื่องประดับแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นมานี้เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ไม่มีการสัมผัสตัวอย่างระหว่างการวิเคราะห์ จึงไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่อัญมณีและเครื่องประดับ จึงสามารถใช้ตรวจสอบอัญมณีที่เจียระไนแล้วและอัญมณีบนเครื่องประดับได้โดยไม่ต้องถอดออกมาจากตัวเรือนเครื่องประดับ เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์สั้นมาก และมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ต่ำ เนื่องจากแถบการดูดกลืนแสงในอินฟราเรดสเปกตรัมมีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของอัญมณี จึงสามารถใช้จำแนกเพชรแท้ เพชรที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ และอัญมณีเลียนแบบเพชรได้อย่างมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์และเทคนิคที่พัฒนาขึ้นมานี้จึงมีศักยภาพสูง สามารถใช้ในการจำแนกอัญมณีที่หลากหลายได้โดยไม่จำกัดชนิดและรูปแบบการเจียระไน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณการสนับสนุนภายใต้โครงการการพัฒนาสู่ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการ กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และทุนการศึกษาระดับปริญญาเอกภายใต้โครงการพัฒนาอาจารย์ จากสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ) สำหรับ ดร. พิมพ์ทอง ทองนพคุณ

เอกสารอ้างอิง

[1] Petkewich, A. *Anal. Chem*. 2003, *75*, 71A-74A.

[2] Jayaraman, A. *Curr. Sci*. 2000, *79*, 1555-1565.

[3] Shigley, J. E. *Curr. Sci*. 2000, *79*, 1566-1571.

[4] Nassau, K. *Curr. Sci*. 2000, *79*, 1572-1577.

[5] Kirui, J. K.; Van Wyk, J. A.; Hoch, M. J. R. *Diam. Relat. Mater*. 1999, *8*, 1596-1571.

[6] Lai, P. F.; Prawer, S.; Noble, C. *Diam. Relat. Mater*. 2002, *11*, 1391-1396.

[7] Jenkins, A. L.; Larsen, R. A. *Spectroscopy*, 2004, *19*, 20-25.

[8] Ferrer, N.; Jogués-Carulla, J. M. *Diam. Relat. Mater*. 1996, *5*, 598-602.

[9] Fernandes, S.; Khan, M.; Choudhary, G. *Australian Gemmologist*. 2003, *1Q*, 361-367.

[10] Mendelssohn, M. J.; Milledge, H. J. *Int. Geol. Rev*. 1995, *37*, 95-110.

[11] Iakoubovskii, K.; Adiaenssens, G. J. *Diam. Relat. Mater*. 2002, *11*, 125-131.

[12] Thongnopkun, P.; Ekgasit, S. *Diam. Relat. Mater*. 2005, *14*, 1592-1599.

[13] Ekgasit, S.; Thongnopkun, P. *Appl. Spectrosc*. 2005, *59*, 1160-1165.

[14] Woods, G. S.; Collins, A. T. *J. Phys. C: Solid State Phys*. 1982, *15*, L949-L952.

[15] Reinitz, I. M.; Fritsch, E.; Shigley, J. E. *Diam. Relat. Mater*. 1998, *7*, 313-316.

[16] Tretyakova, L. I.; Reshetnyak, N. B.; Tretyakova, Y. V. *J. Gemm*. 1997, *25*, 532-539.

[17] Hemphill, T. C.; Reinitz, I. M.; Johnson, M. L.; Shigley, J. E. *Gem.Gemology* 1998, *34*, 58-183.

[18] De Weerdt, F.; Palyanov, Y. N.; Collins, A. T. *J. Phys.: Condens. Matter*. 2003, *15*, 3163-3170.

[19] Fuller, M. P.; Griffiths, P. R. *Anal. Chem*. 1978, *50*, 1906-1910.

[20] Briddon, P. R.; Jones, R. *Physica B*. 1993, *185*, 179-189.

[21] Woods, G. S.; Collins, A. T. *J. Phys. C: Solid State Phys*. 1982, *15*, L949-L952.

[22] Kiflawi, I.; Mainwood, A.; Kanda, H.; Fisher, D. *Phys. Rev. B.* 1996, *54*, 16719-16726.

[23] Vins, V. G.; Kononov, O.V. *Diam. Relat. Mater*. 2003, *12*, 542-545.

[24] Collins, A. T.; Davies, G.; Woods, G. S. *J. Phys. C*. 1986, *19,* 3933-3944.