

Research Article

การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสิ่งปนเปื้อนบนบอนด์แพดในกระบวนการตัดในการบรรจุภัณฑ์วงจรรวม

The study of factor affecting on bond pad contamination in saw process of integrated circuit (IC) packaging

นวกัทร มณีโรจน์^{1*}, เกษรารัตน์ อักษรรัตน์¹, เฉลิมศักดิ์ สมิตไพบูลย์² และ สุรพันธ์ ยิ้มมัน¹

Nawapat Maneeroth^{1*}, Kessararat Ugsornrat¹, Chalernsak Sumithpibul² and Surapan Yimman¹

¹ภาควิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร, 10800

¹Department of Industrial Physics and Medical Instrumentation, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800

²แผนกวิศวกรรม, บริษัทยูแทคไทย จำกัด, กรุงเทพมหานคร, 10210

²Department of Engineering, Utac Thai Limited, Bangkok, 10210

*Email: nawapat.ma@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสิ่งปนเปื้อนบนบอนด์แพดในกระบวนการตัดในการบรรจุภัณฑ์วงจรรวม ซึ่งกระบวนการตัดเป็นกระบวนการแรกของการบรรจุภัณฑ์วงจรรวม โดยสิ่งที่สำคัญที่สุดในกระบวนการตัดโดยการใช้มีด คือการให้ผลผลิตสูงและมีความน่าเชื่อถือ ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างยั้งกับความสะอาดของบอนด์แพด ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน คือคราบสกปรกบนบอนด์แพดจะเป็นสาเหตุให้เกิดของเสีย ในการทดลองได้ทำการตัดเวเฟอร์ตัวอย่างในกระบวนการตัด โดยการปรับพารามิเตอร์ในการทำความสะอาด ซึ่งก็คือเวลาในการการล้างที่เวลา 10 60 และ 120 วินาที และเวลาในการเป่าซึ่งก็คือ 10 50 และ 100 วินาที โดยทดลองกับไดที่มีขนาด 120x120 มิว (หนึ่งพันส่วนของนิ้ว) สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างเวเฟอร์ได้ตรวจสอบสิ่งปนเปื้อนบนบอนด์แพดโดยกล้องจุลทรรศน์และการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในการล้าง 120 วินาที และการเป่า 100 วินาทีที่มีอัตราการเกิดคราบสกปรกน้อยที่สุด ดังนั้นการปรับค่าตัวแปรของแหล่งกำเนิดคราบสกปรกมีผลกระทบต่อสิ่งปนเปื้อนในบรรจุภัณฑ์วงจรรวม

คำสำคัญ: กระบวนการบรรจุภัณฑ์วงจรรวม, กระบวนการตัด, กราบสกปรกบนบอนด์แพด

Abstract

This research studied about the factor that effect to contamination on bond pad in saw process of integrated circuit (IC) packaging. Saw process is a first process in IC packaging manufacturing. The most importance of the mechanical saw process for high quality is high yield and reliability which main concerns to bond pad cleanliness. The important problem at the present in this process is bond pad contamination to reduce lot reject rate. In experiment, the wafer samples were cut in saw process by adjusting cleaning parameters which were washing time at 10, 60, and 120 seconds and drying time at 10, 50, and 100 seconds. The experiment studied with die size 120x120 mils. For analysis, the wafer samples were analyzed by visual inspection microscope and energy dispersive x-ray spectroscopy (EDX) to check bond pad contamination. The results suggested that the duration of the washing time 120 seconds and drying time 100 seconds gave the least rate of contamination. Therefore, the adjusting of sourced parameters for bond pad contamination effect to contamination of IC package.

Keywords: Integrated circuit (IC) packaging, saw process, bond pad contamination

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันมีอุตสาหกรรมการบรรจุภัณฑ์วงจรรวม (integrated circuit, IC packaging) เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้มีการแข่งขันในอุตสาหกรรมนี้สูง ความเชื่อมั่นและความพึงพอใจของลูกค้าจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญ จากคุณภาพของสินค้าที่ต้องมีประสิทธิภาพเพราะจะมีผลกระทบต่อปริมาณการผลิตของสินค้า ซึ่งจะทำให้เกิดกำไรของบริษัทมากขึ้น สำหรับอุตสาหกรรมการบรรจุภัณฑ์วงจรรวมในประเทศไทยถือว่าเป็นหนึ่งในฐานการผลิตสำคัญของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ขั้นตอนในการประกอบวงจรรวมเริ่มต้นจากการนำแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์ (Silicon wafer) ซึ่งมีการบรรจุทรานซิสเตอร์ไว้มาทำการตัดแบ่งให้มีขนาดเท่ากับหนึ่งวงจร เรียกว่า ได (die) แล้วจึงนำไปประกอบแผ่นตัวนำไฟฟ้าที่เรียกว่า ลีดเฟรม (lead frame) จากนั้นทำการเชื่อมต่อลวดระหว่างตัวไดกับแผ่นตัวนำไฟฟ้าและห่อหุ้มวงจรด้วยพลาสติกโดยการ โมลด์ (molding) ถือเป็นขั้นขึ้นรูปแพ็คเกจส่งต่อไปตัดแบ่ง (Substrate saw) ให้ได้ขนาดตามต้องการและทดสอบการทำงานในรูปแบบแพ็คเกจสำเร็จรูป ซึ่งเมื่อได้เป็นวงจรรวมสำเร็จรูปเรียบร้อยแล้วจะทำการส่งต่อไปยังโรงงานประกอบเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ (Younan, 2004; McCabe, 2014)

กระบวนการตัดซึ่งเป็นกระบวนการแรกของการบรรจุภัณฑ์วงจรรวม ซึ่งแบ่งเป็นสองประเภท คือ กระบวนการตัดโดยใช้ใบมีด (mechanical saw) และกระบวนการตัดโดยใช้เลเซอร์ (laser saw) กระบวนการตัดโดยใช้ใบมีดเป็นวิธีที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันเพราะสามารถให้ปริมาณงานที่ทำได้มากในช่วงเวลาหนึ่งและต้นทุนต่ำแต่สิ่งปนเปื้อนได้จากการบวนการนี้ทำให้เกิดการสูญเสียชิ้นงานเป็นอย่างมาก สิ่งสำคัญที่สุดสำหรับคุณภาพในกระบวนการนี้ คือการให้ผลผลิตและความน่าเชื่อถือ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความสะอาดของบอนด์แพด ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือ สิ่งปนเปื้อนบนบอนด์แพด กระบวนการนี้ถือเป็นกระบวนการที่สำคัญมาก ถ้ามีคราบสกปรกเกิดขึ้นที่กระบวนการนี้ก็จะเกิดเป็นสาเหตุให้เกิดของเสียขึ้น ของเสียนี้ก็จะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการอื่น ๆ ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น การศึกษาแหล่งที่มาของการเกิดสิ่งปนเปื้อนบนบอนด์แพดจะมีประโยชน์มากซึ่งจะช่วยให้เกิดผลกระทบต่อกระบวนการถัดไป เช่น ช่วยให้การติดได (die attach) และการเชื่อมลวด (wire bonding) มีปริมาณของผลผลิต (yield) ที่สูงขึ้น เนื่องจากไม่เกิดรอยแตก (crack) ช่องว่าง (void) หรือ เกิดการการยกขึ้นของลวด (lift off) เป็นต้น (Yanและคณะ, 2006; Zengและคณะ, 2006; Wuและคณะ, 2010)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาปัจจัยที่ส่งให้เกิดผลให้เกิดคราบสกปรกบนบอนด์แพดในกระบวนการตัดของการบรรจุภัณฑ์วงจรรวมแบบมีขาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการบรรจุภัณฑ์วงจรรวมให้ดียิ่งขึ้น โดยการปรับพารามิเตอร์ในการทำความสะอาดซึ่งก็คือเวลาในการล้าง และเวลาในการเป่าซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งปนเปื้อนบนบอนด์แพดเพื่อลดจำนวนของเสียในกระบวนการบรรจุภัณฑ์เพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนในการผลิต การทดลองเริ่มต้นจากการศึกษาหาปัจจัยที่ทำให้เกิดคราบสกปรก จากนั้นทำการทดลองเพื่อหาพารามิเตอร์จากปัจจัยดังกล่าวที่ทำให้เกิดคราบสกปรกน้อยที่สุดจากพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ และทำการทดสอบคุณภาพ (Eveและคณะ, 2006)

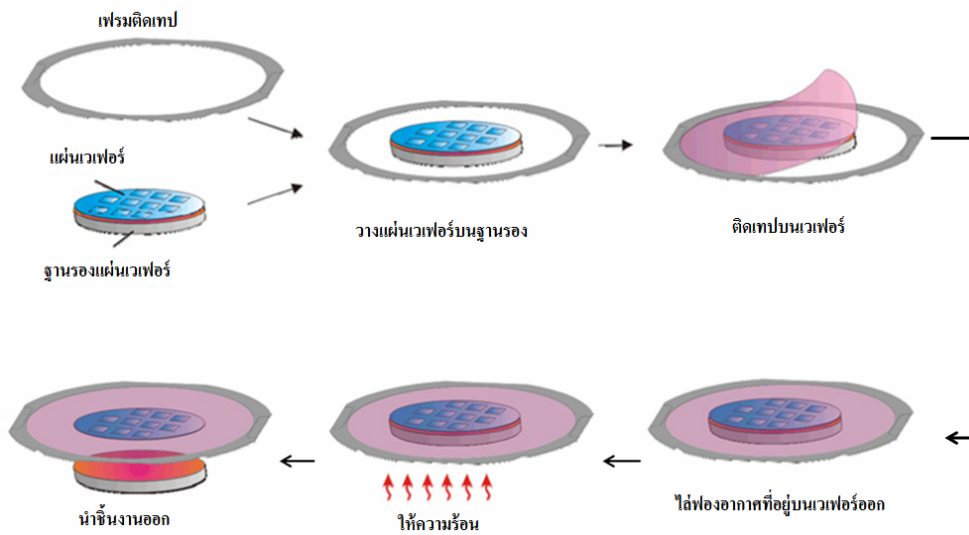
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

กระบวนการตัดซึ่งเป็นกระบวนการแรกของการบรรจุภัณฑ์วงจรรวม โดยกระบวนการตัดโดยใช้ใบมีดเป็นวิธีที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันเริ่มต้นจากการตรวจสอบข้อมูลของแผ่นอลูมิเนียมเวเฟอร์เพื่อนำมาวิเคราะห์และเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดให้เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับเวเฟอร์ (Sipingและคณะ, 2006) แสดงดังรูปที่ 1

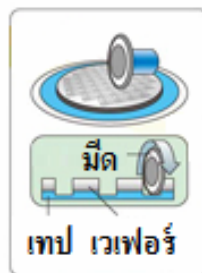


รูปที่ 1 ขั้นตอนการตัดอลูมิเนียมเวเฟอร์

จากรูปที่ 2 เป็นขั้นตอนการติดเทป เพื่อป้องกันตัวไดในระหว่างการตัดเวเฟอร์เกิดความเสียหาย ซึ่งเทปที่ใช้เป็นชนิดที่ไม่มีผลต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยเริ่มจากการนำอลูมิเนียมเวเฟอร์ไปวางบนฐานรอง ทำการติดเทปลงบนอลูมิเนียมเวเฟอร์ และเฟรมติดเทปไว้ป้องกันอากาศที่อยู่บริเวณเวเฟอร์ออก เพื่อป้องกันการแตกของไดในระหว่างการตัด ให้ความร้อนเพื่อให้เทปติดกับเวเฟอร์ จากนั้นนำชิ้นงาน ไปยังทำการตัด (Zhaoและคณะ, 1997)



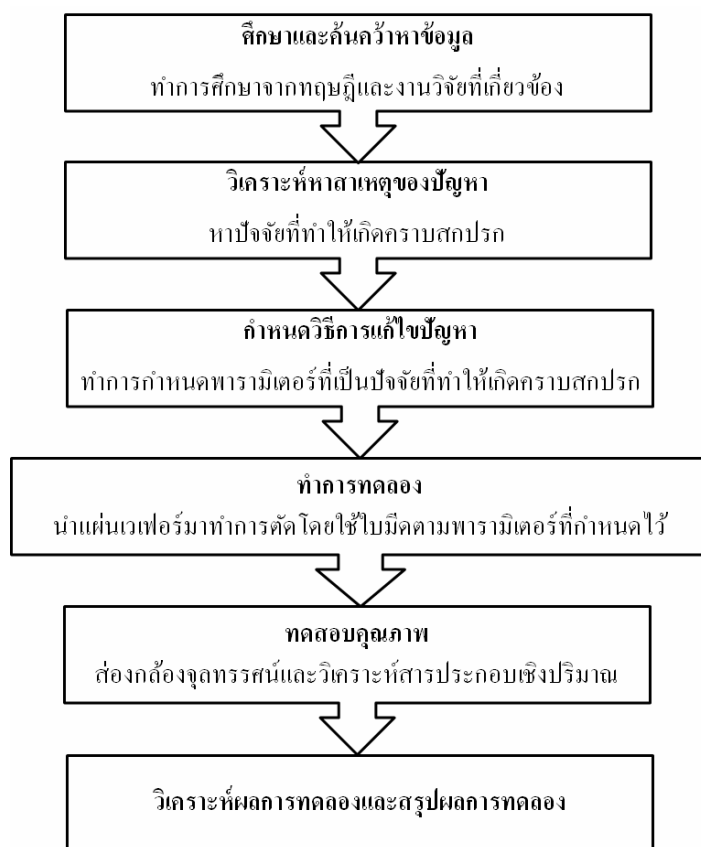
รูปที่ 2 ขั้นตอนการติดเทปชนิดที่ไม่มีผลต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต



รูปที่ 3 การตัดแผ่นอลูมิเนียมเวเฟอร์โดยใช้ใบมีด

จากรูปที่ 3 เป็นการตัดอลูมิเนียมเวเฟอร์ ทำได้โดยการนำชิ้นงานที่ผ่านการตีเทปแล้วมาทำการตัดด้วยใบมีด ซึ่งในระหว่างการตัดจะมีน้ำหล่อเย็นเพื่อป้องกันการแตกของแผ่นอลูมิเนียมเวเฟอร์ จากนั้นทำความสะอาดโดยการล้าง และเป่าแผ่นอลูมิเนียมเวเฟอร์ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวเป็นปัจจัยที่ส่งผลในการเกิดคราบสกปรกบนในบรรจุภัณฑ์วงจรรวม ดังนั้นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการบรรจุภัณฑ์วงจรรวมให้ดียิ่งขึ้น จึงทำการทดลองโดยการปรับพารามิเตอร์ ในการทำความสะอาดซึ่งก็คือ เวลาในการล้างและเวลาในการเป่าเพื่อลดจำนวนของเสียในกระบวนการบรรจุภัณฑ์เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนในการผลิต (Yuและคณะ, 2007)

วิธีการทดลองเริ่มต้นจากการนำปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดคราบสกปรกบนบอนด์แพด ซึ่งก็คือเวลาในการล้างและเวลาในการเป่า มาทำการทดลองเพื่อหาพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดคราบสกปรกน้อยที่สุดจากการทดสอบคุณภาพการส่องกล้องจุลทรรศน์ (Tsaoและคณะ, 2013) และการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ (ThomasและBerg, 1987; Wangและคณะ, 2007) และทำการวิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผล แสดงดังรูปที่ 4

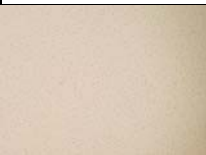


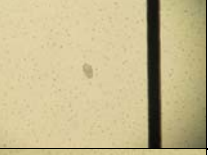






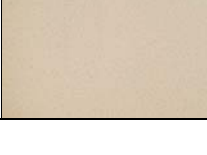






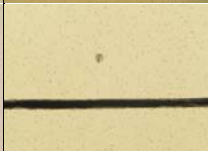


รูปที่ 4 แผนผังแสดงวิธีการทดลอง

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการเกิดกราบสกปรกที่กระบวนการตัด โดยตรวจสอบด้วยการส่องกล้องจุลทรรศน์ และผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเกิดสิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการตัด

ชุดที่	เวลาในการล้าง (วินาที)	เวลาในการเป่า (วินาที)	กล้องจุลทรรศน์ (ก่อนตัด)	กล้องจุลทรรศน์ (หลังตัด)	วิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ (Weight %)	คิดเป็น% (%)
1	10	10			C = 3.21 %, O = 3.52 %, Al = 92.16 %, Si = 1.12 %	18.75%
2	10	50			O = 3.11 %, Al = 94.29 %, Si = 1.10 %, Ti = 1.50 %	4.875%
3	10	100			O = 2.72 %, Al = 94.35 %, Si 1.51 %, Ti = 1.42 %	2.25%
4	60	10			O = 2.94 %, Al = 94.50 %, Si 1.22 %, Ti = 1.34 %	3.375%
5	60	50			O = 3.00 %, Al = 96.28 % Si = 0.72 %	5.75%
6	60	100			O = 2.83 %, Al = 94.98 % Si = 2.18 %	2.375%

ชุดที่	เวลาในการล้าง (วินาที)	เวลาในการเป่า (วินาที)	กล้องจุลทรรศน์ (ก่อนตัด)	กล้องจุลทรรศน์ (หลังตัด)	วิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ (Weight %)	คิดเป็น %
7	120	10			O = 2.85 %, Al = 95.75 % Si = 1.40 %	3.25%
8	120	50			O = 2.68 %, Al = 96.06 % Si = 1.25 %	3.75%
9	120	100			O = 2.97 %, Al = 95.92 % Si = 1.11 %	2%

การทดลองชุดที่ 1 ที่ใช้ระยะเวลาในการล้าง 10 วินาที และระยะเวลาในการเป่า 10 วินาที พบคราบสกปรกที่เป็นคาร์บอน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาทางความร้อนระหว่างไบมิดและเวเฟอร์ คิดเป็น 3.21 % ออกซิเจนซึ่งเกิดจากความชื้นในอากาศ คิดเป็น 3.52 % ซิลิกอนซึ่งเกิดจากเศษของเวเฟอร์ คิดเป็น 1.12 % (อลูมินัม คือ พื้นผิวของตัวได) และมีคราบสกปรกคิดเป็น 18.75 % ของจำนวนไดต่อ 1 ชุด (1 ชุดมีไดทั้งหมด 800 ตัว)

การทดลองชุดที่ 2 ที่ใช้ระยะเวลาในการล้าง 10 วินาที และระยะเวลาในการเป่า 50 วินาที พบคราบสกปรกที่เป็นออกซิเจน ซึ่งเกิดจากความชื้นในอากาศคิดเป็น 3.11 % ซิลิกอนซึ่งเกิดจากเศษเวเฟอร์ คิดเป็น 1.10 % ไทเทเนียมซึ่งเกิดจากเศษไบมิด คิดเป็น 1.50 % (อลูมินัม คือ พื้นผิวของตัวได) และมีคราบสกปรกคิดเป็น 4.875 % ของจำนวนไดต่อ 1 ชุด (1 ชุดมีไดทั้งหมด 800 ตัว)

การทดลองชุดที่ 3 ที่ใช้ระยะเวลาในการล้าง 10 วินาที และระยะเวลาในการเป่า 100 วินาที พบคราบสกปรกที่เป็นออกซิเจน ซึ่งเกิดจากความชื้นในอากาศคิดเป็น 2.72 % ซิลิกอนซึ่งเกิดจากเศษเวเฟอร์ คิดเป็น 1.51 % ไทเทเนียมซึ่งเกิดจากเศษไบมิด คิดเป็น 1.42 % (อลูมินัม คือ พื้นผิวของตัวได) และมีคราบสกปรกคิดเป็น 2.25 % ของจำนวนไดต่อ 1 ชุด (1 ชุดมีไดทั้งหมด 800 ตัว)

การทดลองชุดที่ 4 ที่ใช้ระยะเวลาในการล้าง 60 วินาที และระยะเวลาในการเป่า 10 วินาที พบคราบสกปรกที่เป็นออกซิเจน ซึ่งเกิดจากความชื้นในอากาศคิดเป็น 2.94 %, ซิลิกอนซึ่งเกิดจากเศษเวเฟอร์ คิดเป็น 1.22 % ไทเทเนียมซึ่งเกิดจากเศษไบมิด คิดเป็น 1.34 % (อลูมินัม คือ พื้นผิวของตัวได) และมีคราบสกปรกคิดเป็น 3.375 % ของจำนวนไดต่อ 1 ชุด (1 ชุดมีไดทั้งหมด 800 ตัว)

การทดลองชุดที่ 5 ที่ใช้ระยะเวลาในการล้าง 60 วินาที และระยะเวลาในการเป่า 50 วินาที พบคราบสกปรกที่เป็นออกซิเจน ซึ่งเกิดจากความชื้นในอากาศคิดเป็น 2.83 % , ซิลิกอนซึ่งเกิดจากเศษเวเฟอร์ คิดเป็น 2.18 % (อลูมิเนียม คือ พื้นผิวของตัวได) และมีคราบสกปรกคิดเป็น 5.75 % ของจำนวนไดต่อ 1 ชุด (1 ชุดมีไดทั้งหมด 800 ตัว)

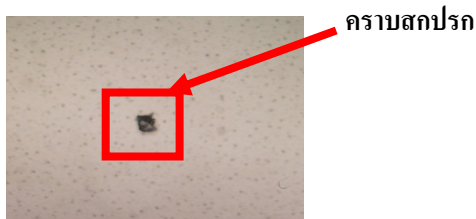
การทดลองชุดที่ 6 ที่ใช้ระยะเวลาในการล้าง 60 วินาที และระยะเวลาในการเป่า 100 วินาที พบคราบสกปรกที่เป็นออกซิเจน ซึ่งเกิดจากความชื้นในอากาศคิดเป็น 3.00 % ซิลิกอนซึ่งเกิดจากเศษของเวเฟอร์ คิดเป็น 0.72 % (อลูมิเนียม คือ พื้นผิวของตัวได) และมีคราบสกปรกคิดเป็น 2.375 % ของจำนวนไดต่อ 1 ชุด (1 ชุดมีไดทั้งหมด 800 ตัว)

การทดลองชุดที่ 7 ที่ใช้ระยะเวลาในการล้าง 120 วินาที และระยะเวลาในการเป่า 10 วินาที พบคราบสกปรกที่เป็นออกซิเจน ซึ่งเกิดจากความชื้นในอากาศคิดเป็น 2.85 % ซิลิกอน ซึ่งเกิดจากเศษของเวเฟอร์ คิดเป็น 1.40 % (อลูมิเนียม คือ พื้นผิวของตัวได) และมีคราบสกปรกคิดเป็น 3.75 % ของจำนวนไดต่อ 1 ชุด (1 ชุดมีไดทั้งหมด 800 ตัว)

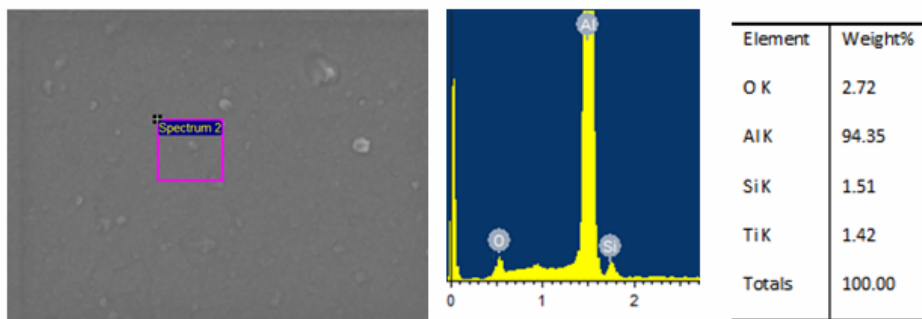
การทดลองชุดที่ 8 ที่ใช้ระยะเวลาในการล้าง 120 วินาที และระยะเวลาในการเป่า 50 วินาที พบคราบสกปรกที่เป็นออกซิเจน ซึ่งเกิดจากความชื้นในอากาศคิดเป็น 2.68 % , ซิลิกอนซึ่งเกิดจากเศษของเวเฟอร์ คิดเป็น 1.25 % (อลูมิเนียม คือ พื้นผิวของตัวได) และมีคราบสกปรกคิดเป็น 3.25 % ของจำนวนไดต่อ 1 ชุด (1 ชุดมีไดทั้งหมด 800 ตัว)

การทดลองชุดที่ 9 ที่ใช้ระยะเวลาในการล้าง 120 วินาที และระยะเวลาในการเป่า 100 วินาที พบคราบสกปรกที่เป็นออกซิเจน ซึ่งเกิดจากความชื้นในอากาศคิดเป็น 2.97 % ซิลิกอนซึ่งเกิดจากเศษของเวเฟอร์คิดเป็น 1.11 % (อลูมิเนียม คือ พื้นผิวของตัวได) และมีคราบสกปรกคิดเป็น 2.00 % ของจำนวนไดต่อ 1 ชุด (1 ชุดมีไดทั้งหมด 800 ตัว)

การเกิดคราบสกปรกบนหน้าไดหลังจากผ่านกระบวนการตัดเวเฟอร์ จากผลการทดลอง การทดลองทั้ง 9 ชุด มีคราบสกปรกบนหน้าไดทุกชุด แสดงดังรูปที่ 5 และเปอร์เซ็นต์สารประกอบบนหน้าได แสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งการทดลองชุดที่ 9 ที่ใช้ระยะเวลาในการล้าง 120 วินาที และระยะเวลาในการเป่า 100 วินาที มีคราบสกปรกคิดเป็น 2 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนไดต่อ 1 ชุด (1 ชุดมีไดทั้งหมด 800 ตัว) ซึ่งน้อยกว่าการทดลองชุดอื่น ๆ ดังนั้นระยะเวลาในการล้างและระยะเวลาในการเป่าจึงมีผลต่อการเกิดคราบสกปรกในกระบวนการตัด



รูปที่ 5 ตัวอย่างคราบสกปรกที่เจออยู่บนหน้าไดที่เป็นซิลิกอน โดยการส่องกล้องจุลทรรศน์



รูปที่ 6 ตัวอย่างเปอร์เซ็นต์สารประกอบที่อยู่บนหน้าได

จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าพารามิเตอร์ในการทำความสะอาดมีผลต่อสิ่งปนเปื้อน เนื่องจากการทดลองชุดที่ 9 เป็นชุดที่ใช้เวลาในการทำความสะอาดมากที่สุด จึงทำให้คราบสกปรกที่อยู่บนหน้าไดถูกกำจัดออกไปได้มากที่สุด

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในการล้าง 120 วินาที และการเป่า 100 วินาทีที่มีสิ่งปนเปื้อนน้อยที่สุด ดังนั้นการปรับค่าตัวแปรของแหล่งกำเนิดสิ่งปนเปื้อนมีผลกระทบกับการบรรจุภัณฑ์วงจรรวม ซึ่งชี้ให้เห็นว่า พารามิเตอร์ในการทำความสะอาดซึ่งก็คือเวลาในการล้างและเวลาในการเป่าเป็นปัจจัยส่งผลต่อสิ่งปนเปื้อนบนบอนด์แพด และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการล้าง 120 วินาที และการเป่า 100 วินาที เกิดคราบสกปรกน้อยกว่า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท ยูเทคไทย จำกัด และขอขอบคุณ คุณรัตนากร เจริญศรีสันต์ เป็นสำหรับคำแนะนำต่างๆ ตลอดจนพนักงานบริษัท ยูเทคไทย จำกัด ทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

- Eve T., Younan H., Ramesh R. and Siping Z., (2006) "Failure analysis of pitting problem on microchip Al bondpads in wafer fabrication", pp. 876-880, In: 2006 IEEE International Conference on Semiconductor Electronics (ICSE '06), 29 November-1 December 2006, Kuala Lumpur, Malaysia.
- McCabe P., (2014) Sawing silicon, Available from: <http://electroiq.com/blog/2005/03/sawing-silicon>, Cited 3 October 2014.

- Siping Z., Younan H., Ramesh R. and Kun L., (2006) "Failure analysis of NSOP problem due to Al fluoride oxide on microchip Al bondpads, pp. 970-976, In: 2006 IEEE International Conference on Semiconductor Electronics (ICSE '06), 29 November-1 December 2006, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Thomas S.T. and Berg H.M., (1987) Micro-corrosion of Al-Cu bonding pads. IEEE Trans. Compon., Hybrids, Manuf. Technol., 10(2): 252-257.
- Tsao P.-H., Chiu H.-Y., Liao H.C., Chen K.C., Sung, M.C., Chen W. and Xu A., (2013) "Investigation of charge induced bond pad corrosion", pp.1545-1548, In: 2013 IEEE 63rd Electronic Components and Technology Conference (ECTC), 28-31 May 2013, Las Vegas, Nevada, USA.
- Wang Z.J., Wang J.H., Lee S., Yao S.Y., Han R. and Su Y.Q., (2007) 300-mm low-k wafer dicing saw development. IEEE Trans. Electron. Packag. Manuf., 30(4): 313-319.
- Wu B.-J, Bai H., Lin I.-K. and Liu S.S., (2010) Al-Cu pattern wafer study on metal corrosion due to chloride ion contaminants. IEEE Trans. Semicond. Manuf., 23(4): 553-558.
- Yan K.P., Gaertner R. and Ng K.K., (2006) "Is CO₂ bubbling (carbonation) a requirement at semiconductor wafer sawing process", pp. 4B.5-1-4B.5-7, In: Electrical Overstress/Electrostatic Discharge Symposium (EOS/ESD '06), 10-15 Sept. 2006, Tucson, Arizona, USA.
- Younan H., (2004) "Studies on elimination solutions of galvanic corrosion on microchip Al bondpads in wafer fabrication and assembly processes", pp. 76-79, In: 2004 IEEE International Conference on Semiconductor Electronics (ICSE2004), 7-9 December 2004, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Yu P., Su J., Gao Q, Li M. and Niou C., (2007) "Study of aluminum pad contamination sources during wafer fabrication, shipping, storage and assembly", pp. 1-3, In: International Symposium on High Density packaging and Microsystem Integration (HDP '07), 26-28 June 2007, Shanghai, China.
- Zeng K., Stierman R., Abbott D. and Murtuza M., (2006) "Root cause of black pad failure of solder joints with electroless nickel/immersion gold plating", pp. 1111-1119, In: The Tenth Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronics Systems (ITHERM '06), 30 May-2 June 2006, San Diego, California, USA.
- Zhao S.P., Hua Y.N., Goh G.P., Guo Z.R. and Chau K.W., (1997) "Contamination analyses of Al bond pads using FIB/SEM/EDX", pp. 254-259, In: Proceedings of the 1997 6th International Symposium on Physical & Failure Analysis of Integrated Circuits (IPFA '97), 21-25 July 1997, Raffles City Convention Centre, Singapore.