

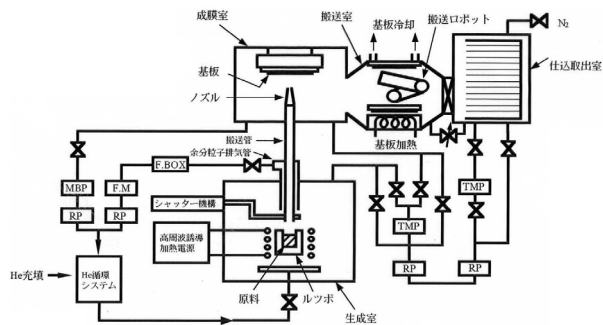
## 2. ガスデポジション

1981年に、科学技術庁の外郭団体である新技術開発事業団の創造科学技術推進制度で林主税がプロジェクトリーダーを務める「林超微粒子プロジェクト」がスタートした。このプロジェクトの中でガスデポジション法という成膜プロセスが考案された。林主税から、超微粒子を成膜して超微粒子の持つ物性を評価するというアイデアが示され、新鮮な超微粒子の特性を評価する方法が具体化された。ついで超微粒子の微粒子性による低融点化を念頭に、室温から200°Cから300°Cという低温で超微粒子を吹き付けて一様な厚みの膜を形成する方法が開発され、ガスデポジションの基礎特許となった。

すなわちこれは、「物質は超微粒子サイズの大きさにになると、①空気中や種々の気体中に一度浮遊すると重力の作用ではなかなか落下しない、②気体の流れにのりやすく、瞬時にその気体の流れと同じ速さになる、③気体と超微粒子を混合して高速で衝突させると、気体と超微粒子は分離された挙動を示す」というコンセプトから、高純度膜、多層膜あるいはどのような成分の均一組成膜でもつくれるというものであり、プラスチックの上にさえも金属膜が形成できるというものであった。これは古くからの吹きつけ成膜と似ているが、超微粒子でなければ現れない性質である。

従来の乾式での成膜プロセスは、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法などがある。それぞれ特色のある薄膜特性を得ることができる。超微粒子を上手に運ぶことができれば、乾式で自由に組成を調節した薄膜をつくることができるという、シンプルなプロセスが想像できた。ガス搬送されたナノ粒子のノズル噴射による膜形成技術であるガスデポジション法は、その当初のアイデアを現実化するために実施した研究成果である。

1994年頃に始まった実用化装置の構築に向けた研究開発では、次に挙げる項目をクリアした。①超微粒子をガス中蒸発法で生成しながら直接基板に吹き付ける成膜方法、②蒸発室の雰囲気圧力の見直し、つまり蒸発室を加圧することによりノズルからのナノ粒子の噴射エネルギーを高め、GD膜の膜質および密着力の改善(加圧プロセス)、③蒸発室と成膜室を垂直縦型配置にすることにより、ガス搬送過程でのナノ粒子の凝集抑制(垂直噴射堆積)、④成膜のON-OFFであるシャッターメカニズム(バルブレス・シャッター)の構築、⑤ガスデポジション専用ヘリウムガスの循環精製システムの構築である。



文献)

- 1 S. Kashu, E. Fuchita, T. Manabe, C. Hayashi, "Deposition of Ultra Fine Particles Using a Gas Jet", Jpn. J. Appl. Phys., 23 (1984) L910-912. [PDF]
- 2 賀集誠一郎, 淵田英嗣, "超微粒子, 一創造科学技術一", 林主税, 上田良二, 田崎明共著, 三田出版会, (1988) 310.

- 3 H. Gleiter, "NANOCRYSTALLINE MATERIALS", Progr. Mater. Sci. 33 (1989) 223-315.
- 4 M. Oda, I. Katsu, M. Tsuneizumi, E. Fuchita, S. Kashu, and C. Hayashi: "Ultra Fine Particle Film by Gas Deposition Method", Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 286 (1993) 121-130.
- 5 E. Fuchita, K. Setoguchi, I. Katsu, R. Mizutani and M. Oda, Proc. 8<sup>th</sup> Int. Microelectronics Conf. (IMC 94) (1994) 20.
- 6 小田正明, 瀧田英嗣, 美原康雄, 賀集誠一郎, 林主税, "超微粒子による乾式直接描画システム", 電子材料, 10 (1994) 1-9.
- 7 瀧田英嗣, 小田正明, 林主税, "超微粒子による新しい膜形成法 -ガスデポジション法-", までりあ, 34(1995)455-460. [PDF]
- 8 H. Morinaga, T. Futatsuki and T. Ohmi, E. Fuchita, M. Oda and C. Hayashi, "Behavior of Ultrafine Metallic Particles on Silicon Wafer Surface", J. Electrochem. Soc., 142 (1995) 966-970.
- 9 瀧田英嗣, "超微粒子被膜作製技術とレーザープロセス", 光技術コンタクト, 34 (1996) 523.
- 10 小田正明, 瀬戸口和宏, 瀧田英嗣, "超微粒子による新しい膜形成法 ジェットプリンティングシステム", J. SHM, 12 (1996) 30-35.
- 11 Y. Sasaki, K. Shiozawa, E. Kita, A. Tasaki, H. Tanimoto and Y. Iwamoto, "Fabrication of metal nanocrystalline films by gas-deposition method", Mater. Sci. Eng., A217-218 (1996) 344-347.
- 12 C. Hayashi, "Gas Deposition", Mater. Sci. Forum, 246 (1997) 153-180.
- 13 S. Kashu and E. Fuchita, "ULTRA-FINE PARTICLES Exploratory Science and Technology", Edited by C. Hayashi, R. Uyeda and A. Tasaki, NOYES PUBLICATIONS, (1997) 381-409.
- 14 J. Akedo, M. Ichiki, K. Kikuchi and R. Maeda, Sensors & Actuators A-Phys., 69 (1998) 106.
- 15 明渡純, 応用物理, 68 (1999)44.
- 16 瀧田英嗣, "超微粒子利用乾式成膜法とその応用", 金属, 70 (2000) 443-453.
- 17 J. Akedo, "Study on rapid micro-structuring using Jet molding - Present status and structuring properties toward HARMST", J. Micro-system Technology, 6 (2000)205-209.
- 18 瀧田英嗣, "ナノ粒子を用いた新しい回路形成技術", 日本化学会, 第15回コロイド・界面実用講座, (2001) 78-87.
- 19 瀧田英嗣, "ガスデポジション、成膜装置", 小泉光恵ら監修『ナノ粒子の製造・評価・応用・機器の最新技術』シーエムシー出版, (2002) 103.
- 20 H. Gleiter, "Is there a Hidden World of New Materials and Effects "between" the Elements of the Periodic Table?", Mater. Transactions, 44 (2003) 1057-1067.
- 21 Y. Yamakawa, Y. Honjo, E. Fuchita, H. Wada and T. Sakai, "Manufacture of an alloy system cathode for lithium batteries by Aerosol Deposition", 74th Annual Meeting of

the Electrochemical Soc. Jpn., Abstr. (2006) 178. (in Japanese)

- 22 E. Kita, N. Tsukuhara, H. Sato, K. Ota, H. Yanagihara, H. Tanimoto and N. Ikeda, "Structure and random anisotropy in single-phase Ni nanocrystals", Appl. Phys. Lett., 88 (2006) 152501-1-3.
- 23 瀧田英嗣, "ナノ粒子を使用したガスデポジション成膜装置とその応用", エアロゾル研究, 22 (2007)26-33.
- 24 E. Kita, H. Sato, N. Tsukahara, S. J. Lee, H. Yanagihara and H. Tanimoto, "Magnetic anisotropy in Fe nanocrystals fabricated by GDM", Inter. Conf. Magnetism(ICM2009), 200 (2010) 072051.
- 25 C. Hayashi, S. Kashu, M. Oda and F. Naruse, "The use of nanoparticles as coatings", Mater. Sci. Eng., A163 (1993) 157-161.
- 26 S. Okuda, M. Kobiyama and T. Inami, "Mechanical Properties and Thermal Stability of Nanocrystalline Gold Prepared by Gas Deposition Method", Mater. Trans. JIM, 40 (1999) 412-415.
- 27 T. Inami, M. Kobiyama, H. Maeta, M. Sasase and N. Ishikawa, "Thermal Stability of Helium bubbles in Nanocrystalline Gold Prepared by Gas Deposition Method", Int. J. Mod. Phys. B, 24 (2010) 51-56.
- 28 五味善宏, 保坂泰司, 平林初人, 若林優治, 山岸光, "LSI 高密度実装に向けた錐形状微細金バンプの形成", マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集, 16 (2006)23-26.
- 29 居村史人, 仲川博, 菊池克弥, 山地泰弘, 横島時彦, "ガスデポジション法による円錐バンプの作製—MEMS デバイスの低温・低荷重ストレスフリー実装を目指して—", マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集, 18 (2008) 191-194.